



# 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

## MOŽNOSTI MANIPULACE S NÁSTROJI A OBROBKY U CNC OBRÁBĚCÍCH STROJŮ V SOUDOBÉ PRAXI

OPTIONS HANDLING OF TOOLS AND WORKPIECES ON CNC MACHINES IN ACTUAL PRACTICE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Dočekal

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

BRNO 2016



# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	<b>Václav Dočekal</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.</b>
Akademický rok:	2015/16

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:

## **Možnosti manipulace s nástroji a obrobky u CNC obráběcích strojů v soudobé praxi**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

1. Vypracujte rešerši týkající se stávajících známých způsobů automatické výměny nástrojových jednotek (AVNJ) u CNC obráběcích center významných evropských a světových výrobců
2. Vypracujte rešerši týkající se stávajících známých způsobů automatické výměny obrobků (AVO) u CNC obráběcích center významných evropských a světových výrobců
3. Proveďte vyhodnocení srovnáním vybraných technických parametrů AVN jednotek u různých výrobců, s uvedením výhod, nevýhod a použití konkrétních konstrukčních řešení (například tabulkově, graficky a podobně)
4. Proveďte vyhodnocení srovnáním vybraných technických parametrů AVO jednotek u různých výrobců, s uvedením výhod, nevýhod a použití konkrétních konstrukčních řešení (například tabulkově, graficky a podobně)
5. Závěrečné vyhodnocení způsobů AVN a AVO zpracujte tak, aby byly zřejmé trendy ve vývoji AVN a AVO a uveďte svoje vlastní závěry na stávající problematiku AVN a AVO u CNC obráběcích strojů.

### **Cíle bakalářské práce:**

Cílem je vyčerpávajícím způsobem popsat stávající způsob řešení koncepce a konstrukce AVN a AVO z hlediska automatizace chodu moderního obráběcího stroje, kdy jsou jedněmi ze sledovaných parametrů bezobslužnost a zkrácení vedlejších časů na manipulaci s nástroji nebo s obrobky, s cílem dosáhnou vyšší produktivity při obrábění.

**Seznam literatury:**

Shigley J.E.,Mischke Ch.R.,Budynas R.G.(2010): Konstruování strojních součástí. ISBN 978-80-2-4-2629-0.

Marek J. a kolektiv (2014): Konstrukce CNC obráběcích strojů, MM publishing, s. r. o. Praha. ISBN 978-80-260-6780-1

Knoflíček, R. (2004): Roboty a pružné výrobní systémy, Studijní opora ÚVSSR FSI VUT v Brně

Internetové odkazy na výrobce obráběcích strojů v EU

Firemní materiály výrobců obráběcí techniky v EU a mimo EU

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

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 detailním popisem automatické výměny nástrojů a automatické výměny obrobků u CNC strojů. Popisuje také veškeré náležitosti s problematikou spojené, jako jsou druhy zásobníků, způsoby uchycení nástroje v zásobníku, způsoby uchycení nástroje a obrobku ve stroji a možnosti manipulace s nástroji a obrobky. Vážený a pozorný čtenář tak získává rozšířený pohled na možnosti realizování automatické výměny nástrojů a automatické výměny obrobků. Zvýšený důraz klade autor na aktuálnost konstrukcí a metodik u těchto typů automatizace výroby na CNC strojích.

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis deals with a detail description of automatic tools change and automatic workpieces change of by CNC machines. Also it describes all matters connected with the issue, as types of bins, ways of clamping of tools and workpieces in the machine and possibilities of manipulation with tools and workpieces. This way dear and attentive reader gets wide look at the possibilities of realization of automatic tools change and automatic workpieces change. Author puts deeper emphasis at the actuality of constructions and methods by these types of manufacturing automation at CNC machines.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Automatická výměna nástroje, automatická výměna obrobku, nástroj, obrobek, paletizace, zásobník, manipulátor

## **KEYWORDS**

Automatic tool change, automatic workpiece change, tool, workpiece, palletization, magazine, manipulator



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

DOČEKAL, V. *Možnost manipulace s nástroji a obrobky u CNC obráběcích strojů v soudobé praxi*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2016, 106 s., Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce panu Radku Knoflíčkovi, za řadu dobrých rad a podnětů při psaní práce a za velmi profesionální, ochotný a vždy optimistický přístup. Dále také blíže nejmenovaným zástupcům firem Fanuc, s. r. o., TOS Kuřim – OS, a. s. a DMG MORI Co. Ltd., zejména za poskytnutí možností exkurze do jejich firem a za sdělení pro mě velmi užitečných informací. V neposlední řadě mé díky patří skvělé rodině, milé přítelkyni a dobrým kamarádům, že se mnou vydrželi strasti při tvorbě této práce a vždy mě povzbudili, když to bylo třeba.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 28. 5. 2016

.....

Dočekal Václav



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ (AVN)</b> .....	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>MOŽNOSTI UCHYCENÍ NÁSTROJOVÉ JEDNOTKY V ZÁSOBNÍKU</b> .....	<b>19</b>
3.1	Volně ložená nástrojová jednotka v přípravku .....	19
3.2	Mechanický držák s pružným odporem (čelist) .....	20
3.3	Pouzdro se zajišťujícími kuličkami (kapsa) .....	20
3.4	Uchycení nástroje v pevné pozici .....	21
<b>4</b>	<b>ZÁSOBNÍKY</b> .....	<b>23</b>
4.1	Zásobníky nosné .....	23
4.1.1	Revolverová hlava .....	24
4.1.2	Nožová hlava .....	29
4.1.3	Pevné nástroje (fixní) .....	30
4.2	Zásobníky skladovací .....	31
4.2.1	Zásobníky s pohonem .....	32
4.2.2	Zásobníky bez pohonu .....	42
4.3	Zásobníky kombinované .....	45
<b>5</b>	<b>ZPŮSOB VÝMĚNY NÁSTRJOVÝCH JEDNOTEK</b> .....	<b>47</b>
5.1	Vyjmi-uchop [pick-up] .....	48
5.2	Výměna pomocí výměníku nástrojů .....	49
5.3	Výměna pomocí manipulátoru .....	52
5.4	Výměna pomocí průmyslového robotu .....	54
<b>6</b>	<b>ZPŮSOB VÝMĚNY CELÉ VŘETENOVÉ HLAVY</b> .....	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>PŘÍSLUŠENSTVÍ</b> .....	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>SUMARIZAČNÍ TABULKY VLASTNOSTÍ</b> .....	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>DÍLČÍ ZÁVĚR (AVN)</b> .....	<b>69</b>
<b>10</b>	<b>AUTOMATICKÁ VÝMĚNA OBROBKŮ</b> .....	<b>71</b>
<b>11</b>	<b>ŘEŠENÍ AVO</b> .....	<b>73</b>
11.1	Dlouhotočné automaty .....	73
11.2	Volně se pohybující obrobek .....	74
11.3	Zdvojený pracovní prostor .....	77
11.4	Paletizace .....	77
11.4.1	Technologické palety a nosné desky .....	78
11.4.2	Strojní palety .....	80
<b>12</b>	<b>MANIPULACE S OBROBKY</b> .....	<b>83</b>
12.1	Přímá výměna .....	83
12.2	Jednoučelový výměník .....	84
12.3	Manipulátor .....	84
12.4	Průmyslový robot .....	86
12.5	Dopravníky .....	87
<b>13</b>	<b>USKLADNĚNÍ PALET</b> .....	<b>89</b>
<b>14</b>	<b>DÍLČÍ ZÁVĚR (AVO)</b> .....	<b>91</b>

<b>15 ZÁVĚR.....</b>	<b>93</b>
<b>16 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>95</b>
<b>17 SEZNAM ZKRATEK, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>103</b>
17.1 Seznam zkratk.....	103
17.2 Seznam obrázků.....	103
17.3 Seznam tabulek.....	106

# 1 ÚVOD

Na úvod bakalářské práce bych si jako autor dovolil laskavého čtenáře této závěrečné vysokoškolské kvalifikační práce upozornit na skutečnost, že se tato práce výrazně dělí na dva hlavní směry, a to: automatickou výměnu nástrojů a automatickou výměnu obrobků.

Téměř každý výrobek, jenž je opracován za pomoci třískového obrábění, potřebuje ke svému zhotovení převážně více než jeden nástroj. Z tohoto faktu plyne nutnost výměny nástroje. Zprvu se nástroje u obráběcích strojů měnily ručně, ale tento druh výměny skýtal mnoho nedostatků, např. zvýšené riziko úrazu, dlouhé časy výměny, zvýšení únavy obsluhy a v neposlední řadě zde stále figuroval lidský faktor, který mohl výrazně ovlivnit správnost výměny. S modernizací obráběcích strojů, od NC (numeric control; [číslicové řízení]), přes CNC (computer numeric control; [číslicové řízení počítačem]) stroje první generace až po CNC stroje nyní šesté generace, se paralelně vyvíjela i automatická výměna nástroje. Plynulo to nejen z nutnosti používání mnoha nástrojů, ale také z požadavků na jejich rychlou výměnu.

Automatická výměna obrobků (zkratkou AVO) se objevuje u CNC strojů třetí generace. Nutnost začít automaticky (bez zásahu člověka) vyměňovat obrobky na stroji vyvstala při velkosériových výrobcích, kde bylo zapotřebí snížit neproduktivní čas výměny na minimum a také zvýšit stupeň automatizace výroby (z minimalizovat potřebu lidského zásahu). I u AVO určuje hlavní směr vývoje rychlost výměny a počet možných obsloužených kusů, jako je tomu u automatické výměny nástrojů. Jinými slovy, zvýšit produktivitu daného výrobce na maximum. Dalším pozitivním faktorem, který vysoce zvedá úroveň bezpečnosti provozu a snižuje počet chyb během výměny obrobku na minimum, je vyloučení obsluhy.

Evoluce těchto systémů vysoce napomáhá a zlepšuje úplnou automatizaci výroby a přímo k ní směřuje.





## 2 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ (AVN)

Automatická výměna nástrojů je konstrukční uzel stroje, který jak již název napovídá, umožňuje automatickou výměnu nástroje. Má za úkol skladování, přesun nástroje a jeho upnutí do vřetena stroje. Může se tak dít v mnoha odlišných druzích konstrukčního uspořádání. Konstrukční řešení této problematiky není omezeno, avšak mělo by se dbát na základní požadavky [1]:

- minimální čas cyklu výměny nástroje
- vysoká funkční spolehlivost s ohledem na četnost výměny a vysokou cenu stroje
- optimální kapacita zásobníku pro danou oblast využití
- prostorově úsporné řešení
- eliminaci nepříznivého vlivu na pracovní prostor stroje
- odolnost proti vlivu znečištění (třísky, prach)
- zvýšená přesnost ustavení polohy nástroje v místě výměny
- nástrojová variabilita- možnost manipulace s dlouhými, těžkými nástroji s velkým průměrem vedle lehkých a malých nástrojů
- kombinace více nástrojových soustav na jednom stroji
- pro řadu aplikací je nutno realizovat výměnu nástrojových držáků a nástrojových hlav a v nich automaticky vyměňovat nástroje
- zachovávat stejnou úhlovou orientaci uloženého nástroje

V kontextu s AVN bude hojně používáno sousloví: nástrojová jednotka. Jednu z typických nástrojových jednotek lze vidět na obrázku č. 2.1. Jedná o celek sestavený z držáku nástroje a nástroje samotného, popřípadě se ještě mezi těmito částmi nachází prodlužovací mezikus. Dále v textu se bude také nacházet pod zkratkou NJ.



**Obr. 2.1:** Nástrojová jednotka [15]

Kde: CNC Mill Cutting Tool = CNC frézovací nástroj  
 CNC Mill Tool Holder = CNC držák frézovacího nástroje

Mezi hlavní faktory, které ovlivňuje návrh konstrukce AVN patří požadavek na délku vedlejších časů, čímž se rozumí právě doba výměny nástrojových jednotek mezi zásobníkem nástrojů a vřetenem obráběcího stroje. Tento čas je pro výrobu neproduktivní a poněkud zbytečně zvyšuje cenu výsledného produktu, tedy obrobku v požadované sérii počtu kusů. Hlavním cílem je umožnit natolik rychlou výměnu, aby došlo k co nejkratší prodlevě v manipulačních časech v rámci obrábění konkrétní součástky, ponejvíce na obráběcím centru.

Rozlišují se dva základní časy výměny a to:

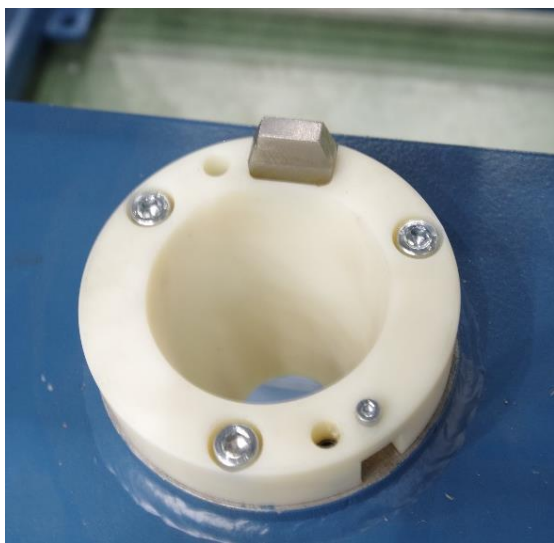
- Nástroj za nástroj [tool to tool] – je to vedlejší čas, který je měřen při výměně nástroje pouze ze zásobníku do vřetene, kdy je vřeteno připraveno v pozici pro výměnu nástroje
- Z řezu do řezu [chip to chip] – je to vedlejší čas, který udává dobu, za kterou se nástroj přemístí z místa řezu do pozice pro výměnu nástroje, následně proběhne výměna nástroje a nový nástroj musí zpět do místa řezu.

## 3 MOŽNOSTI UCHYCENÍ NÁSTROJOVÉ JEDNOTKY V ZÁSOBNÍKU

Uchycení právě nepoužívané nástrojové jednotky v zásobníku patří mezi důležité atributy obráběcího stroje. Nástrojová jednotka se během nečinnosti nesmí samovolně uvolnit, a to samozřejmě ani při pohybu samotného zásobníku. Převážně se volí jednoduchá konstrukční řešení, která nejsou náročná na provoz, údržbu a výrobu. Díky tomu, že se NJ do držáku vkládá mnohokrát za svou životnost, jsou držáky převážně vyrobeny z odolného plastového materiálu, který nezpůsobuje otěr normalizovaného držáku nástroje, který musí mít přesné, neměnné normované rozměry.

### 3.1 Volně ložená nástrojová jednotka v přípravku

Jedná se o nejjednodušší uchycení nástrojové jednotky. Tento způsob se užívá především při skladování ve stacionárním (regálovém) zásobníku nástrojů (obr. 3.1 a)) a také u těžké nástrojové jednotky, která svou hmotností poskytuje dostatečnou tíhovou sílu pro její stabilitu. Je to nejpoužívanější způsob při skladování samostatných automaticky výměnných frézovacích hlav. Provedení si můžeme představit jako různé druhy přípravků, které mají svůj tvar uzpůsobený normalizovanému nástrojovému držáku, nebo v případě výměnných frézovacích hlav jako úložné koše (obr. 3.1 b)).



**Obr. 3.1 a):** Přípravek, sloužící jako místo pro odkládání nástrojové jednotky (detail) [TOS Kuřim – OS, a. s.]

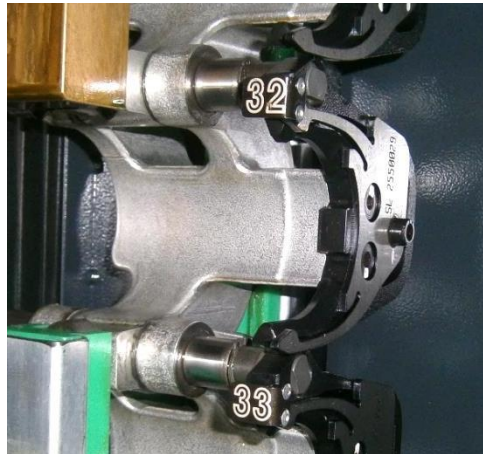


**Obr. 3.1 b):** Přípravek, sloužící jako místo pro odkládání výměnné nástrojové hlavy (celkový pohled) [TOS Kuřim – OS, a. s.]

### 3.2 Mechanický držák s pružným odporem (čelist)

Jedná se o druh uchycení nástrojové jednotky, kde hlavním členem je čelist, která ji uchopí za normalizovanou drážku v držáku nástroje. Vstupní rozteč čelisti je rozměrově menší než normovaný průměr držáku nástroje a tudíž vkládaná NJ klade odpor proti vložení. Po překonání vstupního pružného odporu se nástroj uloží do držáku a je držen právě silou, která je pasivně vyvíjena rozdílem mezi rozměry nástroje a čelistí (obr. 3.2). Existuje také provedení čelistí, které vyvíjí přitlačnou sílu na nástroj za pomoci mechanické pružiny, která neustále svírá čelisti k sobě.

Veškeré konstrukční řešení tohoto typu uchycení je vždy konstruováno jako nejslabší článek AVN, čímž se zvyšuje pasivní bezpečnost výměny. Pasivní bezpečností chápeme skutečnost, že je dávana přednost poškození čelisti před deformací nebo poškozením mnohem dražší komponenty stroje, kterým může být průmyslový robot, manipulátor, výměník nástroje anebo samotné vřeteno stroje. I z tohoto důvodu se čelisti mohou vyrábět z plastových materiálů (obr. 5.2, str. 49). Je tedy lépe mít poškozenou levnější část obráběcího stroje, než drahou komponentu a to v případě, že nastane nechtěný kolizní stav.



Obr. 3.2: Čelist řetězového zásobníku [DMG MORI]

### 3.3 Pouzdro se zajišťujícími kuličkami (kapsa)

Jedná se o mechanické zajištění nástroje za pomoci pružin. Pouzdro užívané při této možnosti uchycení odpovídá shodným tvarem prostoru uvnitř vřetene. Celý držák nástroje je vložen do pouzdra, na jehož konci se nachází přitlačné kuličky. Tlačné pružiny působí na kuličky, které následně působí přitlačnou sílu na funkční konec nástrojového držáku a také vtahují nástroj do pouzdra (obr. 3.3).

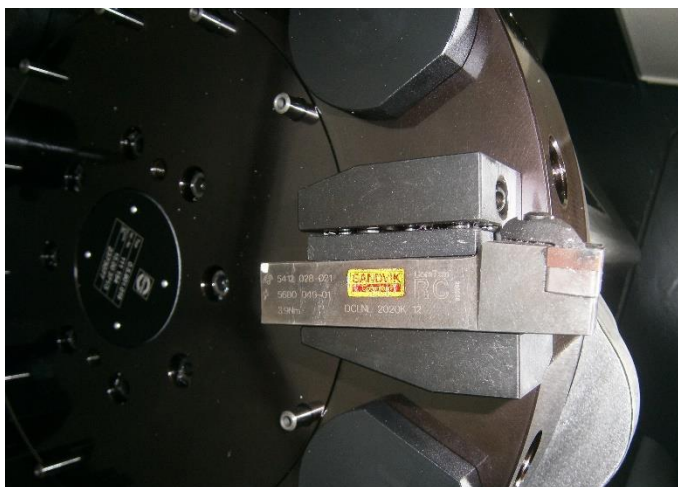
Vzhledem ke skutečnosti vložení celého nástrojového držáku do kapsy je znemožněn přístup třísek a nečistot. Jedná se o často používaný typ uložení nástroje.



**Obr. 3.3:** Kapsa na nástrojový držák ISO s pojistnými kuličkami [TOS Kuřim – OS, a. s.]

### 3.4 Uchycení nástroje v pevné pozici

Jedná se o způsob uchycení nástroje, který se objevuje u AVN, kde nástrojový zásobník přenáší řezné síly, vznikající během obrábění. Nástroj je pevně uchycen v držáku nástroje a ten je následně uchycen do zásobníku nástrojů (viz obr. 3.4). Převážně je vzájemné spojení realizováno mechanickým způsobem za pomoci šroubů a přitlačných podložek. Rotační nástroje jsou upevněny do držáku, který zprostředkovává rotaci nástroje. Převádí točivý moment z náhonu stroje až na nástroj.



**Obr. 3.4:** Pevné uchycení soustružnického nože SANDVIK v nástrojovém držáku



## 4 ZÁSObNÍKY

Zásobníky nástrojů slouží jako uložení právě nepoužívaných nástrojových jednotek. Musí splňovat následující požadavky z hlediska konstrukce na jejich provoz:

- zprostředkovat pevné a bezpečné zajištění nástrojových jednotek
- dopravu nástrojové jednotky do přesné pozice pro výměnu
- nejmenší možné zasahování do pracovního prostoru stroje, kde probíhá proces obrábění
- nacházet se v přímé blízkosti stroje (rychlost výměny)
- udržovat držák nástroje v čistotě (zamezit přístupu třísek a nečistot)
- bezpečnost vůči obsluze stroje

Konstrukce jednotlivých zásobníků se dle dosavadních poznatků z praxe dosti liší. Je to dáno typem obráběcího stroje a dále typem nástroje. Nástrojů je celá škála (sortiment typorozměrů) a liší se využitím, tvarem, rozměrem, hmotností, upnutím a dalšími faktory, které výrazně ovlivňují požadavky na zásobník nástrojů.

Základní dělení zásobníků:

- přenášející řezné síly
- nepřenášející řezné síly
- kombinované

### 4.1 Zásobníky nosné

Jedná se o typ zásobníku nástrojů, který přenáší řezné síly, vznikající během řezného procesu obráběním dále do stroje. Na zásobník nástrojů je vynaloženo velké zatížení, a proto musí být pevně uchycen ke stroji a nástroj musí být pevně uchycen do zásobníku, bez možnosti vychýlení (pootočení, posunutí), aby v důsledku tohoto negativního jevu nedocházelo k nepřesnosti výroby. Z toho plyne požadavek na vysokou tuhost jak zásobníku, tak jeho součástí v okolí ve vazbě na nosnou konstrukci obráběcího stroje.

Tato skupina zásobníků obsahuje konstrukce všeobecně známé, jako jsou revolverové hlavy, popřípadě nožové hlavy. Nejčastější využití nachází u konvenčních soustruhů, multifunkčních obráběcích center a u dlouhotočných a krátkotočných soustružnických automatů. Konstrukční řešení tohoto typu je charakteristické malou kapacitou nástrojů. Pro názornou představu: počet nástrojů se obvykle pohybuje od čtyř do osmi až dvanácti nástrojů. Z malého počtu nástrojů plyne, že zástavba zásobníku do stroje je malá, aby nepřekážela v pracovním prostoru stroje. Zásobník je přímo upevněn na stroji, a tudíž nezvětšuje půdorysnou plochu stroje [1]. Tím, že je zásobník v blízkosti řezu a opracovávaného obrobku, je délka a průměr nástrojů v zásobníku omezena natolik, aby při obrábění nedocházelo ke vzájemné kolizi. Dále může být délka nástroje omezena také krytem stroje, nebo další revolverovou hlavou.

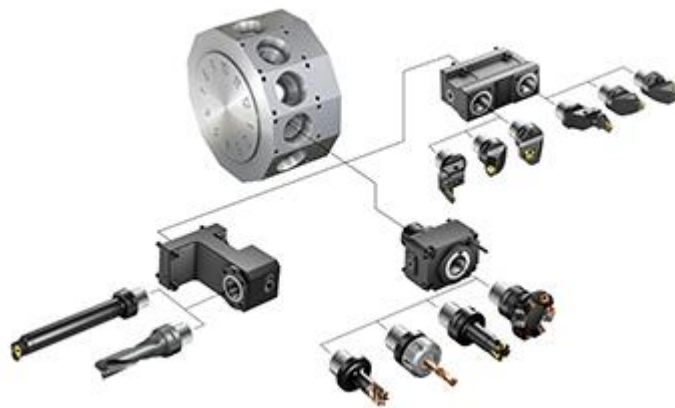
Samotné nástroje s držákem (nástrojová jednotka), jsou do zásobníku upevněny mechanicky. Výměna celé jednotky a nástroje samostatného je prováděna převážně ručně, protože není potřeba časté výměny. Držák nástroje by měl jít po uvolnění co nejjednodušeji vyjmout ze zásobníku.

Velikost úhlu otočení během AVN je dána počtem nástrojů a též pozicí nástroje. Na konci každé výměny musí být používán nástroj v takové pozici, v jaké byl používán

naposledy (opakovatelná přesnost polohy). Velkou výhodou je, že během výměny nástroje se nepotřebuje použití manipulátoru a dopravníku nástrojů.

#### 4.1.1 Revolverová hlava

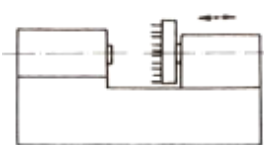
Podle Wikipedie je slovo revolver původně španělské sloveso - "*(na)vrátit (se)*", či "*otáčet (se)*" (od inf. slovesa *volver*) [2], kdy ve strojírenské technice se revolverem rozumí otáčivá hlava stroje nesoucí nástroje (viz obr. 4.1). Tato revolverová hlava (dále jen RH) na sobě nese nástroje v přesně dané úhlové rozteči. Rozteč mezi jednotlivými nástroji se snadno vypočítá jako podíl  $360^\circ$  a počtu úložných míst pro nástroje. RH je spojena hřídelí k pohonné skříní zásobníku, která je přes systém převodů schopna rychle natáčet RH a s ní i uložené nástroje do přesné polohy (po přesných roztečích).



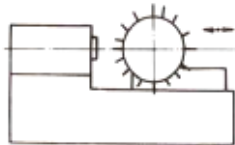
Obr. 4.1: Možnost osazení otočného disku revolverové hlavy [16]

#### Rozdělení podle osy rotace revolverové hlavy [3]:

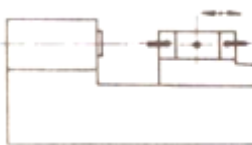
- s osou rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se podélně (obr. 4.2 a))
- s osou rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se příčně (obr. 4.2 b))
- s osou kolmou k příčným saním suportu (obr. 4.2 c))
- s osou k těmto saním šikmou (obr. 4.2 d))



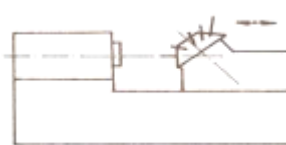
Obr. 4.2 a) [3]



Obr. 4.2 b) [3]



Obr. 4.2 c) [3]



Obr. 4.2 d) [3]

#### Průběh výměny nástroje

- uvolnění otočné části revolverové hlavy
- otočení o úhel, který odpovídá úhlové vzdálenosti požadovaného nástroje
- zajištění otočné revolverové hlavy v přesné pozici



Způsob pohonu otočné části zásobníku se může lišit podle náročnosti a cenové kategorie. K pohonu se využívá například:

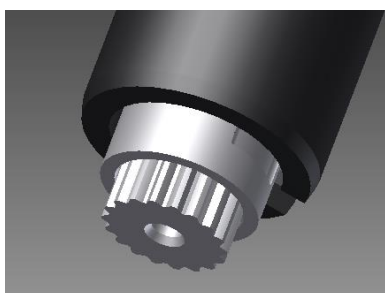
- servomotorů
- asynchronních motorů
- synchronních motorů

Aretace (upnutí) otočné části zásobníku je provedeno převážně hydraulickým systémem. Jako další možnost zprostředkování aretace se využívá elektromechaniky [4].

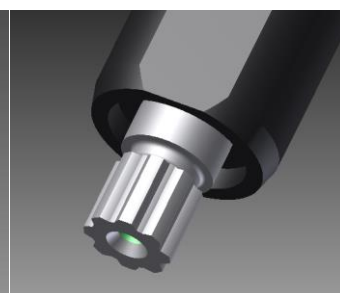
Většina revolverových hlav obsahuje vnitřní pohon, který dovoluje upnout a pohánět rotační nástroje (frézy, vrtáky, výstružníky, atd.). Náhon poháněných nástrojů je velice komplikovaný konstrukční uzel. Uložení rotačních součástí musí zaručovat vysokou tuhost. Ovšem nastává mnoho případů, kde vysoké tuhosti nelze docílit a to vůči malému prostoru v zásobníku, kde se musí volit menší ložiska pro uložení hřídelí a převodů. Používá se i těchto řešení a to při využívání menších rotačních nástrojů a tudíž i nižších požadavků na tuhost. K přenosu točivého momentu z revolverové hlavy na nástrojovou jednotku se používá několik normalizovaných druhů převodů, přičemž zde není uveden vyčerpávající výčet řešení převodů (viz obr. 4.3 a), 4.3 b), 4.3 c)).



Obr. 4.3 a) [17]

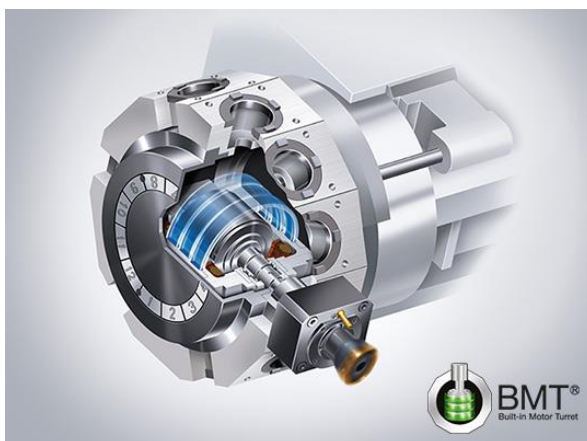


Obr. 4.3 b) [18]



Obr. 4.3 c) [19]

Příklady spojů k přenosu točivého momentu z pohonu do nástroje [Sauter]



Obr. 4.4: Znárodnění použití hnacího elektromotoru integrovaného přímo v otočném disku [DMG MORI] [4]

Nejvíce je využíváno pohonu, který je veden ze skříně revolverového zásobníku přes systém převodů až k nástroji na otočném disku zásobníku. Složitost realizace a malé zástavbové prostory ovšem umožňují přenést pouze relativně malý točivý moment (desítky Nm, vyjma velkých revolverových zásobníků). S brilantní konstrukcí přišla na trh firma DMG MORI, která instalovala pohon nástroje přímo do otočného disku revolverové hlavy (viz obr. 4.4). I při menší zástavbě dosahuje točivého momentu 117Nm a otáček až  $10\,000\text{min}^{-1}$  [5].

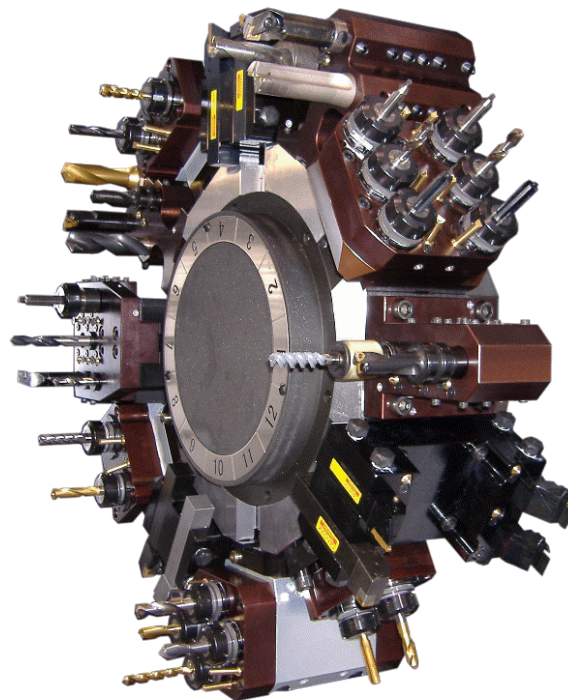
Na začátku tématu nosných zásobníků bylo uvedeno, že tyto typy zásobníků jsou charakteristické malým počtem nástrojů, aby se dosáhlo malé prostorové zástavby zásobníku. Existují však možnosti jak počet nástrojů zvýšit a tím také rozšířit technologické využití stroje. V úvahu připadá:

1) Zdvojení upínacího prostoru – užívá se přípravek, který je schopen upnout dva nebo vícenástrojů. Samotný přípravek se upne do prostoru pro upnutí nástroje v revolverové hlavě (obr. 4.5 a), 4.5 b)).

2) použití vícevřetenové hlavy – tato hlava se upne na místo nástroje do revolverové hlavy. Zvýší se tím počet vřeten a můžeme aplikovat vícevřetenové obrábění a tím zvýšit produktivitu stroje (obr. 4.5 a), 4.5 b)).



**Obr. 4.5 a):** Řešení zdvojení úložného místa nástrojů a vícevřetenového obrábění [WTO] [20]



**Obr. 4.5 b):** Řešení zdvojení úložného místa a vícevřetenového obrábění [M.T. S.r.l] [21]

Při užití výše uvedených dvou způsobů se vždy zvětšuje prostor, ve kterém se nachází nástroj. Proto je nutné vždy brát ohled na možnost kolize nástroje s obrobkem, sousedním nástrojem, nebo dokonce konstrukcí stroje[1].

## A. Diskového typu

Jedná se o typ zásobníku, kde otočná část pro výměnu nástrojů má tvar disku. Tento disk může mít opět mnoho konstrukčních řešení, záleží na požadavcích na výměník nástroje. Může se upřednostňovat možnost upnutí nástrojů na:

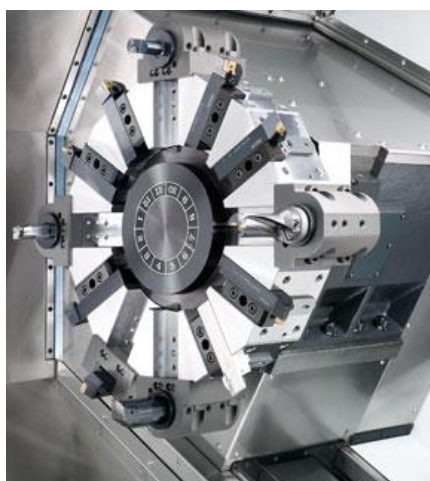
- čele disku – upínací plochy s otvory jsou umístěné na čele disku - axiálně  
– obr. 4.6
- obvodu disku – upínací plochy s otvory jsou umístěné na obvodu disku - radiálně  
– obr. 4.7
- vzájemnou kombinací – upínací plochy na čele jsou drážky pro soustružnický nůž a na obvodu jsou připravené díry se závity pro upnutí držáků  
– obr. 4.8



**Obr. 4.6:** Uložení nástrojů na čele otočného disku revolverové hlavy [nástroj Sauter, stroj DMG MORI]



**Obr. 4.7:** Uložení nástrojů na obvodu otočného disku revolverové hlavy [Spinner] [22]



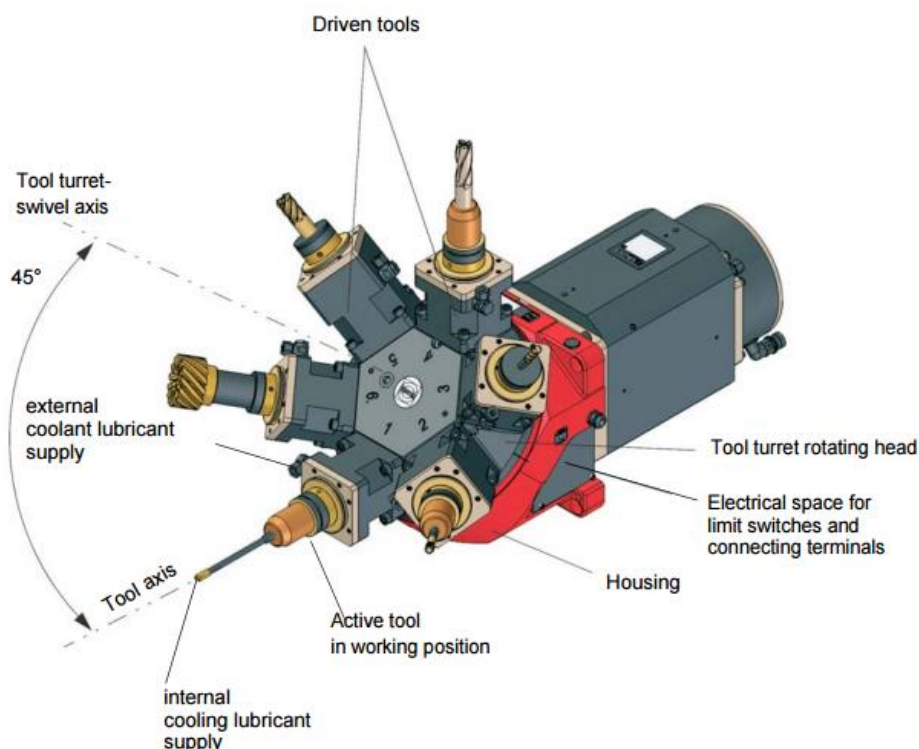
**Obr. 4.8:** Kombinované uložení nástrojů na čele i na obvodu otočného disku revolverové hlavy [23]

Je-li realizováno upnutí na čele disku, musí se dbát zvýšené opatrnosti vůči kolizi nástroje s obrobkem, nebo se sklíčidlem, jako upínacím zařízením obrobku. Z toho plyne délkové omezení nástroje.

Je-li realizováno upnutí na obvodu disku, upínací plochy vytvoří z disku n-boký hranol, kde „n“ značí maximální počet upnutých nástrojů. Při tomto stylu upínání se rapidně zvětšuje zástavbový poloměr disku v závislosti na délce nástrojů, Musí se dbát zvýšené opatrnosti vůči kolizi nástroje s ostatními částmi stroje, nebo obrobku [1].

### B. Korunového typu

Jedná se o typ nosného zásobníku, který má svoji osu rotace výměny vychýlenou o určitý úhel od osy nástroje. Převážně tento úhel činí  $45^\circ$ . Díky tomuto natočení tvoří uložené nástroje tvar koruny (viz obr. 4.9). Tvar otočné části zásobníku nástrojů může být v podobě kužele, nebo polokoule, avšak po zhotovení dosedacích ploch pro upnutí nástroje vždy tvoří n-boký jehlan. Převážně je zásobník konstruován pro šest nástrojů. Nižší počet nástrojů znamená rychlejší výměnu. Dále uspořádání do koruny dává dostatek prostoru pro sousední, právě nepoužívaný nástroj, a tím snižuje riziko kolize nepoužívaného nástroje s obrobkem. Konstrukce tohoto typu je celkově vysoce odolná vůči kolizi. Také umožňuje rotaci nástroje a rotaci revolverové korunové hlavy pouze jedním motorem [6], jak je možno názorně vidět na obrázku č. 4.10. Zásobník korunového typu se používá pro případy obrábění rotačními nástroji a pro velkokapacitní výrobu [1].



**Obr. 4.9:** Revolverový zásobník korunového typu [Sauter] [24]

**Kde:** Tool turret swivel axis = nakloněná osa revolverové hlavy

Driven tools = poháněné nástroje

Tool turret rotating head = otočná část revolverové hlavy

Electrical space for limit switches and connecting terminals = prostor pro koncové snímače a svorky

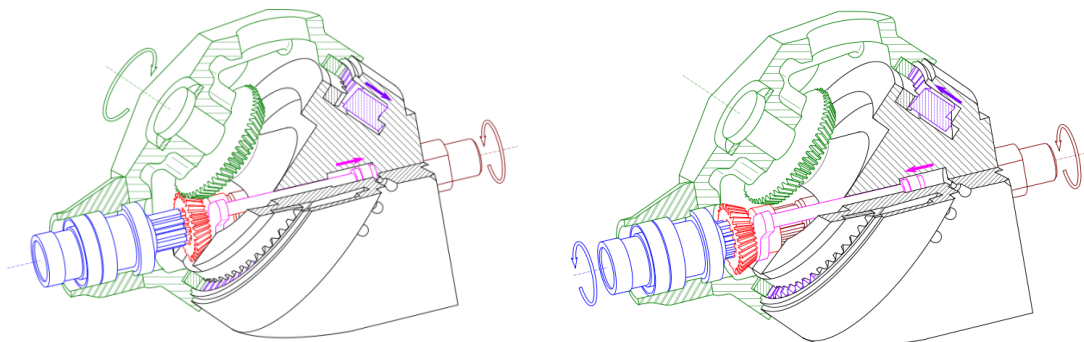
Housing = krytování

Active tool in working position = používaný nástroj v pracovní pozici

Internal cooling lubricant supply = vnitřní přívod chladicí kapaliny

External coolant lubricant supply = vnější přívod chladicí kapaliny

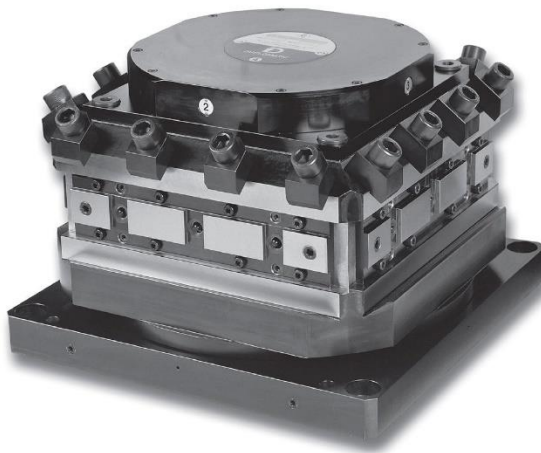
Tool axis = osa nástroje



**Obr. 4.10:** Možné řešení pohonu otáčení nástroje a otáčení korunového zásobníku jedním motorem [Somex] [25]

#### 4.1.2 Nožová hlava

Nožová hlava je velmi podobná revolverové hlavě. Jeden z hlavních rozdílů spočívá v tom, že neumožňuje pohon rotačních nástrojů. Nese převážně nerotační nástroje a to většinou soustružnické nože. Lze upevnit i rotační nástroj, ale pouze při použití speciálního přípravku, který má možnost nástroj pohánět. Dokonce existuje provedení držáku nástroje, který umožňuje rotaci nástroje a ještě k tomu lineární posuv. Tohle řešení autorovi práce přijde poněkud neobvyklé a z hlediska obrábění se spíše nabízí použití jiného druhu obráběcího centra, ale zajisté může mít tento držák nástroje s lineárním posuvem využití.



**Obr. 4.11:** Nožová hlava firmy Duplomatic [26]

Nožová hlava se obvykle vyrábí v provedení pro čtyři, šest a osm nástrojů. Ovšem jsou známy i případy, kde se používá nožová hlava s dvanácti a vícero nástroji. Dalším znakem je charakteristická vertikální osa rotace zásobníku, ale opět existují výjimky potvrzující pravidlo.

Nástroje jsou do nožové hlavy ustaveny na pevně a to mechanicky. U starších provedení se preferovala drážka, do které byl nástroj vsazen a následně upevněn šrouby. Modernější řešení je pak upínání do rybinové drážky. Nožová hlava má na svých bocích rybinovitou drážku, tvořenou ze spod samotnou nožovou hlavou a shora šrouby se speciálně tvarovanými přítlačnými podložkami, které shora dotváří tvar rybinovité drážky (viz obr. 4.11). Držák nástroje nese rybinu. Celá nástrojová jednotka se poté vsadí do drážky a opět je upevněna šrouby s podložkami na své místo.

Automatická výměna nástroje probíhá zcela shodně, jako je tomu u revolverových hlav. Převážná většina moderních nožových hlav umožňuje tzv. bi-rotaci, to znamená, že se hlava může točit oběma směry rotace a to značně urychlí čas, jedná-li se o výměnu nástroje, který leží dále než 180° od právě používaného nástroje. Nejčastěji se setkáváme s nožovou hlavou na univerzálních hrotových soustruzích.

Možnost pohonu a aretace nožové hlavy je uskutečněno například pomocí:

- asynchronního motoru
- servomotoru
- elektromechanicky

#### **4.1.3 Pevné nástroje (fixní)**

Nejedná se přímo o automatickou výměnu nástrojů, ale i tato aplikace stojí za zmínku. Pro obrobení se používá vícero pevných nástrojů, z toho plyne, že se nástroje během operace mění, ovšem nepohybují se. Autor této bakalářské práce tento způsob pojmenovává jako „pasivní výměna nástroje“.

Nástroje jsou pevně spojeny s konstrukcí stroje za pomoci nástrojových držáků, které zprostředkovávají tuhé a neměnné umístění nástroje v prostoru stroje (viz obr. 4.12). Nástroje vyčkáávají v poloze natolik vzdáleny od sebe, aby nedošlo ke kolizi obrobku se sousedním, na pevně uloženým nástrojem během procesu obrábění. Podmínkou využití fixních nástrojů je možnost pohybu vřetene ve třech osách tzn., že obrobek musí být schopen se přiblížit se nástroji a také musí konat hlavní řezný pohyb a to rotační.

Existuje a je známo provedení, kde jsou nástroje připevněny pevně k základně, která je následně uložena na vedení pohyblivých os stroje. Nástroje tím nabývají výhodu možnosti pohybu v osách, které je umožněno právě vedením (posuvy, suporty apod.).

Řešení obrábění za pomoci fixně ukotvených nástrojů se používá u soustruhů dlouhotočných a krátkotočných automatů.



**Obr. 4.12:** Nástroje uložené pevně ke stroji [DMG MORI Sprint 20|5] [27]

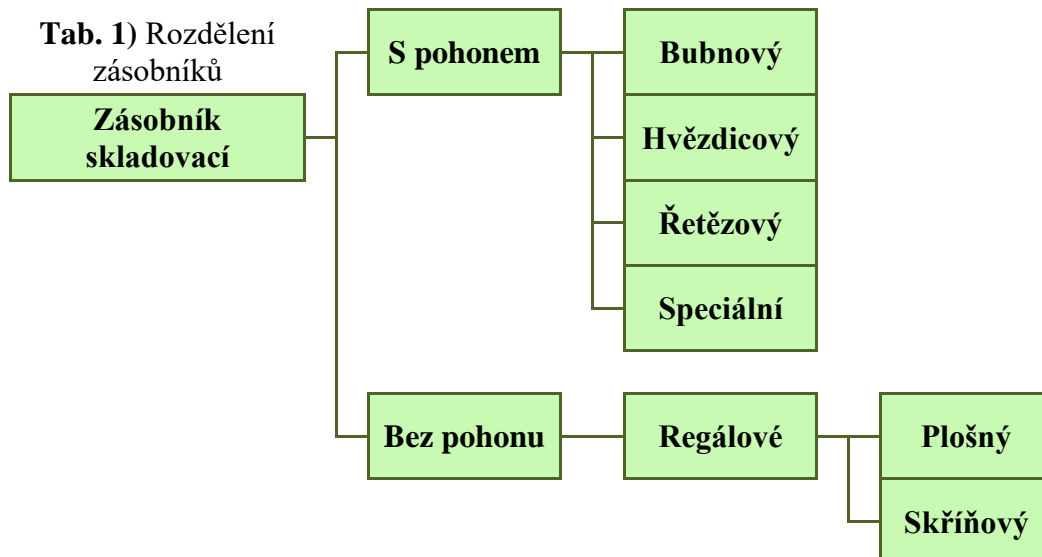
## 4.2 Zásobníky skladovací

Jedná se o typ zásobníku nástrojů, který nepřenáší řezné síly dále do stroje. Zásobník se tedy sám o sobě nestává aktivním nebo výkonným členem obráběcího procesu. Slouží pouze ke skladování nástrojových jednotek. I když má pouze jednoduchou funkci, musí i přesto splňovat řadu požadavků na něj kladených. Jelikož zásobník nepodléhá vysokému zatížení řeznými silami vznikajícími při obrábění, mohou se vyrábět z méně pevných materiálů a poněkud jednodušších konstrukcí. Tímto směrem se skladovací zásobníky také ubírají. Volí se relativní jednoduchost konstrukce zásobníku, která vede k úspoře hmotnosti. Ovšem žádný z konstruktérů nezvolí řešení s nižší hmotností na úkor spolehlivosti automatické výměny nástrojů, popřípadě na úkor tuhosti konstrukce.

S uvážením skutečnosti, že zásobník nemusí být bezprostředně blízko místa vlastního řezu (jako třískového obrábění nástroji), jako tomu bylo u zásobníku nosných, plyne možnost zvětšování zástavbového prostoru, a tím zvýšení kapacity počtu nástrojových jednotek, v zásobníku uložených. Počet jednotek v zásobníku může dokonce přesahovat sto kusů, záleží pouze na konstrukci zásobníku a velikosti využitelného zástavbového prostoru v blízkosti stroje.

Je nutno mít neustále na paměti nejdůležitější podmínku AVN, a tou je požadovaný čas na výměnu nástroje mezi zásobníkem a vřetenem obráběcího stroje. Z této podmínky vyvstává zásadní problém s rychlostí manipulace s nástroji, neboť je znám požadavek na zkracování nejen hlavních, ale i vedlejších časů na obrábění a manipulaci. Se zvyšujícím se počtem nástrojových jednotek v zásobníku se totiž prodlužuje i čas výměny nástroje, který je nejvíce vzdálen od vřetene stroje. Je tedy nutno volit vhodné konstrukční řešení zásobníku s uloženými nástroji k danému typu technologického postupu zhotovení obrobku.

Rozdělení skladovacích zásobníků je možné podle toho, zda jsou nebo nejsou motoricky poháněny, respektive zda umožňují interpolaci pohybu (žádanou polohu), a to lineární, nebo kruhovou. O rozdělení existujících možností konstrukčního řešení skladovacích zásobníků jak s pohonem, tak i bez pohonu pojednává následující rozdělení – viz tabulka č. 1 nacházející se na další straně (str. 32). Následné dělení podkapitol zásobníků skladovacích se bude řídit dle již zmiňované tabulky č. 1.



Další možné rozdělení zásobníků nástrojů je podle počtu nástrojů, uložených v zásobníku. Dělíme je tedy na zásobníky s kapacitou (příčemž výjimky potvrzují pravidlo \*):

- malou - 10 až 50 kusů nástrojů
- střední - 50 až 100 kusů nástrojů
- velkou - 100 kusů a více

\*) Rozdělení dle autora této bakalářské práce.

Spolu s těmito typy zásobníků lze užívat různé druhy způsobu výměny nástroje. Plyne to z faktu, že samotný zásobník neprovádí výměnu nástroje, a tak musí být doplněn o manipulační uzel. O těchto způsobech bude pojednáváno až v následující kapitole (dále viz strana 47, kapitola 5). Ovšem autor práce podotýká, že existuje mnoho možných kombinací, způsobů a konstrukčních řešení možností sestavení těchto členů AVN. Nevyjímá možnost, že každý výrobce AVN může uzpůsobit jeho koncepci (rekonfigurovatelnost) odpovídající požadavkům uživatele stroje (zákazníka) a tím přidat různé konstrukční uzly a úpravy dále zmíněných druhů zásobníků.

#### 4.2.1 Zásobníky s pohonem

Pod slovním spojením zásobník s pohonem si můžeme představit zásobník, který umožňuje nastavit nástroj do referenční polohy ať už pro samotnou výměnu nástroje, nebo pro manipulátor, který následně nástrojovou jednotku zamění ve smyslu NC programu stroje.

Dle dosavadních poznatků je značné množství způsobů pohonů a odvíjí se podle konstrukce jednotlivých zásobníků nebo dle požadavku, zda je zapotřebí vyvození posuvu aktivní části zásobníku lineárního nebo rotačního. Dále volbu pohonů může ovlivňovat rychlost, četnost, přesnost výměny a další konstrukční parametry zásobníku, nevyjímá jeho pořizovací cenu. I přes velkou škálu možností pohonu se nejčastěji používá elektromotorů. Nesmí se však opomenout, že veškeré elektromotory jsou vysokootáčkové, což se nehodí pro



jakoukoliv aplikaci v AVN, a proto se vždy za elektromotor připojuje vhodná převodovka s velkým převodovým poměrem.

Pohybující se zásobník s sebou přináší požadavek na pevnější upnutí nástrojové jednotky. Z těchto příčin se používá uložení v čelistech nebo v kapse. Obojí typ uložení nástroje totiž dokáže zprostředkovat pevné a jisté upnutí nástrojové jednotky, vyvíjením stále přítlačné síly.

### A. Bubnový zásobník

Jak již název napovídá, zásobník bude svým provedením připomínat tvar bubnu. Tento tvar je dán způsobem uložení jednotlivých nástrojů a také způsobem výměny. Názornou představu o možnosti provedení bubnového zásobníku udává obr. 4.14.

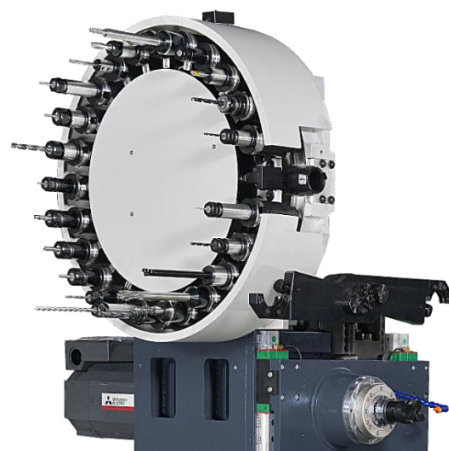
Výměna nástrojů probíhá za pomoci rotace zásobníku. Zásobník se vždy při výměně natočí tak, aby požadovaný nástroj byl připraven v referenční poloze pro výměník, manipulátor či samotné vřeteno stroje, které je vybaveno samočinným upínáním (odepínáním) nástrojové jednotky. Z tohoto způsobu výměny vyplývá, že nástroje jsou v zásobníku umístěné v pozicích ve tvaru kružnice. Výsledný tvar bubnu dotváří orientace nástroje. Osa nástroje je orientována rovnoběžně s osou rotace zásobníku. Většina typů bubnových zásobníků je schopna otáčet bubnem oběma směry a tím zkracovat čas výměny nástroje, který se nachází dále než 180° od referenční polohy.

V praxi se běžně setkáme s dvěma řešeními bubnových zásobníků:

- V prvním řešení se pro uchycení nástrojových jednotky v zásobníku používá čelisti a osa rotace bubnu je ve vertikální poloze. Při tomto typu zásobníku se výměna zprostředkovává formou PICK-UP (dále viz str. 48, kapitola 5.1) a v zahraničí je označován jako typ „umbrella“ [deštník] viz obr. 4.13.
- V druhém řešení se pro uchycení nástrojových jednotek v zásobníku používá kapes a osa rotace bubnu je obvykle v horizontální poloze. Při tomto typu zásobníku se výměna zprostředkovává pomocí výměníku nástrojů (dále viz str. 4, kapitola 5.2) viz obr. 4.14.



**Obr. 4.13:** Bubnový zásobník se svislou osou rotace [CHEN SOUND INDUSTRIAL Co., Ltd.] [28]



**Obr. 4.14:** Bubnový zásobník se sklopenou kapsou a dvouramenným výměníkem [Master Automatic Co., Ltd.] [29]

Bubnový zásobník spadá do kategorie zásobníků s malou kapacitou nástrojů. Počet v něm uložených nástrojů se pohybuje mezi 20 až 50 nástroji.

Za účelem úspory zástavbového prostoru na stroji a reálné orientaci vřetene se bubnový zásobník často umísťuje takovým způsobem, který neumožňuje přímou výměnu nástroje. Osa vřetene stroje a osa uloženého nástroje se stane navzájem nerovnoběžnou (úhlový rozdíl bývá obvykle  $90^\circ$ ), z toho plyne nutnost úhlového pootočení nástroje v zásobníku před jeho výměnou. Každá z kapes zásobníku nástrojů se dokáže sklopit o  $90^\circ$  a tím dosáhne rovnoběžnosti os nástroje a vřetene stroje. Ve výchozí poloze drží kapsu pružina. Kapsa je sklápěna sklopným mechanismem, který je v zásobníku pouze jeden, a to v referenční poloze pro výměnu nástroje (viz obr. 4.15). Tento mechanismus bývá převážně poháněn pneumaticky a má za úkol přetlačit pružinu a nastavit nástroj do polohy pro výměnu. Provedení se sklopnými kapsami bývá velice časté a to i z důvodu úspory zástavbového prostoru mezi jednotlivými uloženými nástroji, kam by se výměník či manipulátor nedostal. S obdobnou problematikou se potýkají také zásobníky řetězové.



**Obr. 4.15:** Kapsa řetězového zásobníku se sklopným mechanismem v referenční pozici  
[DMG MORI]

Ve větších provozech, resp. při výkonnostním obrábění, kde je potřeba častá výměna otupených nástrojů, se může otočná část bubnového zásobníku zhotovit jako výměnný celek. Těchto celků pak můžeme mít ve stroji libovolný počet a stroj už si sám vybere z jakého celku a na jaké pozici nástroj vzít.

### *B. Hvězdicový zásobník*

Řešení je velice podobné zásobníku bubnovému s tím rozdílem, že nástroje jsou uloženy radiálně vůči ose otáčení zásobníku (ve výjimečných případech pod slabě menším úhlem). Toto uspořádání nástrojů se vyznačuje zvětšujícím se průměrem otočné části zásobníku se zvyšujícím se počtem nástrojů [1]. Uložení nástrojů ve hvězdicovém zásobníku může být dvojího typu a to:

- Nástroje směřují k ose otáčení zásobníku (obr. 4.16) – prostor pro uložení nástroje se směrem ke středu zužuje a tudíž nástroje nemohou dosahovat velkých průměrů. Hrozí kolize se sousedními nástroji. Nástroje však nevyčnívají z oběžného disku. Délka nástrojů je limitována poloměrem zásobníku a průměrem nástroje.

- Nástroje směřují od osy otáčení zásobníku (obr. 4.17) – uložené nástroje zvětšují průměr zástavby a musí být délkově omezeny vyhrazeným prostorem stroje, který udává krytování. V opačném případě dojde ke kolizi.



**Obr. 4.16:** Hvězdicový zásobník s nástroji orientovanými k ose otáčení zásobníku [DMG MORI] [30]

Uspořádání nástrojů na disku (při použití pouze jednoho disku) je pro malé stroje prostorově neekonomické, což je považováno za nevýhodu. Avšak toto uložení má výhodu v dostatečně velkém prostoru pro uchopení nástroje manipulátorem, nebo přímo vřetenem stroje.

I u hvězdicového typu zásobníku lze navyšovat kapacitu počtu nástrojů a to nejen zvětšováním průměru otočné části. Lze ji také navýšit počtem výměnných otočných celků (viz Obr. 4.17), jako tomu bylo u zásobníků bubnových. Další možností je zdvojení jednoho úložného prostoru a to tak, že místo jedné čelisti se použije přípravek se dvěma čelistmi.



**Obr. 4.17:** Seřazení pěti disků zásobníků v řadě [DMG MORI DMU Series] [31]

Tuto konstrukci zásobníku hojně pro potřeby praxe užívá firma DMG MORI a v něm spatřuje budoucnost rozvoje a užití tohoto konstrukčního provedení zásobníku.

Hvězdicový zásobník patří mezi zásobníky se střední až velkou kapacitou v něm uložených nástrojových jednotek a spolu s bubnovým zásobníkem by se daly souhrnně pojmenovat jako zásobníky diskové.

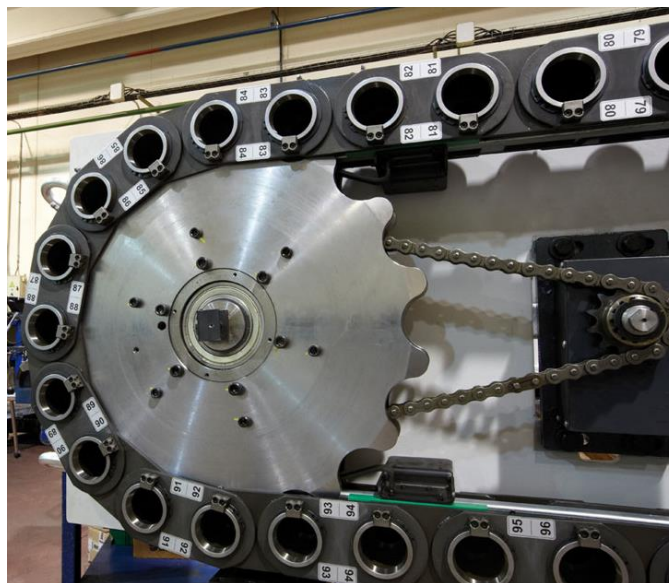
### C. Řetězový zásobník

Opět název zásobníku prozrazuje mnohé o jeho konstrukci. Vlastní řetězový zásobník se skládá z pohyblivého řetězu, pohonu a samozřejmě krytování pohyblivých a nosných částí.

Řetěz zásobníku nástrojů: skládá se z jednotlivých segmentů, které se napojují na požadovanou celkovou délku řetězu. Segmenty bývají převážně dvojího typu:

- jedno úložné místo na jednom segmentu (obr. 4.20) – jako úložné místo lze použít čelisti i kapsy. Výběr uložení udává způsob výměny.
- dvě úložná místa na jednom segmentu (obr. 4.19) – konstrukce velmi připomíná klasický řetěz jízdního kola. Avšak jako čepy jsou zde použity kapsy pro uložení nástrojů.

Jednotlivé konstrukce těchto segmentů opět záleží na výrobcích řetězových zásobníků.



**Obr. 4.18:** Demontovaný řetězový zásobník nástrojů [SIDEPALSA] [32]

Pohon řetězu je zprostředkován např. elektromotorem, který přes hnané kolo posouvá řetězem (obr. 4.18). Samotný řetěz s nástroji se pak pohybuje jeho vedením, kterým můžou být různé kluzné části, opěrné kladky (rolny), kola apod.

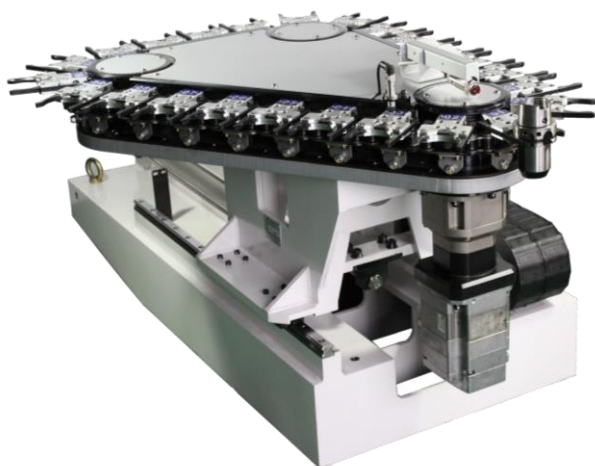
#### Základní rozdělení umístění pohyblivého řetězu podle polohy:

- vertikální (viz obr. 4.20)
- horizontální (viz obr. 4.19)

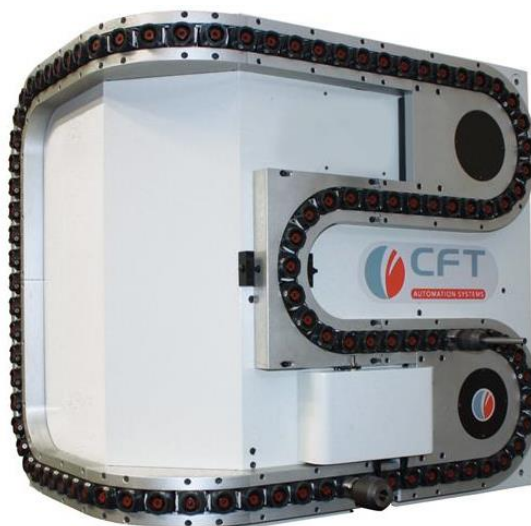


**Obr. 4.19:** Horizontální řetězový zásobník [DMG MORI – DMU 75 monoBLOCK]

Řetězový zásobník je brilantním řešením, spočívající ve velmi příznivém poměru počtu nástrojů vůči objemovým rozměrům zástavby. Je to dáno tím, že řetěz může mít libovolné délky a být veden různými polohami. Dle konstrukce obráběcího stroje se můžeme rozhodnout jak vést řetězový zásobník. Může mít téměř libovolnou dráhu. Existuje mnoho řešení uložení pohybujícího se řetězu s nástrojovými jednotkami, některé jsou velmi neobvyklé až atypické. Řetěz lze vést například kolem základu stroje, nebo dokonce ve šroubovici.



**Obr. 4.20:** Řetězový zásobník nástrojů s trojúhelníkovou dráhou [SANJET INTERNATIONAL Co., Ltd.] [33]



**Obr. 4.21:** Speciální provedení řetězového zásobníku [CFT automation systems] [34]

Tím ovšem výčet možností drah řetězového zásobníku nekončí. Chceme-li zvyšovat počet úložných míst v zásobníku, můžeme řetěz vést násobně ve sloupcích, řádcích, nebo různých obloucích, meandrech a křivkách (viz obr. 4.20, obr. 4.21), což v důsledku znamená vytvoření si vhodného prostorového uspořádání řetězu, jako nosného a pohyblivého prvku

v konstrukci zásobníku. Ke zvýšení kapacity lze také využít dvou a více řetězových zásobníků v uspořádání nad sebou, nebo vedle sebe, ale pouze pokud nám to dovolí prostor v blízkosti stroje.

Jak bylo zmíněno výše, řetězový zásobník může mít libovolnou délku řetězu, to znamená, že má i libovolný počet úložných míst pro nástrojové jednotky. To značně ztěžuje zařazení zásobníku do některé z kategorií, z hlediska kapacity nástrojů. Nejnižší počet úložných míst může začínat např. už od dvanácti pozic, jež nabízí firma KHBcz [7]. Nejvyšší počet pozic není téměř omezen. Ovšem musíme si uvědomit, že při použití jednoho řetězu s velkou délkou se nám výrazně prodlužuje čas automatické výměny nástroje, právě pro případ, je-li volán vzdálený nebo dokonce nejvzdálenější nástroj, uložený v příslušné pozici v zásobníku. Proto se převážná většina řetězových zásobníků vyrábí jako zásobníky se střední kapacitou.

#### *D. Speciální Zásobník*

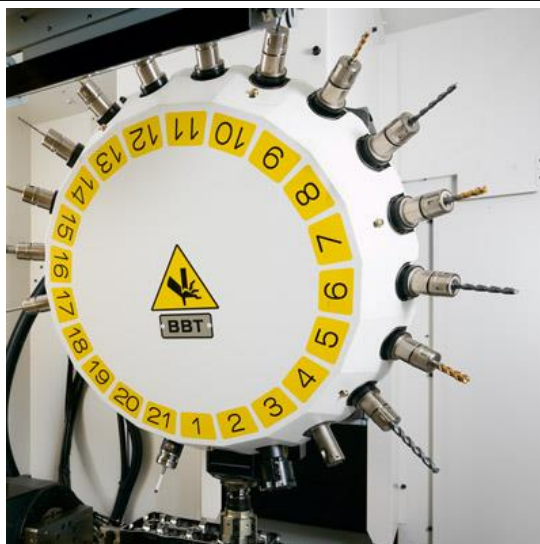
Zde by autor této bakalářské práce rád představil a popsal dvě inovativní řešení poháněných zásobníků nástrojů. První část kapitoly bude věnována řešení, které si nechala patentovat firma Fanuc. Druhá část bude pojednávat o košovém zásobníku [basket tool changer] od firmy Chiron. Oba speciální zásobníky jsou z hlediska koncepce složitými konstrukčními uzly, které jsou schopny vyměnit nástrojovou jednotku bez použití dalších výměníků nebo manipulátorů. Lze říci, že to jsou zásobníky hybridní, které sdružují funkci zásobníku i podavače (manipulátoru) nástrojů a přesto nepřenášejí řezné síly do konstrukce stroje.

##### *Fanuc – Kolébkový zásobník*

Koncepce tohoto zásobníku je známa již delší čas, avšak firma Fanuc jej přivedla na trh jako konkurenčně schopný člen pro zprostředkování AVN. V tomto případě se dá tento druh zásobníku připodobnit zásobníku hvězdicovému. Nástroje jsou umístěny v čelistech na soustředné kružnici a směřují ven od osy rotace zásobníku, vykloněny pod mírným úhlem. Maximální počet nástrojů uložených v zásobníku je 21, nebo 14 podle typu (velikosti) stroje. Pohled na zásobník lze vidět na obrázku č. 4.22.

##### **Konstrukce**

Disk s nástroji, umístěnými do kruhu, je uložen otočně v konstrukci, která je dále upevněna přes kloub ke stroji bez možnosti pohybu (pouze možnost rotace v kloubu). Kloub se nachází nad těžištěm disku a tvoří horní vazbu. Dolní vazba konstrukce je zprostředkována opěrnou kladkou. Ta se dotýká vedení umístěného na vřeteníku, který se pohybuje pouze v ose Z. Pohyb v osách X a Y je realizován stolem. Opěrná kladka spolu s vedením tvoří lineární vačkový mechanismus. Zajištění neustálého dotyku vedení a opěrné kladky zprostředkovává tažná pružina. Řešení uložení a mechanismu lze dobře pochopit z obr. 4.22. Na vřetenu je dále umístěno ozubené kolo, jenž je využíváno k rotaci disku zásobníku (viz obr. 4.24).



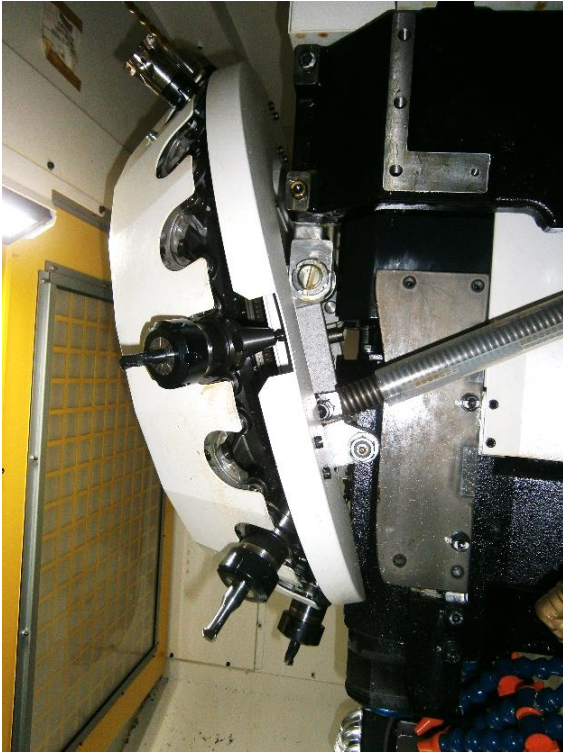
Obr. 4.22: Kolébkový zásobník nástrojů [Fanuc] [8]

#### Princip výměny \*)

- vyjetí vřetene se starým (již použitým) nástrojem nahoru (v kladném směru osy Z)
- sklopení zásobníku směrem k nástroji za pomoci lineárního vačkového mechanismu a uchopení nástroje do čelistí
- odepnutí nástroje z vřetene
- vyjetí vřetene nad držák nástroje, čímž zaklesne poháněné ozubené kolo vřetene do ozubeného kola/věnce otočného disku zásobníku
- otočení zásobníku motorem vřetene do požadované polohy, kde se nachází nový (nepoužitý a požadovaný) nástroj
- sjetí vřetene dolů (v záporném smyslu osy Z), čímž se ozubené kolo odpojí z polohovací pozice
- upnutí nástroje
- pokračování pohybu vřetene směrem dolů. Spolu s tímto pohybem vačkový mechanismus odklápí zásobník do výchozí polohy (dále od vřetene) a dojde k vyjmutí nového nástroje z čelistí

\*) Operace spojené s pohybem vřeteníku v ose Z (ať už v záporném, či kladném směru) se dějí zcela plynule.

Celkový čas výměny z řezu do řezu [chip to chip] je pouze 1,6s [8]! Dá se očekávat, že čas výměny pouze nástroj za nástroj [tool to tool] se bude pohybovat kolem hodnoty 1,1s (experimentálně změřeno na stroji při uvažování výměny nejbližšího možného nástroje).



**Obr. 4.23:** Pohled na mechanismus kolébkového výměníku nástrojů [Fanuc]



**Obr. 4.24:** Detail ozubeného kola, které je spojeno s vřetenem a slouží k náhonu rotace zásobníku

### *Výhody*

- Velká výhoda tohoto typu konstrukce spočívá v tom, že je plně mechanická. Jedinou výjimkou je rotace zásobníku, která je ovšem zprostředkována vřetenovým motorem, který se již ve stroji nachází nezávisle na AVN. Jak známo, jakékoliv mechanické konstrukce se vyznačují nízkou poruchovostí (vysokou spolehlivostí), oproti konstrukcím kde se užívá elektroniky, hydrauliky a jiných technických prostředků. Je tomu tak i v tomto případě. Zásobník se vyznačuje značnou spolehlivostí a téměř bezporuchovostí, na čemž si firma Fanuc zakládá.
- Jelikož se vřeteno ani zásobník nepohybuje v osách X a Y nedochází k potřebě přejíždět s vřetenem (v osách X a Y) do místa výměny.
- Zásobník je zkonstruován a naprogramován k tomu, aby vkládání nástrojů do zásobníku probíhalo co nejefektivněji. Zásobník má pozici pro založení nebo vyjmutí nástroje odkloněnou o 90° od vřetene (Obr. 4.23). Nástroj tedy nemusí být zakládán přes vřeteno, ale lze také vložit jednoduše, ručně přes vybírací místo.
- Jako zajímavost lze uvést, že označení BBT na zásobníku nástrojů (Obr. 4.22) znamená, že stroj je schopen upnout nástrojový držák BT, který se upíná nejen za kužel, ale i za opěrné čelo držáku nástroje.

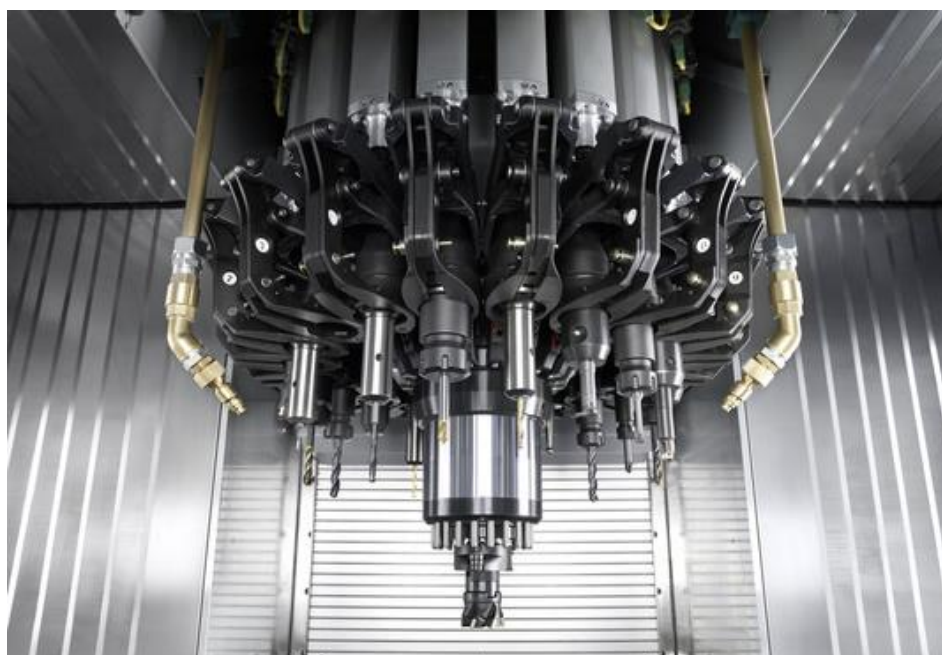
### *Nevýhody*

- I přes svou výjimečnou konstrukci našel zásobník uplatnění pouze v odvětví, kde je potřeba pouze malá škála nástrojů a nejedná se o tzv. silové obrábění. Převážně se jedná o výrobu hliníkových dílů ve velkosériové výrobě.



### Chiron – Basket toolchanger [Košový výměník nástrojů]

Nástroje u tohoto zásobníku jsou umístěny neobvykle kolem vřetena stroje, v jeho těsné blízkosti. Tím pádem jsou nástroje vystaveny vedlejším vlivům obrábění, jako třeba odletujícím třískám, rozprašující se řezné kapalině apod. Navzdory tomu jsou normalizované stopky nástrojových držáku právě nepoužívaného nástroje bezpečně uloženy do ochranných pouzder, které tyto vlivy eliminují. Ovlivněn zůstává pouze nástroj. Umístění nástrojů kolem vřetena dovoluje každému z nich mít relativně velký průměr. Mezi další výhody umístění nástrojů patří především to, že si vřeteno nese zásobník vždy s sebou a tudíž nemusí najíždět k zásobníku do referenční polohy pro výměnu nástroje, ale pouze najede na bezpečnou výšku pro jeho výměnu (viz obr. 4.25).



**Obr. 4.25:** Basket tool changer [Chiron] [35]

Každý z nástrojů má svůj vlastní výměník, který je sestaven z pneumatického pohonu a kinematického pákového mechanismu (uspořádání lze vidět na obr. 4.26). Toto je značnou výhodou, protože žádný z volaných nástrojů nemusí najíždět na referenční polohu pro výměník, či vřeteno. Lze konstatovat, že nástroj se neustále nachází na referenční poloze pro výměnu nástroje. Jinak řečeno, nalezení nástroje, který má být vyměněn trvá přesně 0,1 sekund! Dále zajišťuje pneumaticky poháněný mechanismus velmi rychlou výměnu a to konkrétně v čase 0,5 sekundy, čímž se firma Chiron stala v oblasti rychlosti automatické výměny nástroje mezi zásobníkem a vřetenem světovou špičkou.

#### Princip výměny

Celý koš s nástroji se lineárně posune směrem dolů o délku, která je o něco málo delší, než upínací část nástrojové jednotky. Následně se nástroj přemístí za pomoci pneumatického pohonu a pákového kinematického mechanismu pod vřeteno. Koš s nástroji poté vyjede směrem nahoru a nástroj se upne do vřetena stroje. Výměník uvolní uchopení nástrojového

držáku a celá NJ se může volně točit. Jakmile je potřeba nástroj zaměnit, vřeteno se zastaví, výměník pevně uchopí nástrojovou jednotku a celý cyklus se opakuje.

Avšak je nutno být k novému řešení automatické výměny nástrojů přiměřeně kritický a nikoliv mít pouze pozitivní názor na koncepci. Lze zmínit i několik nevýhod, které s sebou nese tento zásobník nástrojů:

- Zásobník je umístěn přímo na vřetenu stroje, což zvyšuje hmotnost pohybující se části stroje nesoucí komponentu vřeteno. Jak je známo z Newtonových zákonů, během zrychlení pohybujících se hmot bude docházet, kvůli zvýšené hmotnosti tohoto konstrukčního uzlu k vyvíjení větších setrvačných sil, působících na konstrukci stroje.
- Jak již bylo zmíněno, každý z nástrojů má svůj vlastní mechanismus k výměně. Mnohonásobně se tím zvyšuje počet pohyblivých dílů zásobníku a zvětšuje se i riziko selhání, tedy snižuje se spolehlivost chodu nebo se zvětšují nároky na údržbu.

Rozměry nástroje, především jeho délka, mohou zasahovat do prostoru obrábění. Je nutno být velmi pozorný vůči kolizi nástroje s obrobkem.



**Obr. 4.26:** Pohled na kinematický pákový mechanismus výměníku nástroje [CHIRON-WERKE GmbH & Co. KG] [36]

#### 4.2.2 Zásobníky bez pohonu

Jedná se o typ zásobníku, ve kterém mají nástroje neměnnou (stacionární) polohu. Výměna probíhá za pomoci manipulátoru, výměníku, nebo průmyslového robotu. Od zásobníku s pohonem se liší tím, že manipulátor nebo průmyslový robot musí být schopen přijet na všechny pozice uložených nástrojů a nejen do jedné referenční polohy. Tomuto popisu odpovídají tzv. zásobníky regálové.

## Regálový zásobník

Regálový zásobník rozhodně patří mezi velkokapacitní zásobníky. Dokáže pojmout tolik nástrojů, kolik mu dovolí zástavbový prostor kolem stroje. Avšak zásobník s vysokým počtem úložných míst musí najít své upotřebení. Nesmí se zapomínat, že vybavení stroje mnoha nástroji stojí značné finanční prostředky. S velkou kapacitou jde ruku v ruce i velký zástavbový prostor zásobníku. Je tedy odvislé od konstruktéra, jak dokonale využije prostor vůči počtu úložných míst nástrojů. Jejich konstrukce může být velice různorodá. Lze je však rozdělit dle stavby na:

- plošný – deskové provedení (horizontální)  
– obr. 4.27
- skříňový (box) – hřebenové a policové provedení (vertikální)  
– obr. 4.28; obr. 4.29

Plošným regálovým zásobníkem je myšleno uložení nástrojů v jedné úrovni – hladině. Nástroje bývají převážně uloženy do obdélníku či čtverce, ale lze je také uložit do soustředných kružnic. Uchycení nástrojových jednotek je konstruováno tak, aby normalizované držáky nástrojů byly situovány směrem nahoru. K uchycení nástrojových jednotek v zásobníku se užívá čelistí, nebo přípravků. Zástavba horizontálního regálového zásobníku vyplňuje celou půdorysnou plochu, proto bývá použit nástrojový manipulátor portálové konstrukce, nebo je takové konstrukce, která svůj manipulační efektor dokáže nastavit do vhodné pozice nad libovolným nástrojem, aniž by manipulátor zasahoval do půdorysu.



**Obr. 4.27:** Regálový zásobník plošného provedení s portálovým manipulátorem nástrojů [Hüller Hille] [37]

Skříňovým regálovým zásobníkem je myšleno víceúrovňové uložení nástrojů. Osa uložené nástrojové jednotky může být v poloze horizontální, vertikální, nebo nakloněné. Podle toho se mění i tvar uložení nástrojů v zásobníku.

Jestliže je osa uloženého nástroje v zásobníku v horizontální poloze, používá se pro uchycení nástrojové jednotky hřebenů sestavených z čelistí, nebo přípravků čelist připomínajících. Hřebeny jsou následně sestaveny, aby tvořily jednotnou „stěnu“ úložných míst (obr. 4.28). Manipulátor u tohoto provedení zásobníku uchopuje nástrojovou jednotku za její držák a přemísťuje nástroj do referenční polohy pro výměník nástrojů.



**Obr. 4.28:** „Stěny“ úložných míst sestavených z hřebenů [RILE Group] [38]

Jestliže je osa uloženého nástroje ve vertikální nebo lehce odkloněné poloze, používá se pro uchycení nástrojové jednotky polic s kapsami, nebo přípravky, jenž jsou vidět na obr. 4.29 (uložení vlastní vahou). Police s úložnými otvory jsou následně sestavovány do různých zástaveb. Zástavby mohou mít rozdílné tvary, vzhledem k maximálnímu využití poskytnutého prostoru kolem stroje, např. zástavba polic do obdélníku, čtverce, půlkruhu, n-úhelníku atd. Dle tvaru a rozměrů zástavby se následně volí mezioperační uzel (mezistupeň), který musí nástroj dopravit k výměníku nástrojů, či samotnému vřetenu. Daným mezioperačním uzlem může být průmyslový robot ukotvený k podlaze, průmyslový robot s lineárním pojezdem nebo manipulátor vhodné konstrukce. Manipulátor u tohoto provedení uchopuje nástrojovou jednotku za drážku v držáku nástroje a přemísťuje nástroj do přípravné (referenční) polohy téhož výměníku. Půdorysná plocha zásobníku, vzhledem k počtu uložených nástrojů, je menší než při použití zásobníku horizontálního.

Jednotlivé konstrukce regálových zásobníků se pak odvíjejí od požadavků na délku, průměr, hmotnost a počet nástrojů. Vůči velké prostorové zástavbě by měl i čas výměny nabývat nepříznivých hodnot, avšak není tomu tak.

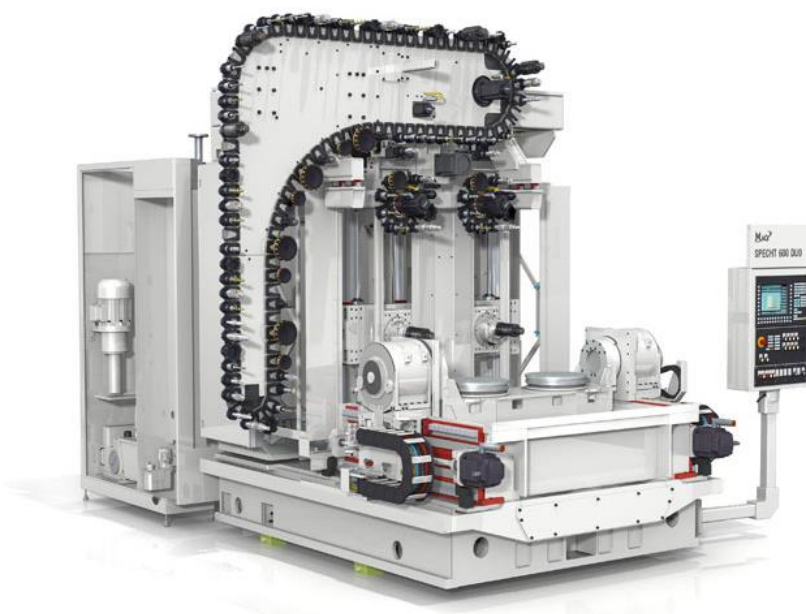
Jako jednotící a obecný poznatek vyplývající z analýzy stavu uvedeného v této kapitole je jasné, že nástroj požadovaný k následné operaci se manipulátorem připraví do referenčního místa výměny v době, kdy předchozí nástroj pracuje. Tento způsob vzájemného působení zásobníků nástrojů s vlastním obráběcím strojem se tedy může objevit u všech typů skladovacích zásobníků, čímž se stává jejich společným znakem.



**Obr. 4.29:** Regálový zásobník [TOS Kuřim – OS, a. s.]

### 4.3 Zásobníky kombinované

Za zásobníky kombinované jsou považovány především ty, které použijí více koncepcí, než jednu z výše zmíněných koncepcí, resp. typů zásobníků.



**Obr. 4.30:** Kombinace řetězového zásobníku o střední kapacitě a dvou malokapacitních bubnových zásobníků, užitých jako podavačů nástrojů [MAG IAS GmbH] [39]

#### Možné kombinace jsou:

- zásobník nosný – zásobník skladovací (malokapacitní)
- zásobník se střední, nebo malou kapacitou – zásobník velkokapacitní (obr. 4.30)
- systém centrálního zásobníku (velkokapacitní zásobník sloužící pro více strojů)

Tento typ konstrukce se vynašel za účelem zkrácení vedlejších časů, při potřebě používat mnoha nástrojů během obráběcího procesu. Zásobník o větší kapacitě nám umožní mít velkou škálu nástrojů a zásobník o menší kapacitě (samozřejmě i menších rozměrech) může být v bezprostřední blízkosti vřetene stroje, což zajistí rychlou výměnu nástroje. Manipulátor nástrojů vždy předchystá nástroje z velkokapacitního zásobníku nástrojů do zásobníku o menší kapacitě. Tento děj je prováděn paralelně s obráběcím procesem, a tudíž neprodlužuje vedlejší časy obrábění.

## 5 ZPŮSOB VÝMĚNY NÁSTRJOVÝCH JEDNOTEK

Každá automatická výměna nástroje je charakterizována typem zásobníku a především tím, jak je požadovaná výměna provedena. V této kapitole budou popsány různé druhy řešení. Možnosti řešení jsou závislé na mnoha parametrech, kterými mohou být: velikost zástavby, druh spolupracujícího zásobníku, způsob uchycení v zásobníku, vzdálenost nástroje od vřetene stroje atd.

V soudobé praxi se můžeme v souvislosti s typem výměny setkat s celkem běžně používanými pojmy, jako jsou výměník nástrojů a manipulátor nástrojů. Na první pohled se zdá, že jde o synonyma, ale autor této bakalářské práce by na tomto místě rád ujasnil rozdíly mezi oběma pojmy, dle jeho dosavadních znalostí a zkušeností:

Výměník nástrojů (dále i ve zkratce VN) – jednoúčelové strojní zařízení (jednodušší prostorový kinematický mechanismus s pohony (souvisí s počtem stupňů volnosti) nacházející se v těsné blízkosti vřetene, který má za úkol přímou záměnu nástroje mezi zásobníkem a vřetenem stroje. Obvykle je konstruován jako dvojramenný, otočný mechanismus s možností lineárního výsuvu v jednom směru (směr osy rotace). VN je zachycen na obrázku 5.1 a) a 5.1 b).



**Obr. 5.1 a):** Dvouramenný výměník nástrojů [KOVOSVIT MAS, a.s.]



**Obr. 5.1 b):** Dvouramenný výměník nástrojů [DMG MORI]

Manipulátor nástrojů – jednoúčelové strojní zařízení (složitější kinematický mechanismus s pohony), jež se může vzdalovat do větší vzdálenosti od vřetene. Většina manipulátorů má více stupňů volnosti než výměník a také složitější konstrukci. Toto samočinné zařízení tedy obstarává manipulaci s nástrojovou jednotkou na vzdálenějších a složitějších trajektoriích mezi vřetenem a zásobníkem nebo též mezi zásobníkem a výměníkem nástrojů. Je-li manipulátor užit v soustavě kombinovaných zásobníku, může také sloužit pro přesun nástrojové jednotky z prvního zásobníku do druhého a naopak.

## 5.1 Vyjmi-uchop [pick-up]

Je to nejjednodušší způsob výměny. Vlastní výměnu nástroje obstará vřeteno, které si samo vyjme a uchopí nebo uvolní a odevzdá příslušnou nástrojovou jednotku dle požadavku obrábění součástí ve smyslu NC programu obráběcího stroje. Vřeteno samozřejmě musí být schopno přijet na pozici pro výměnu nástroje, a tudíž ve většině případů spolupracuje s malokapacitními zásobníky nástrojů. Tím, že výměnu nástroje obstarává vřeteno, které dokáže manipulovat pouze s jedním nástrojem, poněkud narůstá čas výměny až na hodnotu přibližně 5 sekund [1]. Během výměny se nástrojové jednotky nezaměňují, ale ukládají vždy na jejich výchozí pozici.

Průběh výměny, v kombinaci se zásobníkem nástrojů s pohonem, lze popsat takto:

- přiblížení vřetene s vloženou nástrojovou jednotkou k zásobníku nástrojů
- nastavení úložné pozice v zásobníku, kde byl nástroj před použitím odebrán
- uložení nástroje do jeho pozice v zásobníku
- odjetí vřetene nad držák nástrojů (lineární interpolace ve směru osy nástroje), kde nebrání pohybu zásobníku
- ustavení pozice v zásobníku, kde se nachází následující požadovaný nástroj, tak aby se osa nástroje i osa vřetene stala totožnou
- zpětné posunutí – pohyb vřetene ve směru osy nástroje a jeho uchopení
- vyjmutí nástroje ze zásobníku a přesun k obrobku

Průběh výměny, v kombinaci se zásobníkem nástrojů stacionárním (bez pohonu), lze popsat takto:

- přiblížení vřetene s vloženou nástrojovou jednotkou k úložnému místu, kde se nacházel používaný nástroj před jeho použitím
- odevzdání nástrojové jednotky do uložení
- posuv vřetene k požadovanému nástroji, tak aby se osa nástroje i osa vřetene stala totožnou
- posuv vřetene ve směru osy nástroje a jeho uchopení
- vyjmutí nástroje z uložení a přesun k obrobku

Pick-up výměna je ve spojení se stacionárním zásobníkem evidentně nejjednodušší způsob výměny nástrojů. Jedinou a již zmíněnou podmínkou je, že nástroje musí být umístěny v dosahu vřetene. Ovšem uložené nástroje samozřejmě nesmí být vystaveny nepříznivým



vlivům vznikajícím během obráběcího procesu, a tudíž nesmí být v bezprostřední blízkosti rezného procesu (kdy nástroj odebírá třísku reznými podmínkami) nebo musí být bezpečně zakrytovány. Tato podmínka samozřejmě platí i pro kombinaci se zásobníky s pohonem. Ke splnění všech těchto náležitostí se velice často používá bubnový zásobník na lineárním pojezdu, který se během AVN přiblíží k vřetenu (obr. 5.2)



**Obr. 5.2:** Bubnový zásobník nástrojů konstruován pro pick-up výměnu [40]

Při procesu obrábění musí být nástroje správně seřazeny v zásobníku, aby nedocházelo k časové prodlevě, která by byla tvořena nutným polohováním zásobníku – pohybem s nástrojem do požadované přípravné pozice k jeho výměně.

Nejčastější užití výměny způsobem pick-up se provádí ve spolupráci se zásobníky s pohonem, které jsou vybaveny čelistmi. Čelist umožňuje mít odhalený držák nástroje, tedy mít jej ze všech stran přístupný, což je nezbytná podmínka pro přímé chopení nástrojové jednotky do vřetene (pick-up).

## 5.2 Výměna pomocí výměníku nástrojů

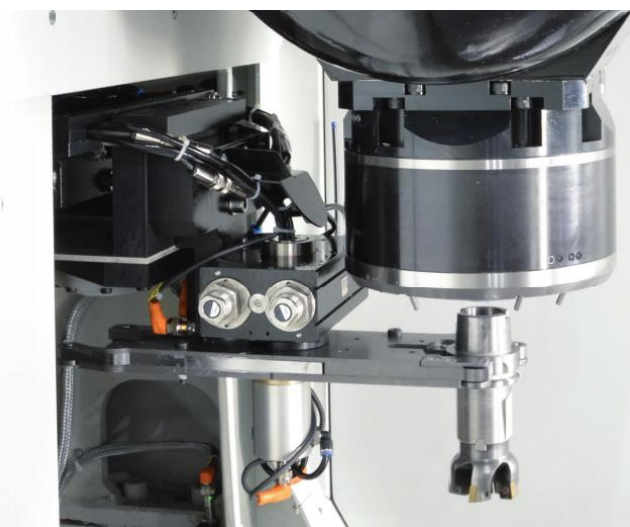
Je to způsob AVN, kde se užívá výměníku nástroje, jako zprostředkujícího členu mezi vřetenem a zásobníkem nebo vřetenem a manipulátorem nástrojů. Jak již bylo definováno v odstavci 3 kapitoly 5, VN je obvykle konstruován jako dvojramenný otočný mechanismus, s možností lineární výsuvy v jednom směru (směr osy rotace).

Ramena výměníku dle způsobu uchopení nástroje se dělí na dva typy[9]:

- zasekávající (častěji užívaný) – rameno obsahuje na každém konci otvor pro nástroj se zajišťovacím „palcem“, který lze vidět na obrázek č. 5.3. Nástroj je uchopen rotací ramene, kdy otočení překoná sílu zajišťovacího „palce“ a nástroj zaklesne do ramene.
- napichovací – rameno obsahuje na každém konci čelist. Rameno se otočí na požadovanou pozici pro výměnu nástroje a následně vysune čelist, která napíchne nástroj. Další variantou je, že nástroj napíchne samotný výměník svým posuvem. Tohoto typu výměníku, jenž je vidět na obrázku č. 5.4, užívá firma EDEL ve svém stroji Rotamill.

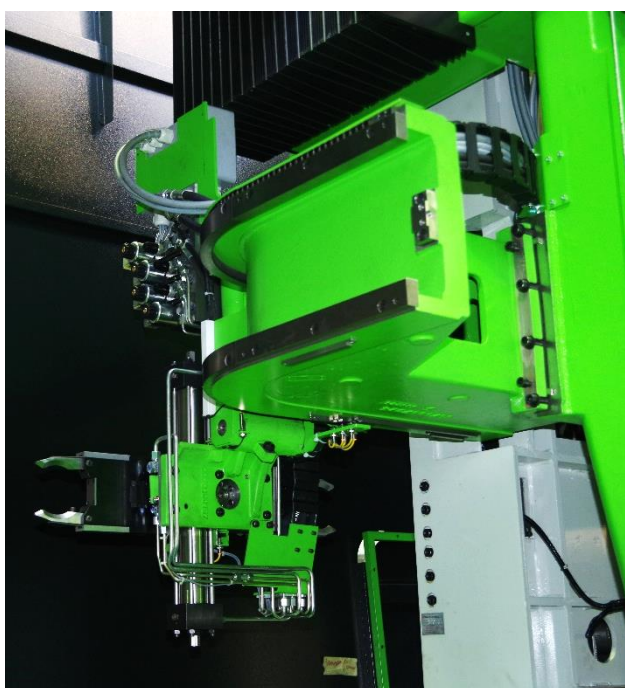


**Obr. 5.3:** Koncový efektor dvouramenného výměníku se zajišťovacím mechanismem [DMG MORI]



**Obr. 5.4:** Uchopení nástroje napichovacím způsobem [EDEL Rotamill] [41]

Úhel mezi rameny je ve většině případů  $180^\circ$ , ale lze najít i konstrukční řešení, u kterého je úhel mezi rameny menší, a to v případech, kde není osa nástroje ve vřetenu a osa nástroje v zásobníku nástrojů rovnoběžná. U větších strojů a strojů, které dokáží používat vícero typů vřetenových hlav, se výměník nástrojů obohacuje o lineární pojezdy a sklápěcí mechanismy. Na obr. 5.5 lze vidět VN uložený v kloubu a na lineárním vedení se zaoblením (rádiusem). Tyto konstrukční doplňky umožňují vyjmout a uložit nástroj v různých prostorových polohách.



**Obr. 5.5:** Uložení dvouramenného výměníku nástrojů [TOS Kuřim – OS, a. s.]

Průběh výměny u případu, kdy je vzdálenost os zaměňovaných nástrojů totožná jako vzdálenost středů čelistí ramen výměníku nástrojů, je možný popsat takto:

- najetí vřetene s uloženou použitou nástrojovou jednotkou do referenční polohy pro výměnu nástroje
- polohování zásobníku nástrojů tak, aby byl požadovaný nový nástroj v jeho referenční poloze pro výměnu
- otočení výměníku nástroje z výchozí polohy o  $90^\circ$  a uchopení obou nástrojů v jeden okamžik
- vysunutí VN o nutnou vzdálenost pro vysunutí nástrojového držáku z vřetene stroje (vyjmutí obou nástrojů)
- otočení VN o  $180^\circ$
- zpětné zasunutí VN, které umožní uchycení nového nástroje do vřetene a starého do zásobníku, v jeden okamžik
- otočení výměníku nástrojů o  $90^\circ$  zpět do výchozí polohy

Z průběhu výměny nástrojů za pomoci výměníku si můžeme povšimnout, že se nástroje navzájem tzv. prohodí (změní vzájemnou polohu), to se projevuje změnou pozice nástroje v zásobníku, aneb použitý nástroj se nevrací na svou výchozí polohu v zásobníku nástrojů a zásobníkem nástrojů tzv. putuje (je v pohybu). Tento efekt samozřejmě není žádnou přítěží pro CNC stroje, protože ty si automaticky přepisují pozice nástrojů dle svého NC programu.



**Obr. 5.6:** Mechanismus výměníku nástrojů [Pascal corporation] [42]

Rotace a výsuv výměníku nástrojů bývá zprostředkována dvěma cestami, a to [10]:

**Vačkami** – je užito dvou vaček na společné hřídeli, které jsou poháněny pouze jedním elektrickým motorem. Obvykle bývá jedna vačka radiální a má za úkol lineární výsuv ramene. Druhá vačka obvykle bývá globoidní a má za úkol otáčení ramene po jednotlivých úhlových krocích. Na obr. 5.6 je však uvedeno poněkud jiné řešení, spočívající v použití dvou globoidních vaček. Jedinou nevýhodou je obtížnost výroby, která vyplývá ze složité kinematiky vaček. Tuto nevýhodu lze minimalizovat sériovou výrobou, snižující náklady. Rovněž tak lze využít i nabídky koupě typizovaných globoidních vaček, například od výrobců MIKSCH GmbH, nebo Industrial Motion Control, LLC (CAMCO-FERGUSON). Jistá obtížná výroba vaček je však vyvážena mnoha kladnými aspekty. Mechanické zajištění pohybu ramene dává výměníku nástrojů dlouhou životnost a spolehlivost. Tento typ konstrukce je nenáročný na údržbu a v neposlední řadě zprostředkovává rychlou výměnu nástrojů. Převládající pozitivní vlastnosti a nesporné výhody výměníku nástrojů s vačkami, řadí tuto konstrukci mezi zdařilou a nejužívanější

**Oddělenými pohony** – rotace a lineární výsuv ramene jsou poháněny dvěma různými mechanismy. K lineárnímu výsuvu se užívá lineární pneumotor (válec) a k rotaci elektrický krokový motor, nebo servomotor. Nevylučují se ani různé modifikace při použití pouze elektromotorů a další různá řešení. Oddělení pohonu rotace od pohonu translace má za důsledek obtížnější synchronizaci vzájemné polohy pohybujících se os a jejich řízení. Vzájemnou vazbu mezi pohony zajišťují elektrické snímače polohy. Varianta s oddělenými pohony má další nedostatky, patří mezi ně: menší spolehlivost, vyšší nároky na údržbu, vyšší náklady a dokonce je zde možná kolize s nástroje s vřetenem při špatné synchronizaci pohybů.

Nejčastější užití výměny za pomoci výměníku nástrojů se provádí ve spolupráci se zásobníky s pohonem, které jsou vybaveny kapsami. Tomuto popisu odpovídají zásobníky bubnové a řetězové.

### 5.3 Výměna pomocí manipulátoru

Způsob AVN, který je úspěšně používán při potřebě přemístit nástrojovou jednotku na vzdálenější pozici, nebo po složitější trajektorii. Je to obvyklé řešení pro případ, kde samotný výměník nástrojů nedostačuje svou funkcí pro kvalitní obsluhu vřetene obráběcího stroje. Manipulátory se nejčastěji vyskytují při výměně nástrojů ze zásobníku regálového.

Manipulátor se používá při dvou kombinacích zařazení do AVN a to:

- zásobník – manipulátor – výměník – vřeteno
- zásobník – manipulátor – vřeteno

Jako manipulátor nástrojů je užit specificky definovaný jednoúčelový manipulátor daného výrobce obráběcího stroje. Nabývají mnoha rozličných konstrukcí a tudíž je poněkud obtížné je obecně popsat. Konstrukce se odvíjí od druhu obsluhovaného zásobníku, jeho nosnosti, délce pojezdů (zdvihy), počtu stupňů volnosti, rychlosti pohybu aj. Příklady provedení lze vidět na obr. 5.7, obr. 5.8 a obr. 4.27.

Při použití manipulátoru, ve spolupráci s výměníkem nástrojů, se používají pouze jedny čelisti na koncovém efektoru. Užití dvou čelistí je nadbytečné, protože téměř nikdy nenastane potřeba, aby měl efektor uchopen dvě nástrojové jednotky najednou (výjimky ovšem mohou potvrdit pravidlo). Záměnu „starého“ nástroje za „nový“ provede výměník. Oproti tomu, je-li manipulátor užit přímo pro vkládání nového nástroje do vřetene stroje, musí být na efektoru čelisti dvě (viz také popis v části „Průběh výměny při užití manipulátoru v soustavě: Zásobník-manipulátor- vřeteno“ a obr. 5.8).



**Obr. 5.7:** Manipulátor nasazený jako zakladač nástrojů do regálového zásobníku [SIDEPALSA] [32]



**Obr. 5.8:** Manipulátor spolupracující s regálovým zásobníkem [BURKHARDT+ WEBER Fertigungssysteme GmbH] [41]

Průběh výměny při užití manipulátoru v soustavě zásobník – manipulátor – výměník – vřeteno, lze popsat takto:

- najetí manipulátoru na pozici nového nástroje
- uchopení nového nástroje
- posuv manipulátoru do referenční polohy pro výměnu nástroje
- uskutečnění výměny nástroje, který byl popsán v kapitole 5.2 strana 51 (manipulátor dostane do uchopení použitý nástroj)
- posuv manipulátoru k místu v zásobníku, kde byl použitý nástroj uložen před obráběním
- uložení nástroje do zásobníku

Průběh výměny při užití manipulátoru v soustavě zásobník – manipulátor – vřeteno, lze popsat takto:

- najetí manipulátoru na pozici nového nástroje
- uchopení nového nástroje do prvních čelistí
- posuv manipulátoru k vřetenu stroje
- vyjmutí použitého nástroje z vřetena stroje druhými čelistmi
- uložení nového nástroje do vřetena stroje prvními čelistmi
- posuv manipulátoru k místu v zásobníku, kde byl použitý nástroj uložen před obráběním
- uložení nástroje z druhých čelistí do zásobníku

## **5.4 Výměna pomocí průmyslového robotu**

Průmyslový robot je univerzální, sériově vyráběný samočinně pracující automatizační nebo výrobní prostředek, který lze poměrně jednoduše zakomponovat jako mezičlánek do AVN. Na trhu je celá škála nabídky průmyslových robotů a tudíž si příslušný konstruktér AVN může vybrat potřebný typ průmyslového robotu, v závislosti na jeho nosnosti, rozměrech, počtu stupňů volnosti, opakovatelné přesnosti polohy, velikosti pracovního prostoru atd. Půdorysná plocha, potřebná pro ustavení průmyslového robotu k obráběcímu stroji je sice poněkud velká, avšak tato jistá nevýhoda je vyvážena dosahem ramen robotu (počet možných nástrojů obsluhovaných robotem).

Umístění průmyslového robotu je buď napevno (typicky stacionární robot), nebo na pojezdu. Pojezd může být ukotven k zemi, nebo k nosné portálové konstrukci [1], popřípadě ke stropu budovy, je tedy zavěšen. Rozšíření o pojezdovou jednotku (zvětšující pracovní prostor jinak stacionárního robotu) se využívá tehdy, když průmyslový robot obsluhuje více obráběcích strojů, nebo když je stroj či zásobník nástrojů značných rozměrů.

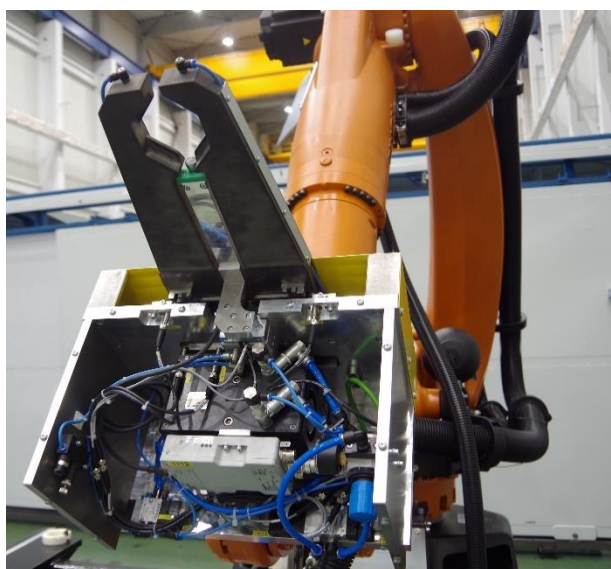
Příklad žádoucí úspory času na manipulaci s nástroji za použití průmyslového robotu s pojezdem, je jeho spolupráce s portálovou frézku s velmi rozměrným pracovním prostorem (typické výroby TOS Kuřim – OS, a. s. v Kuřimi; viz obr. 5.9). Portál frézky se nemusí vracet do referenční polohy pro výměnu nástroje. Průmyslový robot sleduje pohybující se portál frézky s již připraveným novým nástrojem a může jej vyměnit v jakékoliv poloze portálu dle požadavku technologie obrábění.



**Obr. 5.9:** Průmyslový robot firmy KUKA na lineárním pojezdu. V pozadí je patrný skladovací regalový zásobník [TOS Kuřim – OS, a. s.].

### Koncový efektor

Průmyslový robot nabývá svého významu jako automatický manipulátor nástrojů pochopitelně s upevněným koncovým efektem (obr. 5.10). Pod pojmem koncový efektor, v kontextu s AVN, si lze představit jako relativně samostatnou funkční část, která je umístěna na zápěstí robotu a má za úkol uchopování / uvolňování nástroje (nástrojů). Koncový efektor bývá různých konstrukčních provedení, ale jedno mají tyto konstrukce společné a to pneumaticky ovládané uchopovací čelisti (například typizované od firmy SCHUNK).



**Obr. 5.10:** Koncový efektor výroby TOS Kuřim – OS, a. s., umístěný na robotu KUKA

Průběh výměny při užití průmyslového robotu v soustavě zásobník – manipulátor – vřeteno:

Průběh je totožný, jako tomu je u manipulátorů i s podmínkou využití dvou čelistí – viz popis výše.

V případě užití průmyslového robotu v soustavě zásobník-manipulátor-vřeteno, lze také užít pouze jedné čelisti koncového efektoru, ale robot musí mít ve svém pracovním prostoru nejméně dvě odkládací – úložné místa. Z hlediska programování průmyslového robotu s cílem zajistit výměnu nástrojů bude jeho pracovní cyklus probíhat následovně:

- najetí robotu na pozici nového nástroje
- uchopení nového nástroje koncovým efektozem (chapadlem)
- vložení nového nástroje do prvního úložného místa
- pohyb ramene robotu k vřetenu stroje
- vyjmutí použitého nástroje
- vložení použitého nástroje do druhého úložného místa
- uchopení nového nástroje z prvního úložného místa
- vložení nového nástroje do vřetena stroje
- pohyb robotu na pozici v zásobníku, kde byl použitý nástroj uložen před obráběním
- uložení použitého nástroje



## 6 ZPŮSOB VÝMĚNY CELÉ VŘETENOVÉ HLAVY

Jedná se o automatickou výměnu, která nezahrnuje manipulaci s nástrojem. Vyměňují se přímo celé vřetenové hlavy. Tato potřeba vzniká se značnou tvarovou složitostí (komplexností) a velikostí obrobku nebo také, je-li to výhodnější pro technologii obrábění z hlediska snadnějšího přístupu nástrojů k obráběným plochám. Nastává tedy případ, kdy jedno vřeteno stroje nedostačuje a je zapotřebí užívat různé typy hlav (například prodloužené, úhlové, s více stupni volnosti aj.).

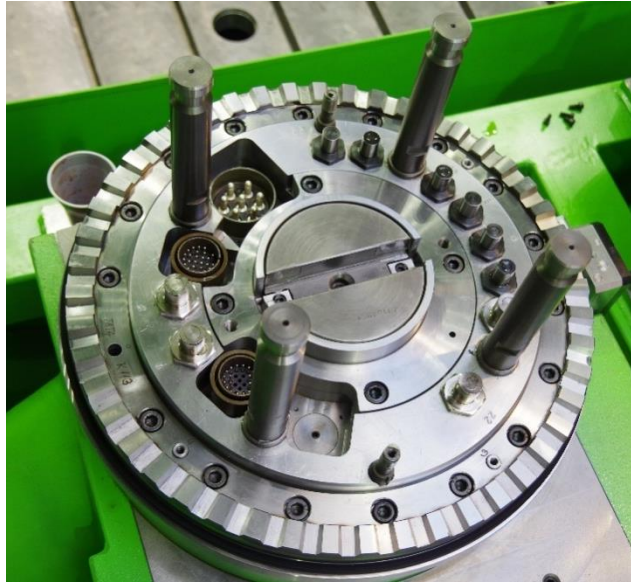


**Obr. 6.1:** Výměnné vřetenové hlavy a skladovací zásobník [TOS Kuřim–OS, a. s.]

### Výměnná vřetenová hlava (VVH)

Je relativně samostatná obráběcí jednotka, která představuje rozšíření technologických možností obráběcího stroje. VVH je vlastně poslední část kinematického řetězce na výstupní straně, tedy na vřetení (obr. 6.1). Pohon koncového vřetene VVH je umístěn přímo ve vlastní hlavě, nebo ve stroji. Její nejdůležitější vlastností je schopnost odnímatelnosti od stroje, což vyžaduje poměrně složitě tvarovanou přírubu vřetenové hlavy (obr. 6.2), včetně přívodů energií a kapalin (jako elektromechanického interface), tedy:

- pevné, přesné uchycení ke stroji
- přenos krouticího momentu z vřetene stroje (pro případ kdy není pohon v hlavě)
- přívod chladicí kapaliny, stlačeného vzduchu
- přísun elektrické energie a informací pro řízení dalších pohonů v hlavě



**Obr. 6.2:** Příruba výměnné vřetenové hlavy [TOS Kuřim–OS, a. s.]

### **Způsob výměny**

Výměna je provedena formou pick-up se všemi jejími náležitostmi a ve spolupráci se skladovacím typem uložení VVH. V praxi se často setkáváme s uložením vřetenové hlavy, které nejsou přímo dosažitelné stroji, ale jsou umístěny na otočných, nebo posuvných skladovacích místech. Toto uložení se uplatňuje, jestliže nelze umístit VVH v dosahu stroje, nebo jako opatření proti nečistotám vznikajících během obráběcího procesu.

## 7 PŘÍSLUŠENSTVÍ

Príslušenství jsou doplňky stroje, které značně pomáhají při přípravě nástrojů, než jsou zapojeny do obráběcího procesu. Zvyšují bezpečnost při provádění práce. Nezasahují přímo do AVN. Jedná se například o měřicí zařízení, čisticí stanice, různé druhy senzorů a kódování nástrojů.

### Měřicí zařízení

Slouží k měření geometrie nástroje, aby nedocházelo vlivem opotřebení řezných částí nástroje k nechtěným nepřesnostem ve výrobě součástek při vlastním obrábění. Používají se různé způsoby a principy měření, jako jsou např. optické, dotykové, laserové aj. Měřicí zařízení lze rozdělit na dva typy:

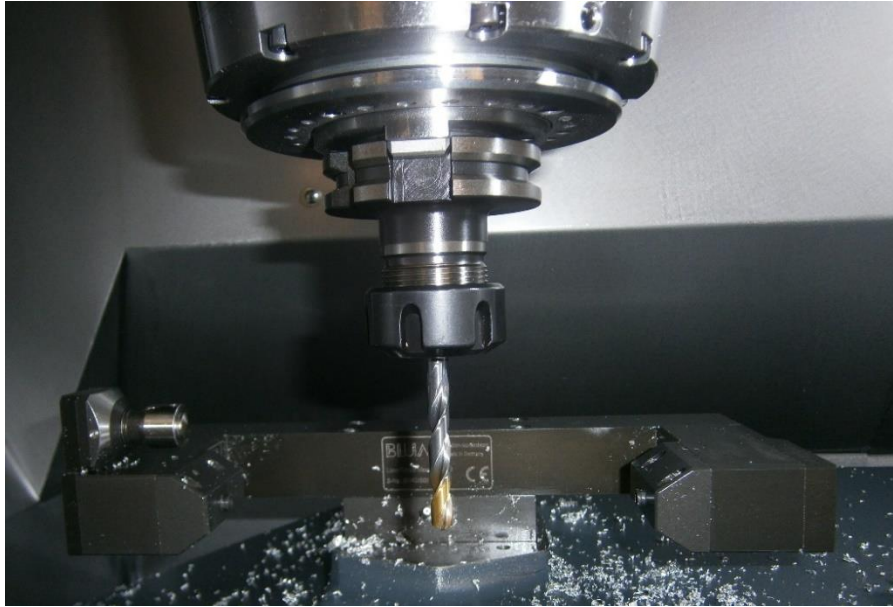
- externí (mimo stroj; obr. 7.1)
- ve stroji (integrováno do stroje; obr. 7.2)

Zařízení k měření geometrie nástroje se využívá při vkládání nového (ostrého) nástroje nebo pro kontrolu nástroje již používaného, tedy opotřebovaného. Měřicí zařízení dokáže s CNC strojem zcela bez potíží spolupracovat a komunikovat pomocí rozhraní a sběrnice. Měřicí zařízení zjistí sledované veličiny, poněkud přesnou délku a průměr nástrojů a hodnotu zapíše do databáze informací řídicího systému stroje.

Nástroje bývají měřeny jak při vkládání nového kusu nástroje, tak i po provedení operací obrábění, tedy jako postprocesní. Z toho důvodu bývají integrovaná měřicí zařízení často doplněna o přívod stačeného vzduchu, nebo řezné kapaliny. Média jsou následně použita k očištění nástroje, aby nedocházelo k nežádoucím chybám během měření. Na trhu jsou běžné dostupné měřidla, například od výrobců jako jsou Blum, Renishaw a Heidenhain.



**Obr. 7.1:** Externí seřizovací (měřicí) přístroj [BMD a.s.] [44]



**Obr. 7.2:** Bezkontaktní laserová sonda spolu s dotykovou sondou [Blum-Novotest GmbH]

### Čisticí stanice

Slouží k očištění držáku nástroje. Předchází se tím nepřesnosti upnutí nástrojové jednotky. K očištění se používá stlačeného vzduchu, proudu chladicí kapaliny, jemných kartáčů anebo kombinace vyjmenovaných způsobů.

Tyto stanice jsou používány převážně u bezobslužných pracovišť [1].

### Senzory přítomnosti nástroje

Slouží k předejití kolizi nástroje s nástrojem během AVN. Dává stroji informaci, zda se nástroj nachází na místě, kde jej stroj očekává (odkládací místo, výměník nástrojů, upínač ve stroji). Používají se senzory pneumatické, elektrické a optické [1]. Řešení lze vidět na obrázku 7.3.



**Obr. 7.3:** Řešení detekce přítomnosti nástroje [SANJET INTERNATIONAL Co., Ltd] [45]

## **Kódování nástrojů**

Slouží k identifikaci nástroje. Používá se RFID (Radio-frequency-identification; [identifikace na rádiové frekvenci]) datový nosič, který dokáže posílat signál a uchovávat parametry nástroje (název, délka, průměr, doba práce aj.). Datový nosič se umísťuje do držáku nástroje.

### ***Výhody:***

- dokonalý přehled o nástrojích (snižují se náklady na investice)
- kvalitní komunikace se strojem (přenášení geometrických údajů)
- nedochází k lidským chybám při práci s daty
- rychlost, časová úspora

### ***Nevýhody:***

- počáteční náklady jsou vyšší
- zvýšená kvalifikace obsluhy

Je však zřejmé, že nástrojové hospodářství je často značných rozměrů a tudíž je poměrně drahé, pak je vhodné investovat ze strany uživatele do kódování nástrojů, aby se snadno získal přehled o pohybu a opotřebovávání se jednotlivých nástrojů v procesu [11]. Rozhodnutí o investici záleží na zvážení jednotlivého uživatele (tj. vlastníka a provozovatele obráběcího stroje), zda se rozhodne pro systém kódování nástrojů, či nikoliv.



## 8 SUMARIZAČNÍ TABULKY VLASTNOSTÍ

V této sekci by autor rád uvedl několik možných řešení AVN a jejich základní vlastnosti. Pozorný čtenář této práce si tak může udělat přehled o aktuálních dostupných možnostech řešení, včetně vytvoření vlastního úsudku.

První sumarizační tabulka č. 2 bude pojednávat o nosných zásobnících a to konkrétně o nožových hlavách.

**Tab. 2)** Sumarizační tabulka nožových hlav

 <b>Obr. 8.1:</b> [46]	Výrobce zásobníku Název zásobníku Uložení nástroje Max. počet nástrojů Způsob výměny Čas výměny Nejbližší nástroj (60°) Každá následující pozice Odkaz na citaci	: Sauter : Série 0.5.320.025 : Na pevno : 8 : Otočení zásobníku (pro normální zatížení) : 1,4s <sup>1)</sup> : +0,65s : [47]
 <b>Obr. 8.2:</b> [48]	Výrobce zásobníku Název zásobníku Uložení nástroje Max. počet nástrojů Způsob výměny Čas výměny Nejbližší nástroj (90°) Každá následující pozice Odkaz na citaci	: Pragati : VTP-200 : Na pevno : 4 : Otočení zásobníku : 1,7s <sup>1)</sup> : +0,9s : [49]
 <b>Obr. 8.3:</b> [50]	Výrobce zásobníku Název zásobníku Uložení nástroje Max. počet nástrojů Způsob výměny Čas výměny Nejbližší nástroj (90°) Každá následující pozice Odkaz na citaci	: Duplomatic Automation srl : TRM-N 160 : Na pevno : 4 : Otočení zásobníku : 1,4s <sup>1)</sup> : +0,7s : [51]

<sup>1)</sup> Uvedený čas zaujímá uvolnění otočné části zásobníku, otočení o jednu pozici a následnou aretaci. S tím souvisí také rozběh a brzdění otočné části zásobníku.

<sup>2)</sup> Čas výměny sousedního nástroje.

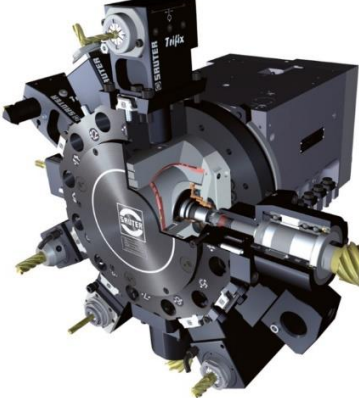
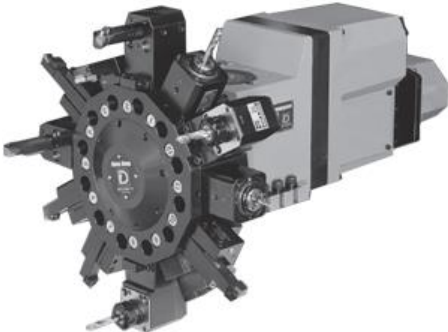
<sup>3)</sup> Při plném obsazení zásobníku.

4) Záleží na typu robota.

5) Záleží na specifikacích.

Následující sumarizační tabulka č. 3 bude pojednávat o nosných zásobnících a to konkrétně o zásobnících revolverových.

**Tab. 3)** Sumarizační tabulka revolverových hlav

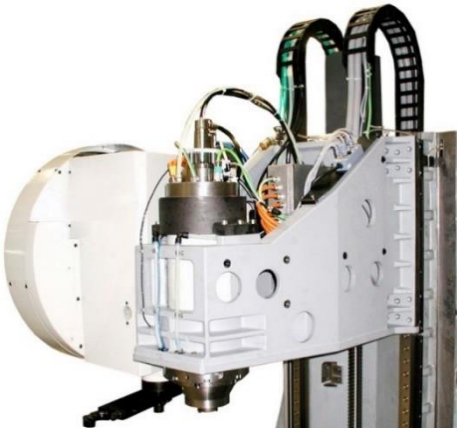
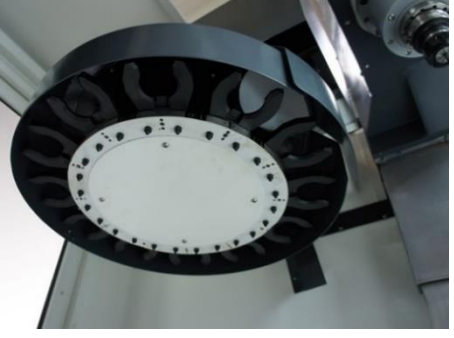
 <p><b>Obr. 8.4:</b> [52]</p>	<p>Výrobce zásobníku : Sauter            Název zásobníku : Série 0.5.437.220            Uložení nástroje : Na pevno            Poloha nástroje : Na obvodu ot. disku            Max. počet nástrojů : 12            Způsob výměny : Otočení zásobníku            Čas výměny :            Nejbližší nástroj (30°) : 0,43s<sup>1</sup>            Každá následující pozice : +0,08s            Odkaz na citaci : [53]</p>	
 <p><b>Obr. 8.5:</b> [54]</p>	<p>Výrobce zásobníku : Pragati            Název zásobníku : DST-100            Uložení nástroje : Na pevno            Poloha nástroje : Na čele ot. disku            Max. počet nástrojů : 12            Způsob výměny : Otočení zásobníku            Čas výměny :            Nejbližší nástroj (30°) : 0,35s<sup>1</sup>            Každá následující pozice : +0,09s            Odkaz na citaci : [55]</p>	
 <p><b>Obr. 8.6:</b> [56]</p>	<p>Výrobce zásobníku : Duplomatic            Automation srl            Název zásobníku : SM-BR-20-D1-12-320-40/30-A1L1            Uložení nástroje : Na pevno            Poloha nástroje : Na obvodu ot. disku            Max. počet nástrojů : 12            Způsob výměny : Otočení zásobníku            Čas výměny :            Nejbližší nástroj (30°) : 0,52s<sup>1</sup>            Každá následující pozice : +0,06s            Odkaz na citaci : [57]</p>	

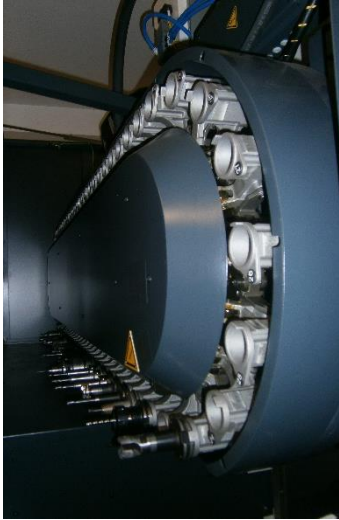


 <p><b>Obr. 8.7:</b> [58]</p>	<p>Výrobce zásobníku : Sauter          Název zásobníku : 0.5.170.120          Uložení nástroje : Na pevně          Poloha nástroje : Korunový tip          Max. počet nástrojů : 6          Způsob výměny : Otočení zásobníku          Čas výměny (pro normální zatížení) : 0,79s          Nejbližší nástroj (60°) : +0,12s          Každá následující pozice : +0,12s          Odkaz na citaci : [24]</p>	
--	--	--

Finální sumarizační tabulka č. 4 bude pojednávat o skladovacích zásobnících.

**Tab. 4)** Sumarizační tabulka skladovacích zásobníků

 <p><b>Obr. 8.8:</b> [59]</p>	<p>Výrobce stroje : TAJMAC-ZPS, a.s.          Název stroje : MCFV 1260          Uložení nástroje : Kapsa          Druh držáku nástroje : ISO 40/ISO 50 (HSK 80)          Zásobník : S pohonem, bubnový          Max. počet nástrojů : 24          Způsob výměny : Výměnkem nástrojů          Max. hmotnost nástroje : 15kg          Max. průměr nástroje : 110mm          Max. délka nástroje : 300mm          Čas výměny nástroje : 4,5s          Odkaz na citaci : [60]</p>	
 <p><b>Obr. 8.9:</b> [61]</p>	<p>Výrobce stroje : Optimum Maschinen          Germany GmbH          Název stroje : OPTImill F 105          Uložení nástroje : Čelist          Druh držáku nástroje : BT 40          Zásobník : S pohonem, bubnový          Max. počet nástrojů : 12          Způsob výměny : PICK-UP          Max. hmotnost nástroje : 6kg          Max. průměr nástroje : 104mm          Max. délka nástroje : 300mm          Čas výměny nástroje : 7s          Odkaz na citaci : [62]</p>	



**Obr. 4.19:**

Výrobce stroje	: DMG Mori
Název stroje	: DMU 85 monoBLOCK
Uložení nástroje	: Kapsa
Druh držáku nástroje	: SK40/CAT40//HSK-A63
Zásobník	: S pohonem, řetězový
Max. počet nástrojů	: 180
Způsob výměny	: Výměníkem nástrojů
Max. hmotnost nástroje	: 8kg
Max. průměr nástroje	: 160mm
Max. délka nástroje	: 365//420mm
Čas výměny	
Chip - to - chip	: 5,9s
Odkaz na citaci	: [63]



**Obr. 8.10:** [64]

Výrobce stroje	: Haas Automation Inc.
Název stroje	: Super Mini Mill 2
Uložení nástroje	: Čelist
Druh držáku nástroje	: ISO 40
Zásobník	: S pohonem, bubnový
Max. počet nástrojů	: 10
Způsob výměny	: PICK-UP
Max. hmotnost nástroje	: 5,4kg
Max. průměr nástroje	: 89mm
Čas výměny	
Tool - to - tool	: 3s
Chip - to - chip	: 3,8s
Odkaz na citaci	: [65]



**Obr. 8.11:** [66]

Výrobce zásobníku	: DEMMELER Maschinenbau GmbH & Co. KG
Uložení nástroje	: Přípravek
Druh držáku nástroje	: Volitelný z běžně dostupných
Zásobník	: Bez pohonu, regálový, skříňový
Max. počet nástrojů	: Do cca. 500
Způsob výměny	: Průmyslovým robotem
Max. hmotnost nástroje	: až do 150kg <sup>4)</sup>
Max. průměr nástroje	: Až do 400mm
Max. délka nástroje	: Až do 1500mm
Čas výměny	: cca. 5s <sup>5)</sup>
Odkaz na citaci	: [67]

 <p><b>Obr. 8.12:</b> [68]</p>	<p>Výrobce zásobníku Uložení nástroje Druh držáku nástroje Zásobník Max. počet nástrojů Způsob výměny Max. hmotnost nástroje Max. průměr nástroje Max. délka nástroje Čas výměny Tool - to - tool Odkaz na citaci</p>	<p>: GIFU ENTERPRISE Co., Ltd. : Kapsa : - : S pohonem, řetězový : 32 : Výměňníkem nástrojů : 15kg : 127mm<sup>3)</sup> : 350mm : 2,5s : [68]</p>
 <p>8 – zásobník 7 – vřeteno <b>Obr. 8.13:</b> [69]</p>	<p>Výrobce stroje Název stroje Uložení nástroje Druh držáku nástroje Zásobník Max. počet nástrojů Způsob výměny Max. hmotnost nástroje Max. průměr nástroje Max. délka nástroje Čas výměny Tool - to - tool Odkaz na citaci</p>	<p>: KOVOSTVIT MAS, a.s. : MCV 754 QUICK : Kapsa : ISO 40 : S pohonem, bubnový : 24 : Výměňníkem nástrojů : 6,5kg : 75mm : 250mm : 3s<sup>2)</sup> : [70]</p>
 <p><b>Obr. 5.8:</b> [46]</p>	<p>Výrobce zásobníku Název stroje Uložení nástroje Druh držáku nástroje Zásobník Max. počet nástrojů Způsob výměny Max. hmotnost nástroje Max. průměr nástroje Max. délka nástroje Čas výměny Odkaz na citaci</p>	<p>: BURKHARDT + WEBER Fertigungssysteme GmbH : MCT 900 : Čelist/přípravek : Volitelný z běžně dostupných : Bez pohonu, regálový, vertikální (hřebenový) : Až 608 : Manipulátorem : Až do 60kg : Až do 1200mm : cca. 8s<sup>5)</sup> : [41]</p>



**Obr. 8.14:** [71]

Výrobce stroje	: INDEX-Werke GmbH & Co. KG
Název stroje	: INDEX R300
Uložení nástroje	: Čelist
Druh držáku nástroje	: HSK-T63
Zásobník	: S pohonem, řetězový
Max. počet nástrojů	: 70/140
Způsob výměny	: Výměníkem nástrojů
Max. hmotnost nástroje	: 5kg
Max. průměr nástroje	: 70mm <sup>3)</sup>
Max. délka nástroje	: 300mm
Čas výměny	
Chip - to - chip	: 6s
Odkaz na citaci	: [71]

## 9 DÍLČÍ ZÁVĚR (AVN)

S problematikou automatické výměny nástrojů se bude potýkat každý uživatel soudobých CNC strojů. Je tedy důležité pro každého vlastníka a provozovatele tohoto stroje položit si otázku, jaké řešení AVN bude nejlépe odpovídat jím používané technologii, v interních podmínkách jeho výroby ve firmě. Seřazení požadavků na AVN je subjektivní, avšak je známo, že převážná většina uživatelů CNC strojů řadí na první místo čas výměny nástroje. To je celkem pochopitelný požadavek, poněvadž zkracování hlavních a vedlejších časů není novým trendem, je však stále sledovaným. Dle autora pak sestupně přichází požadavky na spolehlivost, přesnost výměny a kapacitu počtu nástrojů (v tomto pořadí).

Výhody a nevýhody jsou u jednotlivých provedení AVN navzájem rozdílné a díky rozsáhlé nabídce řešení si lze jednoduše vybrat z poměrně široké nabídky. Například při velkosériové výrobě jednoduchých součástek, i při použití malého počtu nástrojů, se bude požadovat rychlá výměna NJ, a tudíž logicky padne volba na bubnový zásobník s výměníkem nástrojů, nebo na jeden ze speciálních zásobníků (viz kapitola 4.2.1. D). Naopak při složité výrobě jednotlivých dílů se zvolí spíše velkokapacitní zásobník, kterým může být řetězový, násobný diskový, regálový apod. Je také zřejmé, že v současnosti se běžně vyrábí a prodávají obráběcí stroje v sestavě, jakou si přeje zákazník, čemuž obchodníci ve firmách říkají custom product. A výrobce právě na přání zákazníka, jež předloží svůj požadavek na základní provedení stroje nebo zvláštní a také na výbavu a příslušenství, výrobce navrhne použití i optimální AVN. Tímto přístupem se otevírají mnohá řešení přímé spolupráce AVN s výrobou.



## 10 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA OBROBKŮ

Automatická výměna obrobků je soustava konstrukčních uzlů, které jako celek zajišťují dopravu, manipulaci, polohování, upnutí a uskladnění obrobku. Celý cyklus, jak již název napovídá, probíhá v automatickém režimu (bez zásahu člověka). Vsazení AVO do pracovního procesu přímo ovlivňuje výrobní přesnost a cenu výsledného výrobku. Z těchto důvodů jsou kladeny tyto požadavky:

- minimální čas výměny obrobku
- přesné umístění obrobku vůči souřadnému systému stroje
- vysoká míra spolehlivosti
- možnost přizpůsobit AVO na různé typy obrobků (hmotnost, velikost, tvar atd.)
- prostorově úsporné řešení
- možnost spolupráce s vícero stroji





## 11 ŘEŠENÍ AVO

Během výměny obrobku samozřejmě stroj nepracuje a vytváří se neproduktivní čas. Této čas značně snižuje využitelnost stroje a zvyšuje cenu výsledného výrobku. Platí, že čím je pořizovací cena stroje vyšší, tím větší jsou i ztráty vznikající prodlevou mezi jednotlivými výměnami obrobků [1]. Poté je u všech strojů kladen důraz na výrazné zkrácení tohoto času.

Konstrukce jednotlivých provedení AVO se odvíjí od tvaru, velikosti a hmotnosti obrobků, druhu obrábění, možností stroje atd. Škála zastoupení rozličných možností provedení je však na trhu velice široká a každý si zde najde to správné technologické provedení AVO pro jeho typ obrobků.

I přes rozsáhlou škálu konstrukčních provedení je v soudobé praxi nejvíce dominantní řešení za pomoci technologických palet, o kterém bude zmínka v podkapitole 11.5.

### 11.1 Dlouhotočné automaty

Jedná se o automatizovanou výrobu rotačních součástí na soustružnickém centru vybaveném posuvným vřeteníkem. Právě posuvný vřeteník umožňuje přisun materiálu do řezu, a tudíž zajišťuje automatickou výměnu obrobku.

#### Konstrukce

Posuvný vřeteník – je část stroje uložená na valivých hnízdech s možností přímočarého vratného pohybu v jedné ose, který mu umožňuje přivádět materiál do místa obrábění. Tento pohyb se nazývá zdvih vřeteníku. Posuvný vřeteník obsahuje duté vřeteno spolu s upínačem a kleštinou. Kleština pevně upne materiál a přenáší na něj točivý moment z vřetene stroje [12].

Vodící pouzdro – svým provedením vysoce připomíná kleštinu. Je uloženo v límci stroje, který odděluje vřeteníkový prostor od prostoru obráběcího. Má možnost mechanického přenastavení, aby těsně obepínalo materiál. Funguje tedy jako velmi těsná luneta a částečně i jako upínač. Do strojů se vkládá i s možností pohonu.

– k dosažení vysoké rozměrové přesnosti musíme do stroje vkládat polotovary přesných rozměrů (přesnost h9 a vyšší). V případě nepřesného polotovaru může být mechanické vodící pouzdro nahrazeno pneumatickým. U tohoto pouzdra lze jeho rozměry přizpůsobit naprogramováním [12].



**Obr. 11.1:** Řešení AVO u dlouhotočných automatů [10]

## Princip

Polotovár (tyč kulatého, čtvercového, nebo šestihřanného průřezu) je vložen přes dutinu posuvného vřeteníku a vodícího pouzdra až do prostoru stroje. Kleština za pomoci upínače pevně jej pevně sevře a vřeteník roztočí. Posuvný vřeteník následně dle potřeby posouvá materiál dále do řezu (do prostoru stroje). Při dosažení krajní polohy zdvihu vřeteníku se kleština uvolní a poháněné vodící pouzdro udržuje polotovár v potřebných otáčkách. Posuvný vřeteník dojde na vzdálenější krajní úvrať svého posuvu, opět upne přes kleštinu polotovár a dále pokračuje s přisouváním materiálu do řezu [12].

Náhled na posuv obrobku a provedení AVO u dlouhotočných automatů dává obrázek č. 11.1.

Velice často je přidružen ke stroji podavač tyčí. Tento podavač zastává funkci zásobníku polotovarů a podavače. Lze přizpůsobit na různé průměry polotovarů. Realizace řešení lze vidět na obr. 11.2.



**Obr. 11.2:** Dlouhotočný automat s přidruženým podavačem [Haas Automation, Inc.] [72]

## 11.2 Volně se pohybující obrobek

Samotný název zcela vystihuje podstatu tohoto řešení. Obrobek, nebo polotovár se pohybuje mezi jednotlivými operacemi samostatně. Polohování obrobku mezi operačními uzly zajišťuje jednoúčelový výměník, manipulátor, nebo průmyslový robot (kapitola č. 12). Operačním uzlem chápeme například obrábění, měření, uskladnění aj. Toto řešení lze najít u rotačních i skříňových obrobků.

Nepřítomnost jakékoliv normalizované plochy pro upínání značně zvyšuje počet požadavků na přemisťovaný obrobek. Ten musí splňovat následující požadavky na manipulovatelnost (pořadí bez nároku na důležitost) [1]:

- upnutí volného obrobku je jednoduché (realizovatelné automaticky) s dostatečnou přesností
- prostorová orientace obrobku pro upnutí v upínací soustavě na stroji je jednoduchá
- obrobek obsahuje plochy, které v jednom okamžiku umožňují uchopení v koncovém efektoru Manipulátoru a zároveň v upínacím mechanismu na stroji

- pokud existuje další požadavek na zorientování obrobku (vzhledem k nějaké význačné rovině, vztažnému prvku, na součástce je orientační otvor atd.), je i tato orientace jednoduchá a automatizovatelná
- obrobek je dostatečně tuhý a upínání přímo ve stroji se nedeformuje
- obrobek je prostředky automatizace efektivně uskladnitelný, uchopitelný, přemístitelný z odkládacího místa (meziskladu, zásobníku) do obráběcího stroje
- rychlost uchycení obrobku manipulátorem, orientace obrobku, jeho upnutí atd. jsou pro potřeby obrábění dané produkce dostatečné
- není nezbytná komplikovaná identifikace obrobku (např. jde stále o tentýž obrobek)

Z výše uvedených podmínek je jasné, že spolupráce mezi manipulačním a upínacím uzlem musí být bezchybná a to samozřejmě bez zásahu člověka. Ke splnění podmínky automatizace je podstatné, aby i upínací zařízení ve stroji bylo plně automatické. V praxi je užíváno následujících metod upínání:

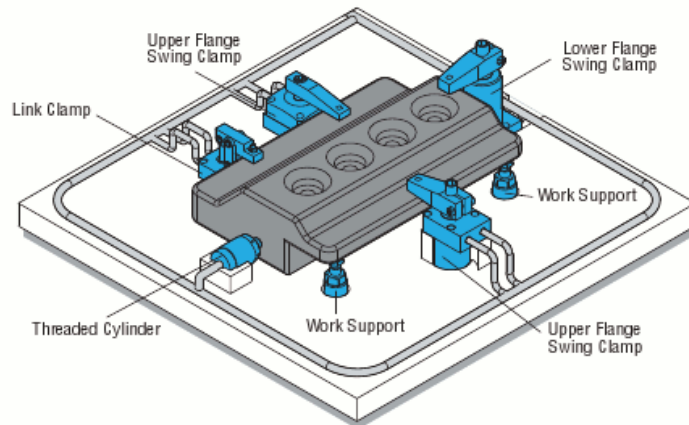
- pneumatické – obr. 11.3
- elektromagnetické – obr. 11.4
- hydraulické – obr. 11.5
- vakuové – obr. 11.6



**Obr. 11.3:** Pneumaticky ovládaný svěrák [SCHUNK GmbH & Co. KG] [73]

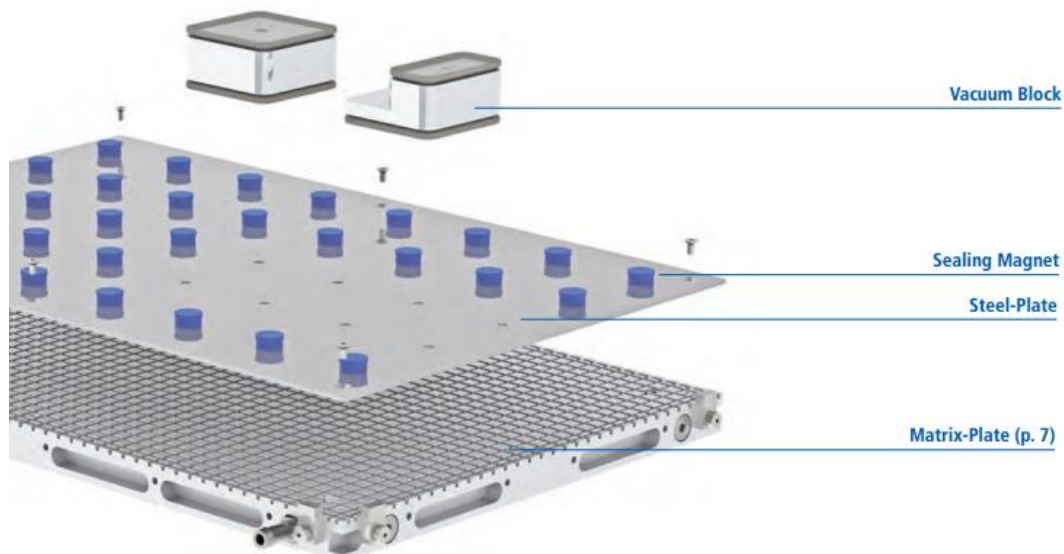


**Obr. 11.4:** Elektro magnetická upínací deska [Realpower Magnetic Industry Co.,limited.] [74]



**Obr. 11.5:** Možné řešení hydraulického upnutí [75]

- Kde: Link Clamp = lineární (přímá) upínka  
 Upper Flange Swing Clamp = horní kyvná upínka  
 Lower Flange Switch Clamp = dolní kyvná upínka  
 Work support = pracovní podpora  
 Threaded Cylinder = závitový válec



**Obr. 11.6:** Vakuová upínací deska spolu s nádstavci [Schmalz Inc.] [76]

- Kde: Vacuum Block = vakuový nádstavec  
 Sealing Magnet = těsnící magnet  
 Steel-Plate = plech  
 Matrix-Plate = maticová deska

### 11.3 Zdvojený pracovní prostor

Metoda, která využívá možnost stroje rozdělit svůj pracovní prostor na dva, nebo více pracovní prostory. Stroj se rozděluje mobilní přepážkou nejčastěji na dvě části. V jedné ze dvou pracuje stroj a v druhé upíná obsluha nový polotovár. Obrábění a upínání je v paralelním režimu a navzájem se časově neovlivňují. Metoda tedy umožňuje i delší výměnu obrobku, aniž by docházelo k prodlevě ve výrobě.

Upínání je prováděno nejčastěji manuálně obsluhou. I v tomto řešení je samozřejmě možnost výměnu obrobku zautomatizovat. Při provádění upínání obsluhou se musí dbát na zvýšenou opatrnost. Pracovní prostory jsou sice oddělené přepážkou, ale obsluha musí pořád brát v potaz, že za stěnou probíhá obrábění.

Užití zdvojeného prostoru nacházíme nejčastěji u skříňových obrobků. Převážně na tříosých frézovacích CNC strojích (obr. 11.7), velkých portálových frézách, nebo frézách s velkým pracovním prostorem.



**Obr. 11.7:** Rozdělení pracovního prostoru mobilní přepážkou  
 [HEDELIUS Maschinenfabrik GmbH] [77]

### 11.4 Paletizace

Paletizace je největší dominantou automatické výměny obrobků. Svého častého užití dosáhla díky krátkému času, přesnosti a jednoduchosti výměny. Při paletizaci se využívá nosných desek, přípravků a technologických a strojních palet. Na tyto prvky jsou umístovány obrobky, které s nimi putují výrobou.

Zavedení systému paletizace nachází uplatnění až při velkosériové výrobě, kde dochází k mnoha výměnám obrobku a ušetřený čas aplikováním tohoto způsobu výměny se výrazně sčítá. Součet zkrácených neproduktivních časů šetří náklady a dokáže pokrýt počáteční investice do palet spolu s upínací, přípravky (upínky, svěráky, šrouby...) a veškerou automatizací.

Z kontextu jasně vyplývá, že nosič obrobku, ať už nosná deska, nebo paleta, je klíčovým členem celé AVO. Z tohoto důvodu podléhá spoustě požadavků na nosič obrobků kladených:

- minimální čas záměny palet
- přesné a neměnné umístění palety vůči souřadnému systému stroje
- opakovatelná přesnost upnutí palety
- jednoduchost výměny
- tuhost a přesnost upnutí
- životnost palety

Stejně jako u metody zdvojeného prostoru i zde se využívá paralelní práce. Během obrábění stroje se upínají nové polotovary mimo pracovní prostor stroje na právě nepoužívané palety. Upínání je prováděno manuálně obsluhou a převážně mechanickou cestou. V soudobé praxi samozřejmě existují i technologická řešení, která k upínání obrobků (polotovarů) na palety užívají automatizovaná pracoviště.

Na rozdíl od manuální výměny z principu zdvojeného prostoru, probíhá následná výměna připravené palety s novým polotovarem a palety s hotovým výrobkem již automatizovaně pomocí manipulátorů různých typů.

Každá z palet se dá rozdělit na dvě části a to konkrétně na[13]:

- A. horní plochu pro upnutí obrobku
- B. spodní plochu pro upnutí palety ke stroji

Možnosti provedení horní části palety určené pro upínání obrobků[1]:

- T-drážky
- systém závitových otvorů
- systém lícovaných otvorů

Možnosti upevnění a vystředění palety palety[13]:

- tříbodové indexování na válcové čepy
- usazení na Hirthův věnec
- usazení na kuželové čepy (časté řešení u strojních palet)
- usazení systémem Zero-point (časté řešení u technologických palet)

#### **11.4.1 Technologické palety a nosné desky**

Do této podkapitoly autor řadí nosné desky, přípravky a technologické palety. Všechny tři provedení nosiče obrobku mají jednu společnou vlastnost, upínají se pomocí různých metod (upínkami, svěrákem, systémy upnutí atd.) na stůl stroje.

Konstrukce nosné desky je převážně obdélníkového, čtvercového, nebo kruhového provedení. Horní část se plně přizpůsobuje tvaru obrobku, aby bylo docíleno pevného upnutí

za uchopovací plochy, nebo otvory. Dolní část bývá převážně plochá bez otvorů, nebo výstupků.

Konstrukce technologické palety je taktéž převážně obdélníkového, čtvercového, nebo kruhového provedení. Paleta oproti nosné desce má na své spodní straně upevněny prostředky pro upnutí k protikusu, který je pevně ukotven ke stolu stroje. Prostředky jsou myšleny různé druhy otvorů, čepů, kuželů a jiných ustavovacích prvků.

### Zero-point systém

Za zmínku provedení technologických palet rozhodně stojí tzv. Zero-point-system [systém nulového bodu]. Celek pro upnutí technologické palety je pevně mechanicky ukotven ke stolu stroje a na své horní straně je osazen mechanismy pro upínání. Paleta má na své dolní straně čepy, které přesně zapadají do upínacích mechanismů první části palety. Zobrazení tohoto systému znázorňuje obr. 11.8.



**Obr. 11.8:** Ukázka řešení upínání systémem nulového bodu [Schunk GmbH & Co. KG] [78]

Na obrázku č. 11.9 je detail upínacího mechanismu v řezu spolu se zapadajícím čepem. Upínání je řešeno pružinami (mechanicky) a uvolňování čepu je zpracováno hydraulicky, nebo pneumaticky.



**Obr. 11.9:** Řez upínačem palety [Schunk GmbH & Co. KG] [79]

### Princip upínání:

- pneumatické, nebo hydraulické povolení čelistí
- vložení čepů palety do otvorů upínacích mechanismů
- ukončení působení stlačeného vzduchu, nebo kapaliny
- pevné sevření čepů čelistmi, současné vystředění palety

System se vyznačuje velkou rychlostí, jednoduchostí a přesností upínání. Lze jej užit v rozdílných typech strojů. Jeho upnutí je vysoce tuhé a bez vibrací [13, 14]. Mezi výrobce Zero-point-system lze zařadit ANDREAS MAIER GmbH & Co. KG, Jergens Inc., EROWA AG a Schunk GmbH & Co. KG.

### 11.4.2 Strojní palety

Hlavní odlišení od předchozích typů nosičů obrobků spočívá v přímé integraci do stroje. Stroj neobsahuje pracovní stůl, ale pouze přípojovací elementy pro upínání strojní palety. Následně upnutá strojní paleta přímo tvoří pracovní stůl stroje.

Horní strana je v drtivé většině opatřena systémem T-drážek, který umožňuje velkou variabilitu uchycení upínačů a přípravků, nebo samotných obrobků. Systém T-drážek vyžaduje zvětšení výšky palety, aby se dosáhlo požadované tuhosti s ohledem na hloubku T-drážek[1]. Spodní strana je opět opatřena prvky pro upnutí ke stroji, viz obr. 11.10.

Paleta zastupující funkci pracovního stolu je vyráběna ve větších rozměrech, než předchozí typy nosičů a to nejen vůči hloubce T-drážek. Robustnější konstrukce zajišťuje dostatečnou tuhost, odolnost a pevnost i pro práci s většími, těžšími obrobky. Spolupráce s rozměrnými obrobky je u strojních palet velice častá.

Tato konstrukce silně podporuje možnost sestavení výrobní linky, kde se následně paleta pohybuje mezi jednotlivými obráběcími stroji, které jsou samozřejmě přizpůsobeny k upnutí daného řešení palety. Možnost upínání mezi různými stroji výrazně tlačí na normalizaci upínání, aby bylo možno pracovat s paletou v jedné výrobní lince na strojích od různých výrobců. Ovšem ne vždy jsou konkurenční výrobci k tomuto kroku ochotni přistoupit[1].



**Obr. 11.10:** Upnutí palety na kuželové čepy [TJR Precision Technology Co., Ltd.] [80]



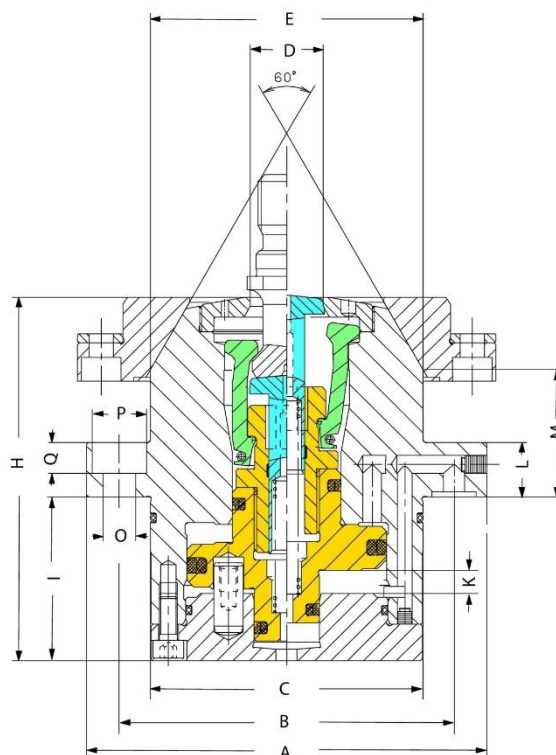
## Usazení palety na kuželové čepy

Za zmínku provedení upínání strojních palet rozhodně stojí systém upnutí na kuželové čepy. Princip upínání je podobný předchozímu provedení Zero-point. Hlavním rozdílem je způsob nastavení přesné pozice strojní palety. V systému Zero-point toto ustavení zajišťovalo upnutí tvarovaných čepů. V tomto případě se přesná poloha určuje dvojicí dosedacích kuželových ploch. Tvarované čepy jsou využívány pouze k pevnému upnutí.

Spodní strana strojní palety je vybavena zmiňovanými tvarovými čepem a navíc každý čep má kolem sebe objímku s vnitřní kuželovou plochou, která přesně lícuje s vnějším kuželovým tvarem upínacího mechanismu (kuželový čep; detail na obr. 11.11 a) a obr. 11.11 b)). Využívá se převážně čtyřbodového upnutí. Popsanou konstrukci znázorňuje obr. 11.10. Dosedání plochy jsou plochy funkční, a tedy musí být vyrobeny s velkou mírou přesnosti a z velmi odolných materiálů. Při použití materiálů nižších pevností se volí patřičné tepelné zušlechtnění povrchů[13].

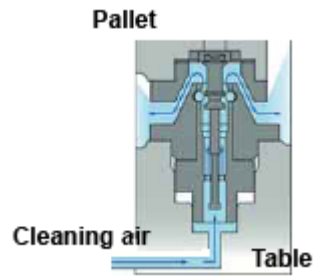


**Obr. 11.11 a):** Upínací kuželový čep [Röhmi] [81]



**Obr. 11.11 b):** Výkres upínacího čepu v řezu vertikálně rozdělen na upnutou a uvolněnou polovinu [Röhmi] [81]

Upínání probíhá ve stejném smyslu jako v předchozí podkapitole. Provedení upnutí se nejčastěji volí pružinami (mechanicky) s možností hydraulického násobiče síly. K uvolnění strojní palety se používá hydraulika, nebo pneumatika. Lze také volit řešení, u kterého jsou obě funkce zprostředkovány hydraulicky, nebo pneumaticky. Mnoho upínacích mechanismů tohoto typu je vybaveno čištěním dosedacích kuželových ploch stlačeným vzduchem (viz obr. 11.12).



**Obr. 11.12:** Princip čištění stlačeným vzduchem [82]

Kde: Pallet = paleta

Table = stůl

Cleaning air = čistící vzduch

System se vyznačuje velkou mírou univerzálnosti, nosnosti a opakovatelnou přesností upínání. Mezi výrobce kuželových čepů lze zařadit Röhm Ltd., Berk & Co. GmbH Spanntechnik a Makino, Inc.

## 12 MANIPULACE S OBROBKY

Automatická výměna obrobků by nebyla úplná bez možnosti přepravovat obrobek mezi jednotlivými stanovišti (obráběcí stroj, zásobník obrobků, seřizovací stanice...), proto je manipulace s obrobky jejím důležitým mezistupněm. Způsob provedení a užití jednotlivých konstrukcí záleží na daném typu operace. Manipulace se u automatické výměny obrobků řeší podobně jako u automatické výměny nástrojů. Jsou zde použity i stejné prostředky:

- přímá výměna (bez manipulátoru)
- jednoúčelový výměník
- manipulátor
- průmyslový robot

Čtyři následující podkapitoly dají nahlédnout na nejčastější řešení manipulace s obrobky v nynější nabídce výrobců.

### 12.1 Přímá výměna

Jedná se o způsob manipulace s paletami, který probíhá bez pomoci externího manipulátoru. Stroj je sám schopen přijet k úložnému místu palety. Počet a umístění úložných míst se řídí dispozicemi stroje. Typickou konstrukci tohoto řešení záměny palet nalezneme na obrázku č. 12.1.

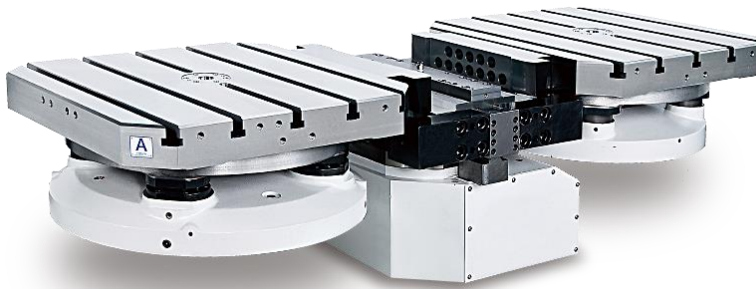
Přesun palety ze stroje na její úložnou pozici zprostředkovává vestavěný operační mechanismus. Tyto mechanismy pracují na principu zaháknutí a tažení, nebo tlačení palety. Jedno z možných a častých řešení je pomocí poháněného řetězu, který má jeden článek obohacen o čep. Při pohybu řetězu tento čep zaklesne do drážky v paletě a následně posouvá paletou po vedení.



**Obr. 12.1:** Ukázka přímé výměny palety  
 [BURKHARDT+ WEBER Fertigungs systeme GmbH] [83]

## 12.2 Jednoúčelový výměník

Konstrukce jednoúčelového výměníku umožňuje pouze jeden druh výměny obrobku a to ten, na který je přímo konstruován. V praxi se potýkáme se spousty druhů problémů, proto i řešení jednoúčelových výměníků je rozličné. Navzdory tomu je jeden typ výměníku hojně využíván. Konkrétně se jedná o dvouramenný otočný výměník užívaný pro strojní palety. Jak název, tak i funkce a princip manipulace jsou totožné jako u dvouramenného výměníku nástrojů. Jedno z řešení lze vidět na obr. 12.2.

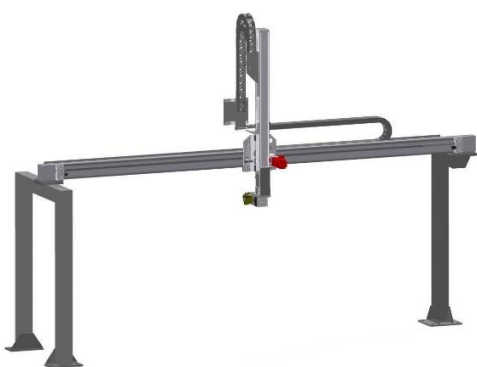


**Obr. 12.2:** Otočný výměník strojních palet [MASTER Automatic Co., Ltd.] [84]

## 12.3 Manipulátor

### Lineární systémy

V součinnosti s volně se pohybujícím obrobkem v soustavě AVO je hojně využíváno lineárních systémů manipulace. Pod pojmem lineární systém si lze představit přímkovou (lineární) sestavu na sebe kolmých vedení, která se po sobě navzájem pohybují (obr. 12.4). Počet takových vedení přímo ovlivňuje počet stupňů volnosti. Poslední kinematický člen této soustavy je vybaven efektem navrženým pro manipulaci s konkrétním obrobkem. Koncový efektor lze také vybrat univerzální, ze široké nabídky na trhu.



**Obr. 12.3 a):** I-manipulátor [Fastems] [85]



**Obr. 12.3 b):** H-manipulátor [Fastems] [85]

Konstrukce má stavebnicový charakter (viz obr. 12.3 a), obr. 12.3 b) a obr. 12.4). Z jednotlivých částí (pohon, vedení, efektor) se sestaví manipulátor pro obsluhu požadovaného prostoru. Velmi časté provedení je tzv. ganry [portálové], obsluhující jednotlivá stanoviště shora (obr. 12.4).

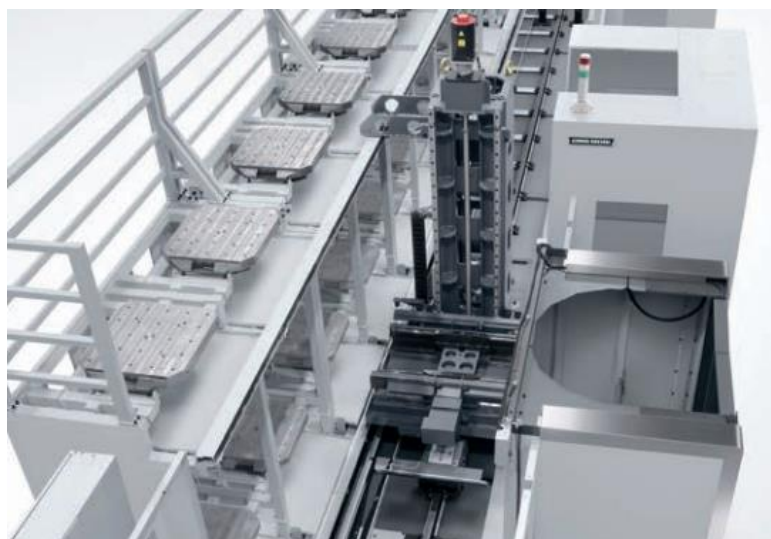


**Obr. 12.4:** Portálové provedení manipulátoru obrobků [Güdel a.s.] [86]

### Manipulátor strojních palet

Ucelený náhled na typickou konstrukci manipulátoru strojních palet, aneb paletového zakladače, dává obrázek č. 12.5. Manipulátor se taktéž pohybuje po vedení, které jsou na sebe navzájem kolmá, jako tomu bylo u předchozího systému. Uspořádání trojice takových vedení propůjčuje manipulátoru možnost pohybu ve všech třech směrech, a tedy v celém prostoru.

Paletový zakladač přímo odebírá strojní paletu ze stroje. Uvolněná paleta se po vedení ve stroji přemístí na vedení manipulátoru, kde je opětovně zajištěna. Vedení sloužící pro manipulaci s paletou zároveň funguje jako koncový efektor. Další možné řešení manipulátoru palet je využíváno při skladování palet v tzv. pallet pool [doslovný překlad: bazén palet]. Více o tomto řešení najde čtenář v kapitole č. 13.



**Obr. 12.5:** Manipulátor strojních palet spolu s regálovým zásobníkem [DMG MORI] [87]

## 12.4 Průmyslový robot

Průmyslový robot nabízí největší míru přizpůsobivosti. Nejtypičtěji užívaný je s šesti stupni volnosti, které nabízejí širokou škálu prostorového pohybu. Robot se tedy může dostat do těžce přístupných míst, kam by se manipulátory nedostal.

Umístění robotu se volí dle potřeby. Můžeme ho nalézt ve stroji, nebo mimo něj. Mimo stroj může být průmyslový robot upevněn na podlaze haly nebo na lineárním vedení, nebo je zavěšen jako portálový [gantry] (obr. 12.6).

Využití nenachází pouze k uskladňování obrobků a palet do regálových zásobníků, ale také i v přemisťování hotových kusů k expedici, nebo jinému druhu uskladnění. Průmyslový robot lze naprogramovat ke skládání obrobků do rozličných rastrových uspořádání, nebo celkově naprogramovat dlouhý, komplikovaný cyklus pohybů a úkonů.

Díky své všestrannosti nabízí průmyslový robot možnost automatické výměny obrobků i u strojů, které k tomu nebyly konstruovány. Tato vlastnost je jednou z jeho dominantních výhod.

Všechny zbylé náležitosti pro užití robotu v automatizované výrobě byly již řečeny v kapitole 5.4.



**Obr. 12.6:** Aplikace robotu pro AVO [Fanuc; Fastems] [88]

## 12.5 Dopravníky

Nedílnou součástí AVO, obzvláště pro systémy s volně se pohybujícím obrobkem, jsou dopravníky. Těch je užito k přemístění jednotlivých polotovarů, nebo již hotových výrobků. Pro úplnou automatizaci je prostředí dopravníků doplněno o systém senzorů, dorazů, kamer, čidel a ostatních automatizačních prvků, které dále se systémem AVO komunikují. Dle tvaru, hmotnosti a rozměrů obrobku, nebo podle prostředí výrobního procesu se následně volí mezi jednotlivými typy dopravníků, kterými může být například dopravník:

- válečkový
- pásový (obr. 12.7)
- řetězový
- destičkový



**Obr. 12.7:** Užití pásového dopravníku pro manipulaci s obrobky v součinnosti s průmyslovým robotem [Schunk GmbH & Co. KG] [89]





## 13 USKLADNĚNÍ PALET

Zásobníky mohou být sestaveny různorodě, pro co nejlepší možné využití prostoru kolem stroje. Půdorys zástavby tedy nabývá rozličných tvarů. Nejčastěji využívané jsou zásobníky regálové, anebo se palety s obrobky skladují v jednoúrovňovém uspořádání.

Všechny druhy paletových zásobníků mají vytyčené alespoň jedno seřizovací místo. Toto místo je využíváno k práci s obrobkem pomocí obsluhy (upnutí, uvolnění, očištění, kontrola atd.). Znamená to, že obsluha se dostává do bezprostřední blízkosti pohyblivých částí zásobníku a tudíž je seřizovací místo opatřeno ochrannými kryty, které zvyšují bezpečnost pracoviště.

### Pallet pool

Jedná se o jednoúrovňový zásobník palet s kruhovou zástavbou. Hlavním členem této konstrukce je otočný manipulátor, který přemísťuje palety ze stroje do úložného místa a naopak. Otočný manipulátor nemá možnost dalšího pohybu. Úložná místa jsou tedy uspořádána do kruhu v dosahu manipulátoru (viz obr. 13.1).



**Obr. 13.1:** Pallet-pool [Okuma] [90]

### Regálové zásobníky

Jedná se o policový systém ukládání palet. Jeho velkou výhodou je variabilita. Tento zásobník může být zkonstruován v rozličných rozměrech, úrovních a počtu úložných míst. Jako obsluha zásobníku pracuje manipulátor na lineárním vedení. Jedno z druhů řešení nalezneme na obrázku č. 12.4 na straně 85.



## 14 DÍLČÍ ZÁVĚR (AVO)

Zajistit automatickou výměnu obrobku je v dnešní době poměrně jednoduchá záležitost. Avšak vždy stojí za zvážení, zda je v daném technologickém procesu zapotřebí, nebo jestli bude plně využita. Tato otázka vyvstává především s nezbytnými počátečními náklady na pořízení systému AVO. Je tedy zřejmé, že ve srovnání s AVN je uživatel stroje mnohem pečlivější při volbě prostředků AVO a to především z technologicko-ekonomických důvodů. To také může být příčinou skutečnosti, že o AVO není v praxi tak velký zájem jako o AVN.

K následnému, pokud možno optimálnímu výběru správného technicko-technologicko-ekonomického řešení AVO k danému problému, může být – poznámka autora: poněkud neskromně řečeno – nápomocna i tato práce. V kapitolách o problematice AVO (kap. 10-13) je možné nalézt ucelený náhled na možnosti kompletního řešení. Úvodní kapitola definuje samotnou automatickou výměnu nástroje a požadavky na ni kladené. Následující kapitola udává přehled nejčastěji použitých druhů AVO v soudobé praxi. Celou problematiku poté uzavírají kapitoly o možnostech manipulace a uskladnění obrobků.



## 15 Závěr

Tato bakalářská práce je sice rešeršního charakteru práce, avšak rozsáhle se věnovala nejčastěji užitým metodám, koncepcím, konstrukcím a prvkům pro zprostředkování automatické výměny nástrojů a automatické výměny obrobků. Ovšem v jedné vysokoškolské kvalifikační práci nelze vystihnout všechny možné konstrukční řešení AVN a AVO. Tento obor zájmu může být natolik specifický, jak bude neobvyklý daný problém k řešení.

Vzhledem k tomu, že se základní druhy koncepce a konstrukce AVN v čase nijak výrazně nemění, i nadále zůstává otázkou, kam se tento obor výrobní techniky a technologie bude dále vyvíjet. Samozřejmě existují inovativní kroky, které byly v práci popsány, ale těchto novinek je na trhu pomálu, nebo nenacházejí výraznějšího využití. Nejvíce dominantním způsob výměny nástroje zůstává výměna pomocí dvojramenného výměníku, která je v praxi nejčastěji užívána. Dvojramenný výměník nabízí relativně rychlou a přesnou výměnu vzhledem ke konkurenčním způsobům.

Automatická výměna obrobků nemá tak značné zastoupení v praxi jako AVN. I přes tento fakt je AVO velice důležitá pro zvýšení produktivity výroby. Jak již bylo zmíněno, jako nejvýraznější prvek AVO vystupuje technologie paletizace ve výrobním procesu obrábění, tedy manipulace s technologickou nebo systémovou paletou, na které je upnut obrobek. Možnost paralelně s činností (chodem) stroje upínat nový obrobek bez nutnosti jeho dlouhodobého zastavení je velkou výhodou, která tuto metodu udržuje mezi nejvyužívanější. Obzvláště, když se připojí plná automatizace a vyšší počet připravených palet.

Spojení těchto dvou automatizačních prvků s CNC stroji značně napomáhá k realizaci tzv. lights out manufacturing [výroba při zhasnutých světlech], aneb k plně automatizované bezobslužné výrobě. Tento směr je zajímavý pro velkovýrobce, z hlediska plného zapojení strojů a vyřazení lidské obsluhy. Dosahuje se tak vyšší výrobnosti, bezpečnosti a obrátům v prostředí firmy.



## 16 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MAREK, Jiří. a kol. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, s. r. o., 2014. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [2] Revolver: rozcestník. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Revolver\\_\(rozcestn%C3%ADk\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/Revolver_(rozcestn%C3%ADk))
- [3] TYC, Ondřej. *AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ NA OBRÁBĚCÍCH STROJÍCH* [online]. [cit. 2016-05-24]. 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] Disc-type-turrets. *Sauter* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.sauter-feinmechanik.com/en/scheibenrevolver.php>
- [5] *Journal* [online]. 2015, (2) [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://www.dmgmori.com/webspecial/journal\\_2015\\_2/en/wp-bmt.htm](http://www.dmgmori.com/webspecial/journal_2015_2/en/wp-bmt.htm)
- [6] Crown-type turrets. *Sauter* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.sauter-feinmechanik.com/en/kronenrevolver.php>
- [7] Zásobník nástrojů: Zásobník nástrojů - vertikální. *KBH CZ* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.kbhc.cz/zasobnik-nastroju-vertikalni.html>
- [8] CNC frézka FANUC ROBODRILL: Kratší doby zpracování díky extrémně rychlé výměně nástrojů. *FANUC* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.fanuc.eu/cz/cs/roboadrill>
- [9] Pavlík, Jan. *PROBLEMATIKA RYCHLÉ AUTOMATICKÉ VÝMĚNY NÁSTROJŮ U OBRÁBĚCÍCH STROJŮ*: Disertační práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. Školitel: prof. Ing. Zdeněk Kolíbal CSc
- [10] BUBLÍK, Ondřej. *KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ KINEMATIKY VÝMĚNÍKU NÁSTROJŮ PRO VERTIKÁLNÍ OBRÁBĚCÍ CENTRUM ŘADY MCV* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://old.fst.zcu.cz/\\_files\\_web\\_FST/\\_SP\\_FST\(SVOC\)/\\_2007/\\_sbornik/PapersPdf/Ing/Bublik\\_Ondrej.pdf](http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2007/_sbornik/PapersPdf/Ing/Bublik_Ondrej.pdf)
- [11] KROUPA, Miloslav. Efektivní management nástrojů CNC obráběcích strojů pomocí RFID průmyslové identifikace. *ElektroPrůmysl* [online]. 2014 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.elektroprumysl.cz/automatizace-rizeni-a-regulace/efektivni-management-nastroju-cnc-obrabecich-stroju-pomoci-rfid-prumyslove-identifikace>
- [12] HEJNÍK, Jiří. Proč dlouhotočný automat. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2007, (12) [cit. 2016-05-23]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/proc-dlouhotocny-automat.html>

- [13] NEŠPOR, V. *Dvousouřadnicový NC stůl pro frézovací centra s hydraulickým upínačem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 92 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.
- [14] Clamping stations with NSE plus: Patented dual stroke system for the highest pull-down forces. *SCHUNK* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [https://cz.schunk.com/cz\\_en/clamping-technology/#/series/clamping-stations-with-nse-plus](https://cz.schunk.com/cz_en/clamping-technology/#/series/clamping-stations-with-nse-plus)
- [15] CNC precision machining: behind the scenes: Figure 6. *Evaero* [online]. 2014 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://evaero.com/cnc-precision-machining-behind-scenes/>
- [16] Machine adapted clamping units — MACU. *Sandvik Coromant: Manufacturing tools & machining solutions* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/machine-adapted-clamping-units>
- [17] Angetriebene Werkzeuge gerade | 125198: 3D-Daten (Step). *Sauter* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.sauter-tools.com/sauterproductadvisor/details.htm?toolId=125198>
- [18] Driven tools 90° | 102830: 3D-Daten (Step). *Sauter* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.sauter-tools.com/sauterproductadvisor/details.htm?toolId=102830>
- [19] Angetriebene Werkzeuge 90° | 120863: 3D-Daten (Step). *Sauter* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.sauter-tools.com/sauterproductadvisor/details.htm?toolId=120863>
- [20] WTO: Multiple tool holders. *Mittmann Inc.* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://mittmann.com/products-suppliers/wto/>
- [21] MT Marchetti. *Qumac: MT Tooling* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.qumac.com.au/Tooling.html>
- [22] SPINNER TC600. *SPINNER Werkzeugmaschinen* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.spinner.pl/en/spinner-compact/turning-machines/tc600-compact.php>
- [23] ADVANCED TURRET TECHNOLOGY. *GOODWAY* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://www.goodwaycnc.com/exhtml\\_goodway/goodway\\_en/turning/horizontal/g\\_s\\_4000/turret.htm](http://www.goodwaycnc.com/exhtml_goodway/goodway_en/turning/horizontal/g_s_4000/turret.htm)
- [24] *Product information PI 25.3: Crown-type tool turret* [online]. 2015 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.sauter-feinmechanik.com/en/downloads/PI-25.3\\_e\\_view.pdf](http://www.sauter-feinmechanik.com/en/downloads/PI-25.3_e_view.pdf)
- [25] Tete revolver ETR36 mecanisme 3d. *Wikimedia commons: the free media repository* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tete\\_revolver\\_ETR36\\_mecanisme\\_3d.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tete_revolver_ETR36_mecanisme_3d.svg)
- [26] Hydraulic tool turret / radial / axial / disc: Other Duplomatic Automation products. *Direct Industry: The Online Industrial Exhibition* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://www.directindustry.com/prod/duplomatic-automation/product-82617-759845.html#product-item\\_759487](http://www.directindustry.com/prod/duplomatic-automation/product-82617-759845.html#product-item_759487)
- [27] *SPRINT 20/5* [online]. MONTFORT WERBUNG AG [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://en.dmgmori.com/blob/305784/002108e2b63c554d6d3ca6a23bbe5dd4/pt0uk15-sprint-20-32-5-pdf-data.pdf>



- [28] Product Character. *Tools Magazine & Tool Changer: Chen Sound Industrial Co., Ltd* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.chensound.com/umbrella-tool-magazine/40.html>
- [29] High Speed Horizontal Machining Center QH-400: Tool Changer. *MACO* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://www.macocnc.com/maco\\_QH400\\_E.html](http://www.macocnc.com/maco_QH400_E.html)
- [30] CTX beta 1250 TC / linear. *DMG MORI Czech* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/products/lathes/turn-mill-complete-machining-centres/ctx-tc/ctx-beta-1250-tc-linear>
- [31] *DMU P/FD and DMC U/FD: portal series* [online]. MONTFORT WERBUNG AG [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/blob/108296/4639a35bd6055cbf3af1bc4672836d3c/pm0uk16-dmu-p-fd-and-dmc-u-fd-portal-series-pdf-data.pdf>
- [32] PHOTOGRAPH GALLERY. *SIDEPALSA* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.sidepalsa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=62&Itemid=55&lang=en](http://www.sidepalsa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=55&lang=en)
- [33] SANJET INTERNATIONAL Co., Ltd. *Trade Asia* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://www.etradeasia.com/products\\_detail/0/650245/0/Auto\\_tool\\_changer\\_system\\_Chain\\_type\\_Automatic\\_Tool\\_Changing\\_System.html](http://www.etradeasia.com/products_detail/0/650245/0/Auto_tool_changer_system_Chain_type_Automatic_Tool_Changing_System.html)
- [34] CTA.HSL. *CFT: Automation systems* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.cftautomation.it/site/dettaglio.php?id\\_noticia=58](http://www.cftautomation.it/site/dettaglio.php?id_noticia=58)
- [35] Centros de mecanizado de alta producción (Chiron FZ15W Baseline). *MECALUX: Logismarket* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <https://www.logismarket.es/maquinaria-eurotec/centros-de-mecanizado-de-alta-produccion-y-alta-precision-1/1977146823-814506105-p.html>
- [36] The CHIRON basket tool changer. *Chiron* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.chiron.de/en/home/machining-centres/high-speed-technologies/tool-changer/basket-tool-changer.html>
- [37] NBH 500. *Van Waasdijk* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.vanwaasdijk.com/nl/521/>
- [38] CENTRAL ROBOT FOR TOOL MAGAZINE EQUIPPING. *RILE: flexible manufacturing system* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://microsite.rile-group.com/en/central-robot-for-tool-magazine-equipping.html>
- [39] Manufacturing systems and machines: SPECHT® series / dual-spindle. *MAG: Manufacturing Technology* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.mag-ias.com/web/en/produkte/produktseite.php>
- [40] CNC obráběcí stroj 3-4-osý MASTER 33 - MASTER 33 Plus: 2 x Rotační zásobník nástrojů s 14 pozicemi (celkem 28 pozic). *TECHNOLOGIE PRO KÁMEN* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.boudacommercio.cz/cnc-obrabeci-stroj-3-4-osy-master-33-master-33-plus-0>
- [41] *ROTAMILL 22: Gantry Type Milling Center for 5/6 Axis Machining* [online]. 2016 [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: [http://www.edelgmbh.de/Download/rotamill\\_2016\\_englisch\\_druck.pdf](http://www.edelgmbh.de/Download/rotamill_2016_englisch_druck.pdf)

- [42] *Auto tool changer: Highly-durable ball gear cam drive A.T.C.* [online]. 2007 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.pascaleng.co.jp/english/product\\_ac/pdf/pa-224e.pdf](http://www.pascaleng.co.jp/english/product_ac/pdf/pa-224e.pdf)
- [43] TOOL MAGAZINE: The modular, highly flexible tool magazines are peerless and market-leading worldwide. *BURKHARDT+WEBER* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://burkhardt-weber.com/products/mct-millingturning-machining-centres/tool-magazine/>
- [44] BMD a.s. - Seřizovací přístroje, kovoobrábění: fotogalerie. *Teplíce - informační portál* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.portalteplice.cz/bmd-a-s--serizovaci-pristroje-kovoobrabeni/>
- [45] Product Description: Detail Specifications. *SANJET INTERNATIONAL Co., Ltd.* [online]. [cit. 2016-05-24]. Dostupné z: <http://www.sanjet.com.tw/product/102982.html>
- [46] Head-type turrets: 0.5.320.0.. *Sauter* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.sauter-feinmechanik.com/en/kopfrevolver.php>
- [47] *Product information PI 01: Head-type tool turret* [online]. 2016 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.sauter-feinmechanik.com/en/downloads/PI-01\\_e\\_view.pdf](http://www.sauter-feinmechanik.com/en/downloads/PI-01_e_view.pdf)
- [48] VTP VERTICAL TOOL TURRETS. *Pragati* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.pragati-automation.com/products/tool-turrets/vtp-vertical-tool-turrets-0>
- [49] *VTP VERTICAL TOOL TURRETS: Specifications* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.pragati-automation.com/products/tool-turrets/vtp-vertical-tool-turrets-0>
- [50] Vertical axis tool turrets: TRM-N. *Diplomatic automation Srl: Experienced people, innovative technologies* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://diplomaticautomation.com/en/prods/vertical\\_axis\\_tool\\_turrets](http://diplomaticautomation.com/en/prods/vertical_axis_tool_turrets)
- [51] *TRM-N series 2\*: ELECTROMECHANICAL VERTICAL AXIS TURRETS* [online]. 2009 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://diplomaticautomation.com/en/download\\_files.php?object=prodotti\\_pdf&id=5](http://diplomaticautomation.com/en/download_files.php?object=prodotti_pdf&id=5)
- [52] Direct Drive - High performance turret with direct tool drive 0.5.437. *Taiwan International Machine Tool Show* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.tmts.tw/en/mnews\\_detail.php?i=67](http://www.tmts.tw/en/mnews_detail.php?i=67)
- [53] *Product information PI 62: Disk-type tool turret* [online]. 2013 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.sauter-feinmechanik.com/en/downloads/PI-62\\_en\\_view.pdf](http://www.sauter-feinmechanik.com/en/downloads/PI-62_en_view.pdf)
- [54] DST DRIVEN SERVO TURRETS. *Pragati* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.pragati-automation.com/products/tool-turrets/dst-driven-servo-turrets>
- [55] DST DRIVEN SERVO TURRETS: Specification. *Pragati* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.pragati-automation.com/products/tool-turrets/dst-driven-servo-turrets>
- [56] Tool Holder for DUPLOMATIC Lathes: DUPLOMATIC Lathes. *INTERNATIONAL MACHINE TOOLS AND EQUIPMENT INC.* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.vdiholder.ca/brand\\_tool\\_holder\\_lathe/BRND00021-duplomatic.html](http://www.vdiholder.ca/brand_tool_holder_lathe/BRND00021-duplomatic.html)

- [57] *SM-B\* series 30: TURN-MILL TURRETS* [online]. 2009 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.duplomatautomation.com/en/download\\_files.php?object=prodotti\\_pdf&id=13](http://www.duplomatautomation.com/en/download_files.php?object=prodotti_pdf&id=13)
- [58] Sauter crown type tool turrets from Indexing Technologies Inc. *Aerospace Manufacturing and Design* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.aerospacemanufacturinganddesign.com/article/sauter-crown-type-tool-turrets-071115/>
- [59] Vertikální obráběcí centrum MCFV 1060. *TAJMAC-ZPS, a.s.* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.tajmac-zps.cz/cs/MCFV-1060>
- [60] *MSFV 1260: VERTIKÁLNÍ OBRÁBĚCÍ CENTRUM* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.tajmac-zps.cz/sites/tajmac-zps-2.os.zps/files/mcfv1260\\_cz.pdf](http://www.tajmac-zps.cz/sites/tajmac-zps-2.os.zps/files/mcfv1260_cz.pdf)
- [61] Optimum OPTImill F 105. *Doležalová s.r.o.* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.narex-makita.cz/kovoobrabeci-stroje/cnc-frezky/optimum-optimill-f-105/>
- [62] CNC frézka OPTImill F 105. *CNC stroje - Bow: divize CNC strojů* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://cnc.bow.cz/produkt/3501105-cnc-frezka-optimill-f-105/>
- [63] *DMU/DMC monoBLOCK series: Five-axis universal milling machines* [online]. MONTFORT WERBUNG AG [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/blob/123448/f3c83a39c351918bd8882df31201d4aa/pm0uk15-dmu-dmc-monoblock-series-pdf-data.pdf>
- [64] 2002 Haas Super Mini Mill: CNC Vertical Machining Center. *520machinery* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://520machinery.com/2002HaasSuperMiniMill\\_040212.html](http://520machinery.com/2002HaasSuperMiniMill_040212.html)
- [65] *Stroje Haas řady MM2: Frézky Mini Mill 2 a Super Mini Mill 2* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://int.haascnc.com/DOCLIB/datasheets/INT/CZ\\_DS\\_MM2.pdf](http://int.haascnc.com/DOCLIB/datasheets/INT/CZ_DS_MM2.pdf)
- [66] Tool exchange systems. *Demmeler* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.demmeler.com/en/products/tool-exchange-systems.html>
- [67] *Systém výměny nástrojů* [online]. 2010 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.demmeler.cz/ke-stazeni/system\\_vymeny\\_nastroju.pdf](http://www.demmeler.cz/ke-stazeni/system_vymeny_nastroju.pdf)
- [68] GIFU ENTERPRISE CO., LTD.: ATC for Vertical Machine Center. *CENS: China Economic News Service* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: [http://www.cens.com/cens/html/en/product/product\\_main\\_49424.html](http://www.cens.com/cens/html/en/product/product_main_49424.html)
- [69] MCV 754 QUICK: Základní koncepce. *MAS Machine Tools* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.masmachinetools.com/mcv-754-quick>
- [70] MCV 754 QUICK: Technické parametry. *KOVOSVIT MAS, a. s.* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.kovosvit.cz/mcv-754-quick-p3.html#technicaldata>
- [71] RatioLine R300: Turn-mill center. *Index-traub* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.index-traub.com/en/index/turn-mill-centers/r300/>
- [72] Haas Bar Feeder: READ ABOUT THE ALL NEW HAAS BAR FEEDER. *Haas Automation, Inc* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.haascnc.com/lathe\\_bar.asp?webID=BARFEEDER#gsc.tab=0](http://www.haascnc.com/lathe_bar.asp?webID=BARFEEDER#gsc.tab=0)

- [73] TANDEM KSP plus-BWM. *SCHUNK* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://cz.schunk.com/cz\\_en/clamping-technology/#/series/tandem-ksp-plus-bwm](http://cz.schunk.com/cz_en/clamping-technology/#/series/tandem-ksp-plus-bwm)
- [74] *EP-CHUCK: .EPM50S SERIES* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.realmagnetic.com/pdf/03.pdf>
- [75] Hydraulic Clamping. *Kurt* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.kurtworkholding.com/hydraulic-clamping-c-609-1-en.html>
- [76] *Vacuum Clamping Systems: Clamping Solutions for CNC Machining* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.schmalz.com/data/kataloge/04\\_VC/gb/04\\_VC\\_Clamping-Solutions-for-CNC-machining\\_EN.pdf](http://www.schmalz.com/data/kataloge/04_VC/gb/04_VC_Clamping-Solutions-for-CNC-machining_EN.pdf)
- [77] MACHINING CENTRE C 60/2000. *HEDELIUS: TECHNOLOGY THAT PAYS*. [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://hedelius.de/machine/c-602000-3/#&panel1-3>
- [78] VERO-S SCHUNK. *Binetti* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.bimaut.com/prodotti/535/>
- [79] Clamping stations with NSE plus. *SCHUNK* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://cz.schunk.com/cz\\_en/clamping-technology/#/series/clamping-stations-with-nse-plus](http://cz.schunk.com/cz_en/clamping-technology/#/series/clamping-stations-with-nse-plus)
- [80] Dual-pallet rotary table. *TJR: Rotary table* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://en.tjr.com.tw/products/index.php?type\\_id=53&top=0](http://en.tjr.com.tw/products/index.php?type_id=53&top=0)
- [81] TYP 285-96 HYDRAULISCHER SPANNKOPF. *RÖHM* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://eshop.roehm.biz/roehm\\_de\\_en/hydraulischer-spannkopf.html](http://eshop.roehm.biz/roehm_de_en/hydraulischer-spannkopf.html)
- [82] S33 PC: Tapered Cone Cleaning System. *MAKINO* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.makino.com.sg/product/s33-pc/>
- [83] 4 Axis CNC Milling Machines: MCX 1400. *GEO KINGSBURY* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.geokingsbury.com/products/cnc-milling-machines/4-axis-cnc-machines/>
- [84] High Speed Horizontal Machining Center QH-400A: A.P.C. *MACO* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.macocnc.com/maco\\_QH400A\\_E.html](http://www.macocnc.com/maco_QH400A_E.html)
- [85] Gantry Systems: GANTRY MODULES. *Fastems* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.fastems.com/gantry-systems/>
- [86] Robots: Gantry Robots. *GÜDEL* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.gudel.com/products/robots>
- [87] *DMG MORI Systems* [online]. *MONTFORT WERBUNG AG* [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/blob/126306/9f09a1f81d3b4b5534fb4e41f2be877a/ps0uk15-automation-pdf-data.pdf>
- [88] Robotic Handling. *Fastems* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.fastems.com/robotic-handling/>

- [89] Exact positioning of metal rings. *SCHUNK* [online]. [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://de.schunk.com/de\\_en/solutions/industry-solutions/#/Assembly and handling technology/45366-exact-positioning-of-metal-rings](http://de.schunk.com/de_en/solutions/industry-solutions/#/Assembly%20and%20handling%20technology/45366-exact-positioning-of-metal-rings)
- [90] WOODS, Susan. [Http://www.ctemag.com/news-videos/articles/whats-your-pallet](http://www.ctemag.com/news-videos/articles/whats-your-pallet). In: *CUTTING TOOL ENGINEERING*[online]. 2013 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.ctemag.com/news-videos/articles/whats-your-pallet>



# 17 SEZNAM ZKRATEK, OBRÁZKŮ A TABULEK

## 17.1 Seznam zkratk

<b>AVN</b>	– automatická výměna nástrojů
<b>AVO</b>	– automatická výměna obrobků
<b>NC</b>	– numeric control; [číslicové řízení]
<b>CNC</b>	– computer numeric control; [číslicové řízení počítačem]
<b>NJ</b>	– nástrojová jednotka
<b>VVH</b>	– výměnná vřetenová hlava
<b>RFID</b>	– radio-frequency-identification; [identifikace na rádiové frekvenci]

## 17.2 Seznam obrázků

Veškeré obrázky, které nejsou citovány pořídil sám autor této bakalářské práce.

### Kapitola 2

<b>Obr. 2.1:</b> Nástrojová jednotka [15].....	<b>17</b>
--	-----------

### Kapitola 3

<b>Obr. 3.1 a):</b> Přípravek, sloužící jako místo pro odkládání nástrojové jednotky (detail) [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	<b>19</b>
<b>Obr. 3.1 b):</b> Přípravek, sloužící jako místo pro odkládání výměnné nástrojové hlavy (celkový pohled) [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	<b>19</b>
<b>Obr. 3.2:</b> Čelist řetězového zásobníku [DMG MORI] .....	<b>20</b>
<b>Obr. 3.3:</b> Kapsa na nástrojový držák ISO s pojistnými kuličkami [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	<b>21</b>

### Kapitola 4

<b>Obr. 4.1:</b> Možnost osazení otočného disku revolverové hlavy [16].....	<b>24</b>
<b>Obr. 4.2 a):</b> s osou rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se podélně [3].....	<b>24</b>
<b>Obr. 4.2 b):</b> s osou rovnoběžnou s příčnými saněmi suportu pohybujícím se příčně [3].....	<b>24</b>
<b>Obr. 4.2 c):</b> s osou kolmou k příčným saním suportu [3].....	<b>24</b>
<b>Obr. 4.2 d):</b> s osou k těmto saním šikmou [3].....	<b>24</b>
<b>Obr. 4.3 a)</b> Příklady spojů k přenosu točivého momentu z pohonu do nástroje [Sauter] [17].....	<b>25</b>
<b>Obr. 4.3 b)</b> Příklady spojů k přenosu točivého momentu z pohonu do nástroje [Sauter] [18].....	<b>25</b>
<b>Obr. 4.3 c)</b> Příklady spojů k přenosu točivého momentu z pohonu do nástroje [Sauter] [19].....	<b>25</b>
<b>Obr. 4.4:</b> Znázornění použití hnacího elektromotoru integrovaného přímo v otočném disku [DMG MORI] [4].....	<b>25</b>
<b>Obr. 4.5 a):</b> Řešení zdvojení úložného místa nástrojů a vícevřetenového obrábění [WTO] [20].....	<b>26</b>
<b>Obr. 4.5 b):</b> Řešení zdvojení úložného místa a vícevřetenového obrábění [M.T. S.r.l] [21] .....	<b>26</b>
<b>Obr. 4.6:</b> Uložení nástrojů na čele otočného disku revolverové hlavy [nástroj Sauter,	

stroj DMG MORI]	27
<b>Obr. 4.7:</b> Uložení nástrojů na obvodu otočného disku revolverové hlavy [Spinner] [22]	27
<b>Obr. 4.8:</b> Kombinované uložení nástrojů na čele i na obvodu otočného disku revolverové hlavy [23].....	27
<b>Obr. 4.9:</b> Revolverový zásobník korunového typu [Sauter] [24].....	28
<b>Obr. 4.10:</b> Možné řešení pohonu otáčení nástroje a otáčení korunového zásobníku jedním motorem [Somex] [25] .....	29
<b>Obr. 4.11:</b> Nožová hlava firmy Duplomatic [26].....	29
<b>Obr. 4.12:</b> Nástroje uložené pevně ke stroji [DMG MORI Sprint 20 5] [27].....	31
<b>Obr. 4.13:</b> Bubnový zásobník se svislou osou rotace [CHEN SOUND INDUSTRIAL Co., Ltd.] [28].....	33
<b>Obr. 4.14:</b> Bubnový zásobník se sklopenou kapsou a dvouramenným výměníkem [Master Automatic Co., Ltd.] [29].....	33
<b>Obr. 4.15:</b> Kapsa řetězového zásobníku se sklopným mechanismem v referenční pozici [DMG MORI].....	34
<b>Obr. 4.16:</b> Hvězdicový zásobník s nástroji orientovanými k ose otáčení zásobníku [DMG MORI] [30].....	35
<b>Obr. 4.17:</b> Seřazení pěti disků zásobníků v řadě [DMG MORI DMU Series] [31].....	35
<b>Obr. 4.18:</b> Demontovaný řetězový zásobník nástrojů [SIDEPALSA] [32].....	36
<b>Obr. 4.19:</b> Horizontální řetězový zásobník [DMG MORI – DMU 75 monoBLOCK].....	37
<b>Obr. 4.20:</b> Řetězový zásobník nástrojů s trojúhelníkovou dráhou [SANJET INTERNATIONAL Co., Ltd.] [33].....	37
<b>Obr. 4.21:</b> Speciální provedení řetězového zásobníku [CFT automation systems] [34].....	37
<b>Obr. 4.22:</b> Kolébkový zásobník nástrojů [Fanuc] [8].....	39
<b>Obr. 4.23:</b> Pohled na mechanismus kolébkového výměníku nástrojů [Fanuc].....	40
<b>Obr. 4.24:</b> Detail ozubeného kola, které je spojeno s vřetenem a slouží k náhonu rotace zásobníku.....	40
<b>Obr. 4.25:</b> Basket tool changer [Chiron] [35].....	41
<b>Obr. 4.26:</b> Pohled na kinematický pákový mechanismus výměníku nástroje [CHIRON-WERKE GmbH & Co. KG] [36].....	42
<b>Obr. 4.27:</b> Regálový zásobník plošného provedení s portálovým manipulátorem nástrojů [Hüller Hille] [37].....	43
<b>Obr. 4.28:</b> „Stěny“ úložných míst sestavených z hřebenů [RILE Group] [38].....	44
<b>Obr. 4.29:</b> Regálový zásobník [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	45
<b>Obr. 4.30:</b> Kombinace řetězového zásobníku o střední kapacitě a dvou malokapacitních bubnových zásobníků, užitých jako podavačů nástrojů [MAG IAS GmbH] [39].....	45
<b>Kapitola 5</b>	
<b>Obr. 5.1 a):</b> Dvouramenný výměník nástrojů [KOVOSVIT MAS, a.s.].....	47
<b>Obr. 5.1 b):</b> Dvouramenný výměník nástrojů [DMG MORI].....	47



<b>Obr. 5.2:</b> Bubnový zásobník nástrojů konstruován pro pick-up výměnu [40].....	<b>49</b>
<b>Obr. 5.3:</b> Koncový efektor dvouramenného výměníku se zajišťovacím mechanismem [DMG MORI].....	<b>50</b>
<b>Obr. 5.4:</b> Uchopení nástroje napichovacím způsobem [EDEL Rotamill] [41].....	<b>50</b>
<b>Obr. 5.5:</b> Uložení dvouramenného výměníku nástrojů [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	<b>50</b>
<b>Obr. 5.6:</b> Mechanismus výměníku nástrojů [Pascal corporation] [42].....	<b>51</b>
<b>Obr. 5.7:</b> Manipulátor nasazený jako zakladač nástrojů do regálového zásobníku [SIDEPALSA] [32].....	<b>53</b>
<b>Obr. 5.8:</b> Manipulátor spolupracující s regálovým zásobníkem [BURKHARDT+ WEBER Fertigungssysteme GmbH] [41].....	<b>53</b>
<b>Obr. 5.9:</b> Průmyslový robot firmy KUKA na lineárním pojezdu. V pozadí je patrný skladovací regálový zásobník [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	<b>55</b>
<b>Obr. 5.10:</b> Koncový efektor výroby TOS Kuřim – OS, a. s., umístěný na robotu KUKA.....	<b>55</b>
<b>Kapitola 6</b>	
<b>Obr. 6.1:</b> Výměnné vřetenové hlavy a skladovací zásobník [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	<b>57</b>
<b>Obr. 6.2:</b> Příruba výměnné vřetenové hlavy [TOS Kuřim – OS, a. s.].....	<b>58</b>
<b>Kapitola 7</b>	
<b>Obr. 7.1:</b> Externí seřizovací (měřicí) přístroj [BMD a.s.] [44].....	<b>59</b>
<b>Obr. 7.2:</b> Bezkontaktní laserová sonda spolu s dotykovou sondou [Blum-Novotest GmbH].....	<b>60</b>
<b>Obr. 7.3:</b> Řešení detekce přítomnosti nástroje [SANJET INTERNATIONAL Co., Ltd] [45].....	<b>60</b>
<b>Kapitola 8</b>	
<b>Obr. 8.1:</b> Sauter; Série 0.5.320.025 [46].....	<b>63</b>
<b>Obr. 8.2:</b> Pragati; VTP-200 [48].....	<b>63</b>
<b>Obr. 8.3:</b> Diplomatic Automation; TRM-N 160 [50].....	<b>63</b>
<b>Obr. 8.4:</b> Sauter; Série 0.5.437.220 [52].....	<b>64</b>
<b>Obr. 8.5:</b> Pragati; DST-100 [54].....	<b>64</b>
<b>Obr. 8.6:</b> Diplomatic automation srl; SM-BR-20-D1-12-320-40/30-A1L1 [56].....	<b>64</b>
<b>Obr. 8.7:</b> Sauter; 0.5.170.120 [58].....	<b>65</b>
<b>Obr. 8.8:</b> TAJMAC-ZPS, a.s.; MCFV 1260 [59].....	<b>65</b>
<b>Obr. 8.9:</b> Optimum Maschinen Germany GmbH; OPTImill F 105 [61].....	<b>65</b>
<b>Obr. 4.19:</b> DMG Mori; DMU 85 monoBLOCK.....	<b>66</b>
<b>Obr. 8.10:</b> Haas Automation Inc.; Super Mini Mill 2 [64].....	<b>66</b>
<b>Obr. 8.11:</b> DEMMELER Maschinenbau GmbH & Co. KG [66].....	<b>66</b>
<b>Obr. 8.12:</b> GIFU ENTERPRISE Co., Ltd. [68].....	<b>67</b>
<b>Obr. 8.13:</b> KOVOSTVIT MAS, a.s.; MCV 754 QUICK [69].....	<b>67</b>
<b>Obr. 5.8:</b> BURKHARDT + WEBER Fertigungssysteme GmbH; MCT 900 [46].....	<b>67</b>
<b>Obr. 8.14:</b> INDEX-Werke GmbH & Co. KG; INDEX R300 [71].....	<b>68</b>
<b>Kapitola 11</b>	
<b>Obr. 11.1:</b> Řešení AVO u dlouhotočných automatů [10].....	<b>73</b>
<b>Obr. 11.2:</b> Dlouhotočný automat s přidruženým podavačem [Haas Automation, Inc.] [72].....	<b>74</b>

<b>Obr. 11.3:</b> Pneumaticky ovládaný svěrák [SCHUNK GmbH & Co. KG] [73].....	<b>75</b>
<b>Obr. 11.4:</b> Elektro magnetická upínací deska [Realpower Magnetic Industry Co.,limited.] [74]..	<b>75</b>
<b>Obr. 11.5:</b> Možné řešení hydraulického upnutí [75].....	<b>76</b>
<b>Obr. 11.6:</b> Vakuová upínací deska spolu s nádstavci [Schmalz Inc.] [76].....	<b>76</b>
<b>Obr. 11.7:</b> Rozdělení pracovního prostoru mobilní přepážkou [HEDELIUS Maschinenfabrik GmbH] [77].....	<b>77</b>
<b>Obr. 11.8:</b> Ukázka řešení upínání systémem nulového bodu [Schunk GmbH & Co. KG] [78]....	<b>79</b>
<b>Obr. 11.9:</b> Řez upínačem palety [Schunk GmbH & Co. KG] [79].....	<b>79</b>
<b>Obr. 11.10:</b> Upnutí palety na kuželové čepy [TJR Precision Technology Co., Ltd.] [80].....	<b>80</b>
<b>Obr. 11.11 a):</b> Upínací kuželový čep [Röhms] [81].....	<b>81</b>
<b>Obr. 11.11 b):</b> Výkres upínacího čepu v řezu vertikálně rozdělen na upnutou a uvolněnou polovinu [Röhms] [81]	<b>81</b>
<b>Obr. 11.12:</b> Princip čištění stlačeným vzduchem [82]	<b>82</b>

## Kapitola 12

<b>Obr. 12.1:</b> Ukázka přímé výměny palety [BURKHARDT+ WEBER Fertigungs systeme GmbH] [83].....	<b>83</b>
<b>Obr. 12.2:</b> Otočný výměník strojních palet [MASTER Automatic Co., Ltd.] [84].....	<b>84</b>
<b>Obr. 12.3 a):</b> I-manipulátor [Fastems] [85].....	<b>84</b>
<b>Obr. 12.3 b):</b> H-manipulátor [Fastems] [85].....	<b>84</b>
<b>Obr. 12.4:</b> Portálové provedení manipulátoru obrobků [Güdel a.s.] [86].....	<b>85</b>
<b>Obr. 12.5:</b> Manipulátor strojních palet spolu s regálovým zásobníkem [DMG MORI] [87].....	<b>85</b>
<b>Obr. 12.6:</b> Aplikace robotu pro AVO [Fanuc; Fastems] [88].....	<b>86</b>
<b>Obr. 12.7:</b> Užití pásového dopravníku pro manipulaci s obrobky v součinnosti s průmyslovým robotem [Schunk GmbH & Co. KG] [89].....	<b>87</b>

## Kapitola 13

<b>Obr. 13.1:</b> Pallet-pool [Okuma] [90].....	<b>89</b>
---	-----------

### **17.3 Seznam tabulek**

<b>Tab. 1)</b> Rozdělení zásobníků.....	<b>32</b>
<b>Tab. 2)</b> Sumarizační tabulka nožových hlav.....	<b>63</b>
<b>Tab. 3)</b> Sumarizační tabulka revolverových hlav.....	<b>64</b>
<b>Tab. 4)</b> Sumarizační tabulka skladovacích zásobníků.....	<b>65</b>