



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

ZÁSOBNÍKY NÁSTROJŮ U OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Zuzana Vnuková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Blecha, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	Zuzana Vnuková
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojírenského inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Radim Blecha, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zásobníky nástrojů u obráběcích strojů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

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

Student se seznámí s možnými způsoby automatické výměny nástrojů z pohledu použitých typů zásobníků nástrojů u různých obráběcích strojů.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše stavu vědy a techniky v oblasti zásobníků nástrojů systémů AVN.

Systémový rozbor konstrukčních řešení zásobníků nástrojů.

Analýza principů výměny nástrojů u obráběcích strojů.

Vlastní závěry z provedené analýzy.

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

V Brně, dne

L. S.

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

ředitel ústavu

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

děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto Bakalárska práca vznikla za účelom vytvorenia ucelenej rešerše o súčasnom stave zásobníkov nástrojov obrábacích strojov. V prvom rade sa zameriava na spôsob výmeny nástrojov. Následne rieši rozdelenie automatickej výmeny nástrojov s ohľadom na použitý typ zásobníka nástrojov. Ďalej sa zaoberá systémovým rozdelením skladových zásobníkov nástrojov podľa toho či dochádza k pohybu samotných nástrojov v zásobníku nástrojov. V závere práce pojednáva o spôsobe kódovania a uchytenia jednotlivých nástrojov v zásobníku nástrojov.

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was created in order to make comprehensive search about a current state of the tool magazine for machining centres. First of all, it discusses about how to change a tool. Then it solve differences between tool changers with consideration at the type of tool magazine been used. Furthermore, it deals with the system division of the storage tool magazine according to movability of the tools in the tool magazine. At the end of the thesis it discuss about how to coding and clamping each toll in tool magazine.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

Zásobník nástrojov, automatická výmena nástrojov, skladovací zásobník nástrojov, kódovanie nástrojov, uchytenie nástrojov, držiak nástrojov.

KEYWORDS

Tool magazine, automatic tool change, storage tool magazine, tool coding, gripping tool, tool holder.

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

VNUKOVÁ, Z. *Zásobníky nástrojů u obráběcích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 56 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Blecha Ph.D.

POĎAKOVANIE

Touto cestou by som rada poďakovala pánovi Ing. Radim Blecha, Ph.D. za odborné vedenie a cenné rady počas tvorby tejto bakalárskej práce.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracovala som ju samostatne pod vedením Ing. Radima Blechu Ph.D. a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa

.....

Zuzana Vnuková

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MOTIVÁCIA.....	17
3	VÝMENA NÁSTROJOV	19
3.1	Ručná výmena nástrojov	19
3.2	Automatická výmena nástrojov	19
3.2.1	Rozvoj automatickej výmeny nástrojov	19
3.2.2	Charakteristika automatickej výmeny nástrojov	19
3.2.3	Základné požiadavky na automatickú výmenu nástrojov.....	20
4	ZÁSObNÍKY NÁSTROJOV	21
4.1	Rozdelenie automatickej výmeny nástrojov podľa použitého zásobníku.....	21
4.1.1	Systémy s nosným zásobníkom	21
4.1.2	Systémy so skladovacím zásobníkom	24
4.1.3	Kombinované systémy	27
4.2	Systém rozdelenia zásobníkov nástrojov z hľadiska odkladacieho miesta	28
4.2.1	Zásobníky nástrojov so zmenou polohy odkladacieho miesta v zásobníku	28
4.2.2	Zásobníky nástrojov bez zmeny polohy odkladacieho miesta v zásobníku	33
4.2.3	Iné zásobníky nástrojov	36
5	SPÔSOBY UCHOPENIA A DRŽIAKY NÁSTROJOV	39
5.1	Spôsoby uchopenia nástrojov v zásobníkoch nástrojov	39
5.1.1	Uchopovacia vidlica	39
5.1.2	Lôžko na nástroje.....	40
5.2	Požiadavky na funkcie držiakov nástrojov	40
5.3	Najpoužívanejšie držiaky nástrojov	41
5.3.1	Držiak s kužeľovou stopkou typu ISO	41
5.3.2	Držiak s kužeľovou stopkou typu HSK.....	41
5.3.3	Držiak s valcovou stopkou	42
6	KÓDOVANIE NÁSTROJOV	43
6.1	Kódovanie miesta uloženia v zásobníku.....	43
6.2	Kódovanie samotného nástroja	43
6.2.1	Mechanické čítanie kódov	44
6.2.2	Bezkontaktné čítanie kódov.....	45
7	ZHODNOTENIE A DISKUSIA.....	47
8	ZÁVER.....	49
9	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	51
10	ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK	55
10.1	Zoznam obrázkov	55

1 ÚVOD

Neustály rozvoj priemyselných odvetví v hromadnej aj malosériovej výrobe, spolu so zvýšenou požiadavkou na efektívnosť, presnosť, rýchlosť a precíznosť výroby, je dôvodom pre rozširovanie sortimentu CNC obrábacích strojov s progresívnym softwarom. Tieto stroje umožňujú obrobiť obrobok viacerými operáciami na jedno upnutie do stroja.

Jednou z ich nevýhod je doba trvania celého procesu. Značnú časť z celkového strojného času tvoria vedľajšie (neproduktívne) strojné časy, ktoré slúžia na výmenu - upínanie nástrojov do stroja aby mohol vykonávať ďalšie operácie. Tieto časy sa snažíme redukovať pomocou automatickej výmeny nástrojov, ktorej neoddeliteľnou súčasťou sú zásobníky nástrojov.

Každý výrobca si k svojmu CNC obrábaciemu stroju volí vlastný spôsob výmeny, ktorý vyhovuje jeho požiadavkám ale hlavne požiadavkám zákazníka, a k nemu prislúchajúci zásobník nástrojov. Takto sa môže zdať, že existuje nespočetné množstvo rôznych typov zásobníkov nástrojov. V skutočnosti je možné vypozerovať pri rôznych typoch zásobníkov nástrojov pár spoločných prvkov na základe ktorých by bolo možné vytvoriť systémové rozdelenie.

Práve systémové rozdelenie zásobníkov nástrojov je hlavnou témou tejto práce. Zaoberá sa dvoma najčastejšími rozdeleniami zásobníkov nástrojov. Zo začiatku práce sa v stručnosti venuje automatizácii výmeny nástrojov a spôsobu jej fungovania, V posledných kapitolách pojednáva o rozdieloch v zvolených typoch a spôsoboch uchytienia nástrojov v zásobníkoch nástrojov, ako aj o rozdieloch v používaných kódovaniach samotných nástrojov.

2 MOTIVÁCIA

Každá firma si k svojmu CNC obrábaciemu stroju volí (konštruuje) vlastný zásobník nástrojov, ktorý najlepšie vystihuje požiadavky zákazníka, vyhovuje spôsobu výmeny nástrojov. Preto vzniká rozmanitá skupina rôznych zásobníkov nástrojov, ktoré umožňujú rýchlu a spoľahlivú prípravu nástrojov k výmene, zároveň uchovávajú nástroje v blízkosti strojov, v niektorých prípadoch aj základné údaje o daných nástrojov, takže obsluha vie kedy treba daný nástroj vymeniť, naostriť...

Po bližšom skúmaní je možné vypozerovať pár základných znakov, ktoré majú jednotlivé typy zásobníkov nástrojov pre rôzne druhy obrábacích strojov spoločné. Práve na základe spoločných vlastností zásobníkov nástrojov je možné ich systematicky rozdeliť do menších skupín.

Mojou prácou som sa rozhodla systematicky roztriediť jednotlivé typy zásobníkov nástrojov, pre ucelený prehľad doposiaľ dostupných zásobníkov. Zároveň tým chcem uľahčiť hľadanie vhodného zásobníka nástrojov pre konkrétnu aplikáciu, obrábací stroj, alebo na základe množstva potrebných odkladacích miest pre nástroje. Po tomto delení sa jednotlivé typy navzájom odlišujú len v počte skladovacích miest, v pohonoch, v spôsobe uchytenia a kódovania nástrojov.

3 VÝMENA NÁSTROJOV

Nie každý obrobok je možné obrobit' na finálny výrobok pomocou jedného nástroja. Zvyčajne musíme vystriedať niekoľko nástrojov, aby sme vyrobili zložitejšie výrobky. Tieto nástroje môžeme vymieňať buď ručne, alebo využijeme automatickú výmenu nástrojov, ktorá je charakteristická pre číslicovo riadené obrábacie centrá.

3.1 Ručná výmena nástrojov

Bola prvou možnosťou výmeny jednotlivých nástrojov pri obrábaní zložitejších obrobkov, ktoré si vyžadovali väčšie množstvo operácií na jednom stroji. Popríklad sa obrábaná súčiastka premiestňovala z jedného obrábacieho stroja na iný a tam sa postupne vykonávali potrebné operácie.

Dnes už k ručnej výmene nástrojov nedochádza tak často ako kedysi. Stretávame sa s ňou skôr v menších firmách, pri starších typoch obrábacích strojov. Jednou z ich výhod je nižšia obstarávacia cena, ktorá sa však neskôr premietne vo vyšších nárokoch na obsluhu, dlhších neproduktívnych stojných časoch. K nevýhodám patrí nutnosť vymedzenia priestoru, kde si môže manipulant odkladať nástroje na neskoršie použitie.

3.2 Automatická výmena nástrojov

3.2.1 Rozvoj automatickej výmeny nástrojov

Postupným rozvojom veľkosériovej a hromadnej výroby vznikol čoraz výraznejší tlak na možnosť obrobenia obrobku na jednom stroji (spojením viacerých obrábacích operácií dokopy, ktoré by sa vykonávali vo vopred určenej následnosti). Dochádza k prvotnej mechanizácii a neskôr i k automatizácii výmeny nástrojov. Automatická výmena nástrojov je jednou z prvých úloh zvyšovania stupňa automatizácie u výrobných strojov. U prvých konštrukcií poloautomatických a automatických strojov s vačkovým, alebo narážkovým riadením dochádzalo k výmene nástrojov za pomoci revolverových hláv.

S rozvojom automatizácie sa postupne presúva časť výroby smerom ku kusovej a malosériovej výrobe. Dochádza k rozvoju číslicovo riadených obrábacích strojov (CNC), ktoré majú najlepšie prepracovanú problematiku automatickej výmeny nástrojov (AVN) – najmä v prípade najvýznamnejších a najdokonalejších predstaviteľov číslicovo riadených obrábacích strojov, ktorými sú obrábacie centrá. Jednou z najväčších výhod obrábacích centier je ich schopnosť automaticky vykonať veľké množstvo rôznych druhov operácií (napríklad sústružnícke, vŕtacie a frézovacie operácie) na jedno upnutie obrobku. [1], [2]

3.2.2 Charakteristika automatickej výmeny nástrojov

Automatizáciou obrábania dochádza k vyššej produktivite práce a ku skráteniu neproduktívnych stojných časov. K tomu výraznou mierou prispieva systém automatickej výmeny nástrojov číslicovo riadených strojov, ktorého hlavným prínosom je možnosť automatického riadenia komplexného obrábania celého obrobku na danom stroji, čo zaisťuje jeho plynulý a nepretržitý chod. [1], [2]

Najdôležitejšiu úlohu pri automatickej výmene nástrojov obrábacích centier tvorí skupina uzlov, ktorá slúži k odkladaniu, manipulácii a upnutiu nástrojových jednotiek v obrábacích centrách bez použitia ľudských síl, zručností. V podstate určitú časť výhod automatickej výmeny nástrojov tvoria nevýhody ručnej výmeny nástrojov a naopak k nevýhodám automatickej výmeny nástrojov sa

radia výhody ručnej výmeny nástrojov. Obrábacie centrá majú veľký sortiment konštrukčných riešení, ktoré sú prispôsobené technologickým operáciám na nich vykonávaných. Skladbu nástrojového vybavenia ako aj automatickú výmenu nástrojov spolu so zásobníkmi nástrojov prispôbujeme vždy druhu technologických operácií na danom stroji uskutočňovaných. [3]

3.2.3 Základné požiadavky na automatickú výmenu nástrojov

S ohľadom na technologické operácie obrábania, ktoré sú na danom stroji uskutočňované vyberáme spôsob automatickej výmeny nástrojov, počet a veľkosť nástrojov, spôsob uchytenia nástrojov v zásobníku nástrojov. Na konštrukčné riešenie zásobníku a výmenníku nástrojov, sú okrem miesta vyhradené na umiestnenie stroja, kladené i ďalšie špecifické konštrukčné požiadavky na [4], [5]:

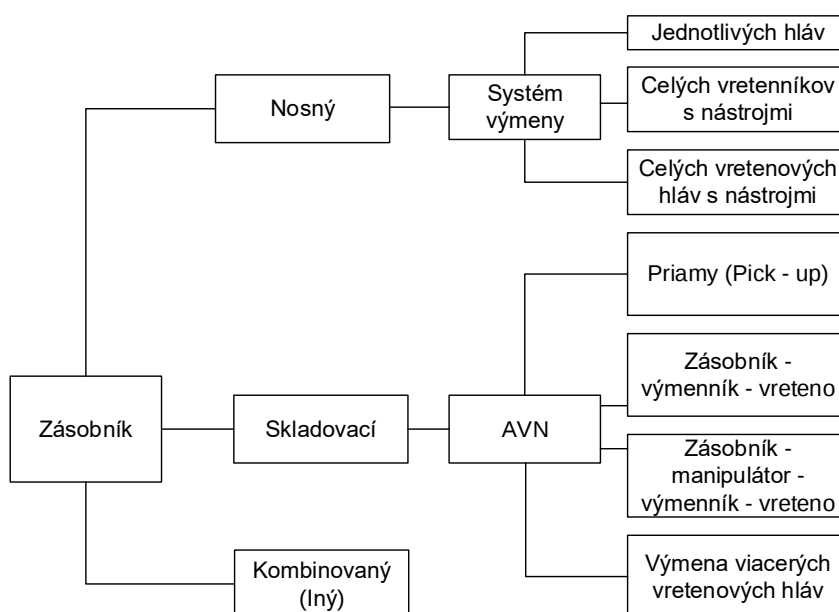
- Zvyšovanie produktivity práce skracovaním neproduktívnych strojných časov (časy potrebné na výmenu nástroja, prepnutia obrobku,...)
- Zabezpečenie geometrickej a pracovnej presnosti stroja, predchádzanie deformácie časti stroja i teplotným deformáciám
- Dlhú životnosť, trvanlivosť a spoľahlivosť s ohľadom na množstvo uskutočnených výmenných cyklov
- Čo najmenšiu celkovú rozlohu stroja
- Dostatočnú kapacitu zásobníka nástrojov pre dané technologické operácie
- Zabránenie zásahu nevyužívaných nástrojov do pracovného priestoru a obmedzovanie daného priestoru
- Elimináciu nepriaznivého vplyvu znečistenia na celkovú funkčnosť stroja
- Zaistenie presnosti návratu nástroja do pôvodnej polohy pri výmene nástroja
- Konštrukčnú jednoduchosť riešenia a návrhov obrábacích strojov (čím komplikovanejšie konštrukčné riešenie, tým vyššia náchylnosť na poškodenie stroja)
- Upnutie akéhokoľvek nástroja, bez ohľadu na jeho rozmery a hmotnosť
- Možnosť výmeny a kombinácie viacerých nástrojových sústav na jednom stroji

4 ZÁSOBNÍKY NÁSTROJOV

Pod pojmom zásobník nástrojov rozumieme miesto, kde sa odkladajú nástroje, ktoré nie sú v danej chvíli upnuté v stroji a nevyužívajú sa k obrábaniu obrobku. Nástroje môžu byť uložené v revolverových hlavách, ktoré sú súčasťou pracovného vretena (kapacita 5 až 15 nástrojov), umiestnené na stojane alebo stole a zároveň súčasťou stroja (možnosť uloženia 60 až 150 nástrojov). Jednotlivé zásobníky nástrojov sa od seba navzájom odlišujú konštrukciou, kapacitou úložiska, typom držiakov nástrojov, spôsobom upnutia nástrojov a špecifikáciou jednotlivých nástrojov umiestnených v zásobníku nástrojov (kódovaním).

4.1 Rozdelenie automatickej výmeny nástrojov podľa použitého zásobníku

Vzhľadom na to aký použijeme zásobník nástrojov môžeme rozdeliť systém automatickej výmeny nástrojov podľa obr.1 [4]:



Obr. 1) Rozdelenie automatickej výmeny nástrojov podľa použitého zásobníku nástrojov

4.1.1 Systémy s nosným zásobníkom

V tomto systéme tvorí zásobník nástrojov najdôležitejšiu časť obrábacieho stroja, pretože prenáša rezné sily. Jeho najväčším nedostatkom je obmedzený počet miest pre nástroje, ale na druhej strane má menšie rozmery, je skladnejší a môže byť umiestnený priamo na stroji, tým nedochádza k zväčšovaniu pôdorysnej plochy stroja. Pri jeho návrhu treba dbať na to, aby si jednotlivé nástroje navzájom neprekážali. Umožňuje rýchlu a jednoduchú výmenu nástrojov. Jednotlivé nástroje sa upínajú buď priamo, alebo sú už vopred umiestnené v univerzálnych nástrojových držiakoch. Najčastejšími predstaviteľmi sú revolverové, alebo nožové hlavy. [6] Podľa spôsobu akým je nástroj umiestňovaný do pracovnej polohy sa zásobníky ďalej môžu deliť na nosné zásobníky s pohybom translačným, rotačným a kombinovaným. Je to trochu netypické rozdelenie preto je uvedené radšej klasické rozdelenie podľa spôsobu uskutočňovanej výmeny:

Systém s výmenou jednotlivých nástrojov pevne upnutých v zásobníku nástrojov

Za charakteristického predstaviteľa sa považujú nožové a revolverové sústružnícke centrá kde obrobok vykonáva hlavný rezný pohyb (najmä ide o vodorovné a zvislé sústruhy). Všetky by mali spĺňať tieto základné požiadavky [2]:

- Jednoduchá, rýchla a presná výmena nástrojov na hlave
- Vysoká presnosť polohovania nástrojov pri výmene
- Minimálny čas výmeny nástrojov v automatických cykloch
- Nástroje pre vonkajšie a vnútorné obrábanie si nemôžu navzájom zavadzať
- Minimálny počet nástrojov by mal byť v rozsahu 8 až 12 nástrojov

Nožové hlavy bývajú zvyčajne štvorboké, šesťboké, maximálne dvanásťboké (obr.2) s vodorovnou, zvislou, priečnou, alebo šikmou osou otáčania. Jednotlivé nástroje sa upínajú do svojich pozícií buď priamo, alebo prostredníctvom univerzálnych držiakov. Po obvodoch sú umiestnené nože, ktoré sú zostavované, tak aby si navzájom neprekážali pri práci a zároveň išli podľa technologického postupu za sebou. [2]



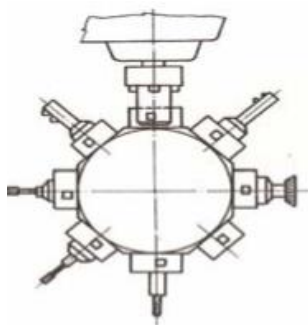
Obr. 2) Dvanásťboká univerzálna nástrojová hlava [7]

Systém s výmenou celých vreteníkov s nástrojmi

Pre tieto systémy sú charakteristické tri základné koncepcie výmeny vretien:

- Výmena pomocou vretenových hláv
- Výmena pomocou vretien rozmiestnených v kruhu (vretenové bubny)
- Výmena pomocou vretien, alebo vreteníkov rozmiestnených lineárne

Najčastejším je prevedenie (obr.3) v ktorom sú osi vretien v jednej rovine a zároveň kolmé k ose otáčania hlavy pre jednoduchosť tohto návrhu. Je dôležité, aby boli jednotlivé nástroje v dostatočnej vzdialenosti od seba, aby si vzájomne nezasahovali do pracovného priestoru. Preto je počet vretien celkom nízky (6 až 8) a je určený k realizácii technologicky jednoduchších operácií (zvyčajne ide o dokončovacie operácie). [2]



Obr. 3) Osemvretenová revolverová hlava [1]

Ďalšou možnosťou sú vretenové bubny (obr.4). V tomto prípade sú vretená rozmiestnené v kruhu, je tu dosiahnutá dobrá tuhosť, pretože vzdialenosti medzi jednotlivými vretenami môže byť väčšia ako v prvom prípade.

Celý princíp činnosti vretenového bubna aj lineárneho zásobníka nástrojov je v pootočení požadovaného vretena s nástrojom do pracovnej polohy. Po zaistení je pomocou spojky prevedený točivý moment na vreteno. Počet vretien u bubnového vretenového zásobníku je vyšší ako pri lineárnom zásobníku vretien. [1]



Obr. 4) Nosný bubnový zásobník nástrojov [8]

Systém s výmenou celých vretenových hláv s nástrojmi

Typickým predstaviteľom tohto systému je revolverová hlava (na obr.5 je osem-miestna revolverová hlava), ktorá má na každej strane pripevnenú ďalšiu viacvretenovú operačnú hlavu, alebo vretenovú kazetu pre jednotlivé nástroje. Podobne ako u klasických revolverových hláv sa aj tu pripája v pracovnej pozícii pohon k vrtacej hlave, alebo k vretenovej kazete, ale tu sa na rozdiel od klasickej spojky používa zubová spojka.

Využitie tohto systému je v opakovanej stredne sériovej, v niektorých prípadoch veľkosériovej výrobe namiesto automatických liniek. [2]



Obr. 5) Revolverová hlava s ôsmimi pozíciami pre upevnenie viacvretenových hláv [9]

4.1.2 Systémy so skladovacím zásobníkom

Skladovacie zásobníky, na rozdiel od nosných zásobníkov, slúžia na skladovanie nástrojov, teda neprenášajú rezné sily. Vďaka tomu majú neobmedzenú kapacitu úložného miesta pre nástroje, ale vo väčšine prípadov musia byť umiestnené mimo stroja, takže sa musí počítať s tým, že zväčšia pôdorysnú plochu stroja. Nástroje sa musia zo zásobníkov nástrojov najskôr vybrať (zvyčajne to je uskutočňované za pomoci čítania kódov jednotlivých nástrojov) a následne sa pomocou výmenného mechanizmu upnú do vretena. [10]

Podľa spôsobu akým sa daná automatická výmena nástrojov uskutočňuje sa skladovacie zásobníky delia:

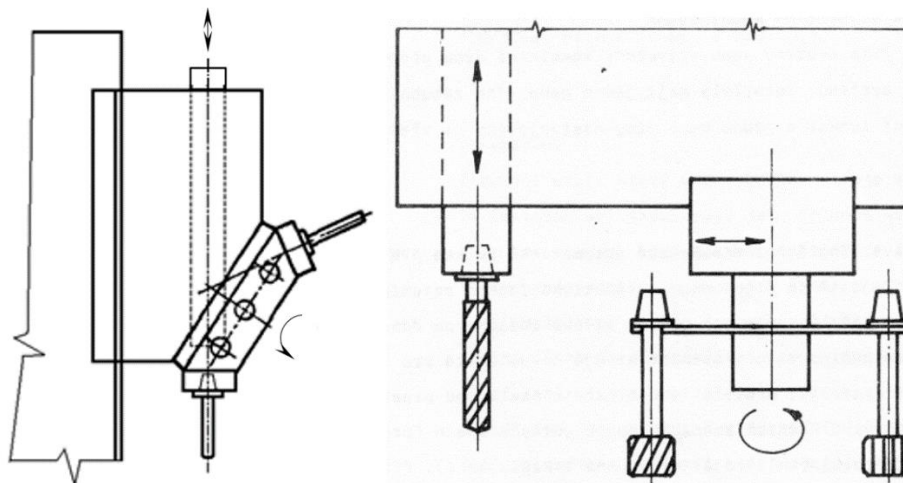
Priama (Pick – up) výmena

Jedná sa o konštrukčne najjednoduchší spôsob výmeny nástrojov medzi zásobníkom a vretenom, v niektorých zdrojoch uvádzaný aj ako systém zásobník – vreteno (zásobník – podávač).

Zmena nástroja je uskutočňovaná pohybom samotného vretena, ktorého súčasťou je zásobník nástrojov. Celý princíp výmeny spočíva vo vysunutí nástroja z vretena, nasledované jeho uvoľnením a zachytením v zásobníku, ktorý podišiel pod vreteno s nástrojom. Nasleduje pootočenie zásobníku nástrojov vždy o jednu pozíciu, zasunutie držiaka nástroja do upínacej plochy vretena, nástroj sa upne, a môže sa pokračovať v obrábaní.

V zásobníku nástrojov musia byť jednotlivé nástroje vždy usporiadané podľa sledu jednotlivých operácií, aby sa zmenšila už aj tak dlhá doba výmeny nástrojov. [1]

Najčastejšími predstaviteľmi sú zásobníky v tvare revolverovej hlavy so šikmou osou otáčania (obr.6 vľavo), alebo zásobníky bubnového tvaru so zvislou osou (obr.6 vpravo).



Obr. 6) Systém zásobník – upínač: vľavo zásobník v tvare šikmej revolverovej hlavy [1], vpravo bubnový zásobník [11]

V dnešnej dobe sa kvôli zvyšovaniu kapacity zásobníku zvyknú nahrádzať bubnové vretenové zásobníky reťazovými zásobníkmi. Tieto zásobníky majú síce viac úložného miesta, ale nezrýchľujú samotnú výmenu nástrojov.

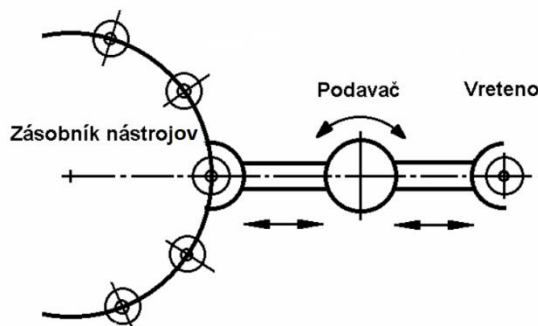
Zásobník – výmenník – vreteno

Je to najpoužívanější způsob výmeny nástrojov. Na rozdiel od prvého spôsobu sa tu používa ešte výmenník (podávač) nástrojov (obr.7), ktorý môže byť dvojramenný - presnejšie teleskopický, výsuvný, alebo otočný.

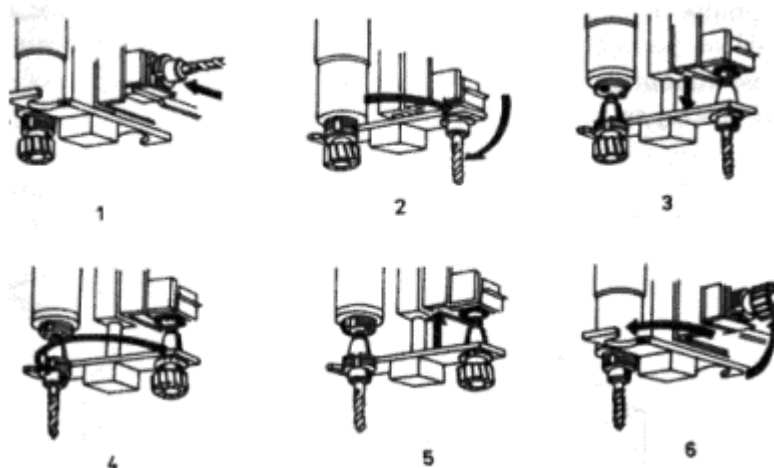
Celá výmena prebieha postupne v jednotlivých krokoch (obr.8). Najskôr sa zo zásobníku vyberie vyhovujúci nástroj (1), ktorý sa umiestni do dosahu podávača nástrojov(2). Následne sa natočí vreteno podávača do pozície aby mohol naraz uchopiť nástroj zo zásobníka a nástroj z vretena, ktoré sa zastavilo v pozícii pre výmenu (3). Zaciaknutím upne oba nástroje, vysunie ich z pozícií v ktorých boli upnuté, spraví s nimi otočku o 180° a upne na ich pozície nové nástroje (4). Potom sa stočí do pôvodnej polohy (5). Nástroj upnutý do vretena začne vykonávať ďalšiu operáciu v operačnom slede, v zásobníku nástrojov je nástroj natočený do polohy, aby sa mohol zásobník spolu s ním otočiť a pripraviť nový nástroj (6).

Na rozdiel od predchádzajúceho systému výmeny sa nevyžaduje usporiadanie nástrojov v operačnom slede, jednotlivá výmena nástrojov je podstatne rýchlejšia. Nevyžaduje sa súhlasné natočenie rovín zásobníka a podávača, zásobníky nástrojov sú schopné sa rôzne natočiť, aby umožnili jednoduchú a rýchlu výmenu. Zásobníky nástrojov majú väčšiu kapacitu.

Jednotlivé stroje sa od seba odlišujú spôsobom natočenia zásobníka nástrojov, umiestneným samotného zásobníka nástrojov, ale najčastejšie sa jedná o obrábacie stroje s vodorovným vretenom. [2]



Obr. 7) Systém zásobník – výmenník – vreteno [6]



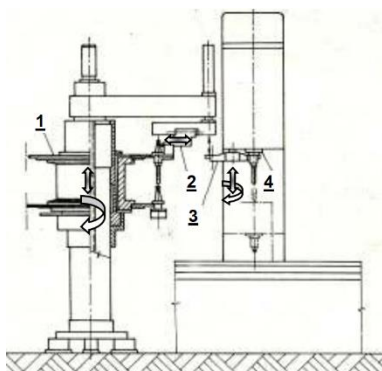
Obr. 8) Schéma výmeny nástrojov systémom zásobník – výmenník - vreteno [12]

Zásobník – manipulátor – výmenník – vreteno

V niektorých zdrojoch uvádzaný aj ako systém zásobník – dopravný manipulátor – podávač – upínač (obr.9). Je z pomedzi všetkých systémov automatických výmen samostatných nástrojov najzložitejší, pretože počas práce jedného nástroja sa v zásobníku nástrojov vyhľadávajú nové nástroje pre ďalšie operácie.

Celý proces spočíva v otáčaní zásobníka (1) nástrojov a vyhľadávaní nového nástroja, počas práce pôvodného nástroja. ďalej je prepravený pomocou dopravného manipulátoru (2) na pozíciu odkiaľ si ho prevezme výmenník (3), následná výmena a upnutie do vretena (4) funguje na rovnakom princípe ako to je uvedené v predchádzajúcom systéme.

I v tomto prípade trvá samotná výmena len niekoľko sekúnd. Využitie nachádzajú v prevádzkach, kde sú veľkoobjemové zásobníky z dôvodu pôdorysnej plochy umiestňované v relatívne veľkých vzdialenostiach od stroja. V týchto prípadoch je pomocou dopravného manipulátoru zaistená preprava nástrojov medzi zásobníkom a výmenníkom nástrojov. [1]

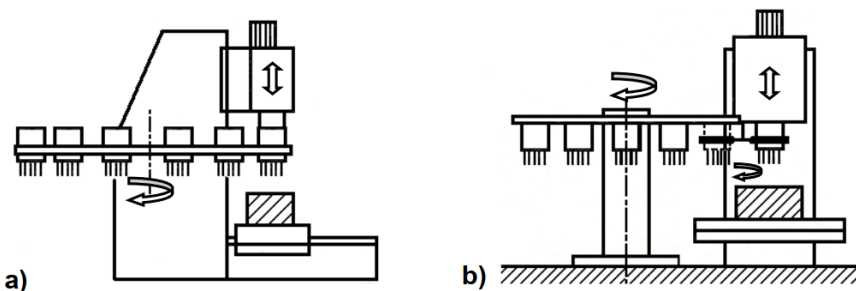


Obr. 9) Systém zásobník – manipulátor – výmenník - vreteno [1]

Výmena viacerých vretenových hláv

V skladovacom zásobníku sa nachádzajú usporiadané viacvretenové vrtacie hlavy, ktoré sú po presunutí pod vreteno upnuté a pripojené k pohonu vretena. Výmena sa môže uskutočniť s pomocou výmenníku nástrojov (obr.10b)) i bez neho (obr.10a)).

Nahrádzajú automatické linky vo veľkosériovej výrobe, ďalšou výhodou je, že každý nástroj má ideálne uloženie aj vreteno. Vzhľadom na krátku dobu práce každého vretena netreba uvažovať chladenie. Jednou z najväčších nevýhod je to, že zaberajú najviac miesta zo všetkých systémov. Taktiež ich ceny nie sú práve najnižšie. [2]

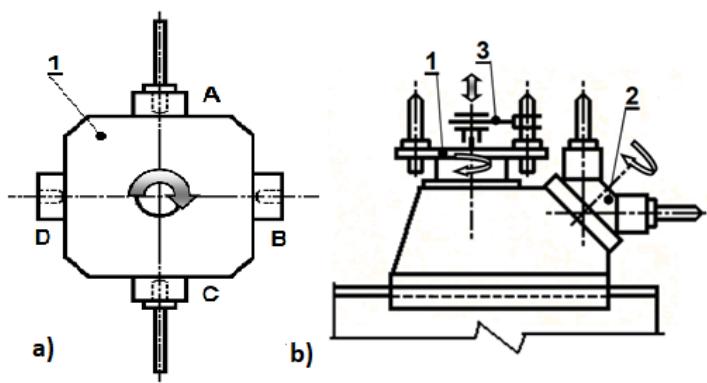


Obr. 10) Systém s výmenou viacvretenových hláv s nástrojmi v prípade a) ide o výmenu pomocou pick – up systému; b) výmena pomocou výmenníku nástrojov [1]

4.1.3 Kombinované systémy

Systém automatickej výmeny nástrojov, ktorý je kombináciou dvoch predchádzajúcich systémov. Obrábací stroj má zvyčajne minimálne jednu vretenovú hlavu a aspoň jeden zásobník nástrojov. V pevne osadených revolverových hlavách (príklad takej hlavy je na obr.11a)) sa na určitých pozíciách (A,C) menia nástroje na ďalších pozíciách (B,D) sú umiestnené nástroje, ktoré sa v priebehu procesu nemenia (ide buď o príliš často používané nástroje, že sa ich výmena časovo neoplatí, alebo sú rozmerovo nevhodné na neustálu výmenu). Vďaka tomu dochádza k ušetreniu neproduktívnych vedľajších časov spotrebúvaných na výmenu nástrojov. [10]

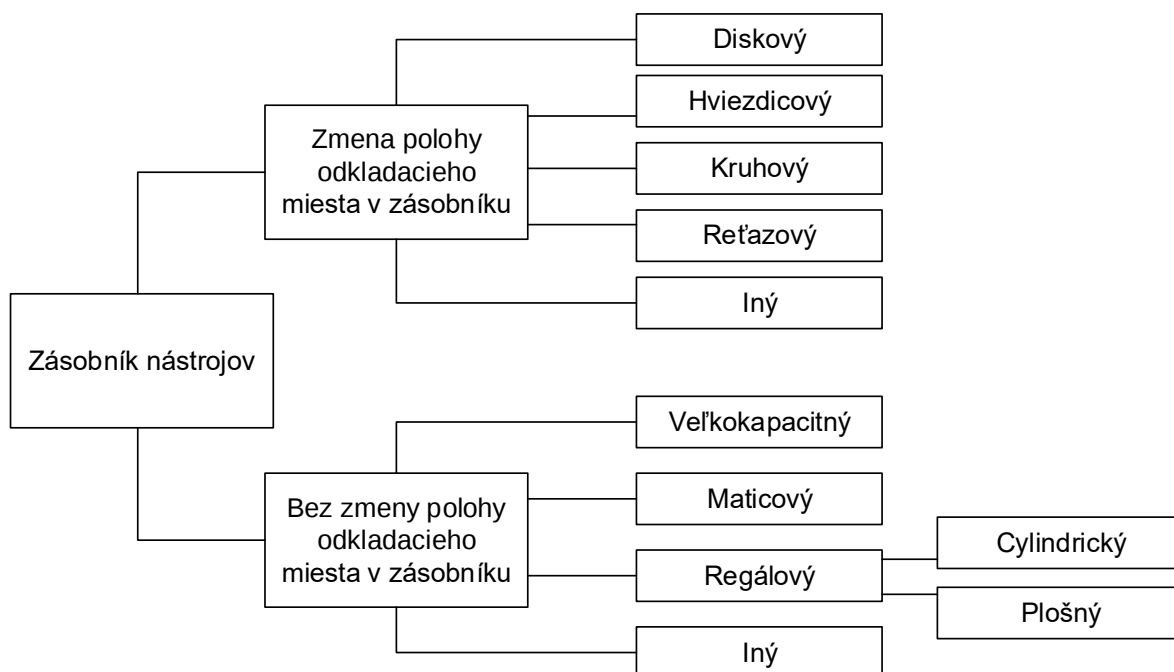
V niektorých prípadoch sa používajú systémy s dvojpolohovou revolverovou hlavou (2) namiesto štyri a viac vretenových hláv. Jeden nástroj sa vymieňa zatiaľ čo pomocou druhého nástroja uskutočňujeme výrobnú operáciu. Tento systém je výhodný pri časovo dlhších výrobných operáciách, pretože pokiaľ sa pomocou výmenného mechanizmu (3) podarí počas priebehu operácie vymeniť nástroj s nástrojom zo zásobníku (1), tak po skončení operácie trvá výmena nástrojov len pár sekúnd (takýto systém výmeny je na obr.11b)). V prípade, že sa to nepodarí, tak musíme počkať pokiaľ sa uskutoční výmena nepoužívaného nástroja, až potom nastane výmena nástrojov otočením vretena (celý výmena sa niekoľkonásobne predĺži). [2]



Obr. 11) Systém s kombinovanou automatickou výmenou nástrojov a) s štvorvretenovou hlavou; b) s dvojvretenovou hlavou [1]

4.2 Systém rozdelenia zásobníkov nástrojov z hľadiska odkladacieho miesta

Skladovacie zásobníky nástrojov zaberať určitý priestor v okolí stroja, poprípade časť pracovného priestoru. S ohľadom na priestor, ktorý máme k dispozícii si volíme medzi týmito typmi zásobníkov nástrojov, ktoré rozdeľujeme podľa toho, či odkladací priestor v zásobníku nástrojov mení, alebo nemení svoju polohu nasledovne (obr.12) [4]:



Obr. 12) Systémové rozdelenie zásobníkov nástrojov podľa zmien polohy odkladacieho miesta

4.2.1 Zásobníky nástrojov so zmenou polohy odkladacieho miesta v zásobníku

Ako už samotný názov naznačuje, v tejto podkapitole sa preberajú skladové zásobníky nástrojov, ktoré sú konštrukčne prispôbené k pohybu. Samotné sa postarajú o to, aby na mieste výmeny bol nástroj, ktorý sa práve má vymeniť. Podľa typu (tvaru) úložného miesta ich môžeme deliť na zásobníky s úložným miestom:

Diskový

Je preňho typická jednoduchá konštrukcia. Nástroje sú upnuté pomocou vidlíc na ploche, ktorá pripomína svojím tvarom disk (obr.13), odtiaľ dostal názov diskový zásobník nástrojov. Na jeden takýto disk dokážeme upnúť 20 až 40 nástrojov, preto ho radíme medzi maloobjemové zásobníky nástrojov. Jednotlivé nástroje sú uložené rovnobežne s osu otáčania, alebo sú od nej odklonené pod nepatrným uhlom, čo z neho robí priestorovo skladný zásobník nástrojov vo vertikálnom smere. V horizontálnom smere si musíme dávať pozor na výšku jednotlivých nástrojov.

Tu je možné jednotlivé nástrojové zásobníky radiť nad sebou (a tým niekoľkonásobne zväčšiť jeho kapacitu). V prípade diskového zásobníku nástrojov, si to už vyžaduje prispôbiť každú vzdialenosť medzi jednotlivými zásobníkmi výškam uskladnených nástrojov (obr.14). Potom sa zvyčajne označuje ako regálový diskový zásobník nástrojov.

Často sa používa v kombinácii s pick-up systémom výmeny nástrojov. Najčastejšie sa k jeho pohonu používajú elektromotory, alebo servomotory. Jednotlivá výmena prebieha

celkom rýchlo, pokiaľ sú nástroje usporiadané v slede technologických operácií. Jeho nevýhodou je to, že s pridávaním počtu nástrojov sa zväčšuje jeho priemer a tým prichádzame o pracovnú plochu v jeho okolí.



Obr. 13) Diskový zásobník nástrojov [13]



Obr. 14) Regálový diskový zásobník nástrojov [14]

Hviezdicovým

Podobne ako diskový zásobník nástrojov, je konštrukčne jednoduchým zásobníkom nástrojov (zvláštny typ diskových zásobníkov nástrojov). Priestorovo skladným zásobníkom v smere rovnobežnom na os otáčania, vďaka tomu, že sú jeho nástroje uložené kolmo na osu otáčania (napríklad obr.15). Nazývame ho hviezdicovým zásobníkom, pretože jednotlivé nástroje z neho trčia na všetky strany a tým pripomínajú cípy hviezd.

Preto je možné ich ukladať na seba a tým zväčšovať niekoľkonásobne celkovú kapacitu zásobníka nástrojov (obr.16). Samotný jeden hviezdicový zásobník má kapacitu 20 až 40 nástrojov, (potom to už len zbytočne zväčšuje pôdorysnú plochu), preto sa radí medzi maloobjemové zásobníky.

V radiálnom smere to je už horšie, jednotlivé nástroje z neho trčia a tým zväčšujú jeho priemer, na druhej strane v prípade, že by sme ich otočili smerom dovnútra, tak aby nezaberali priveľa miesta ani v radiálnom smere (táto možnosť by však bola vo väčšine prípadov

nepraktická, pretože by sme museli uvažovať výmenu z vonkajšej strany zásobníka, kde sa zvyčajne nachádza kryt zabráňujúci znečisteniu práve nepoužívaných nástrojov).

Výmena nástrojov najčastejšie pomocou pick-up systému prebieha rýchlo v prípade, že sa zásobník posunie vždy len o niekoľko pozícií (ideálne o 1 až 2). Predstavuje možnosť protichodného otáčania jednotlivých hviezdíc. Celý systém môže byť poháňaný elektromotorom, v niektorých prípadoch je zásobník poháňaný servomotorom, hydraulické motory sa nepoužívajú.



Obr. 15) Hviezdicový zásobník nástrojov [15]



Obr. 16) Radenie viacerých hviezdicových zásobníkov za sebou [16]

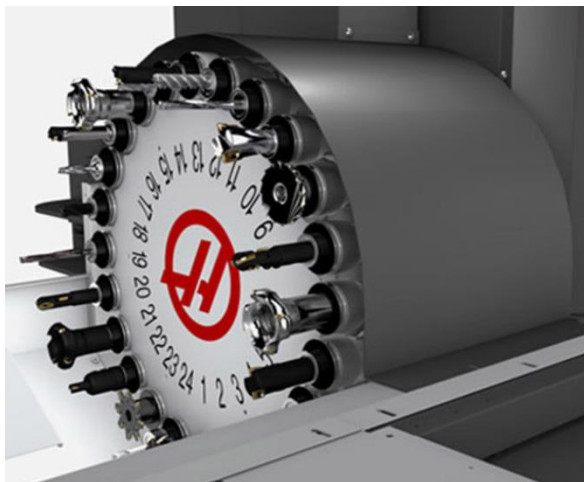
Kruhový

Má jednoduchú, súdržnú konštrukciu, ktorá umožňuje ľahkú výmenu náhradných dielov. Svoj názov dostal podľa spôsobu akým sú uložené jednotlivé nástroje v ňom. Jeho kapacita sa pohybuje v rozmedzí 20 až 50 nástrojov, taktiež je radený medzi maloobjemové zásobníky nástrojov.

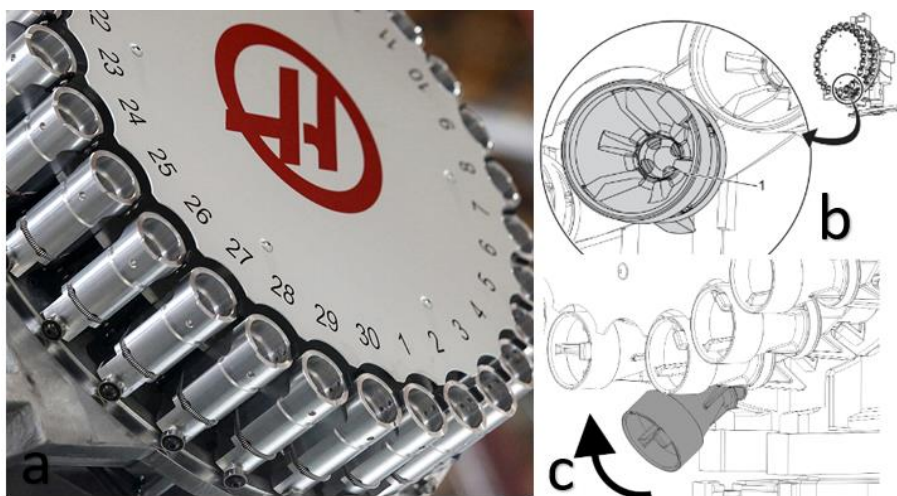
Tu nie je možné jednotlivé zásobníky radiť nad sebou (a tým niekoľkonásobne zväčšiť jeho kapacitu). V prípade kruhového zásobníku nástrojov, sa môžu umiestniť vedľa obvodového kruhu umiestniť dovnútra ďalšie sústredné kruhy s nástrojmi a tým zväčšiť jeho kapacitu, ale to už hovoríme o kotúčovom zásobníku nástrojov. Toto riešenie si ale už vyžaduje prispôbiť každú vzdialenosť medzi jednotlivými kruhovými zásobníkmi, používanému výmennému systému.

Pokiaľ sú nástroje uložené pod kupolovitým železným krytom (obr.17), tak sa to podľa popredných svetových výrobcov naďalej označuje ako kruhový zásobník nástrojov, aj napriek tomu že svojím tvarom pripomína bubon.

Na rozdiel od hviezdicového zásobníku sú nástroje uložené rovnobežne s osou otáčania zásobníka nástrojov, čo obmedzuje priestor pre manipulátor (obr.18a)). Preto v prípade výmeny pomocou systému pick – up sa v pozícii pre výmenu otočia lôžka o 90° a tým uľahčia výmenu nástroja (obr.18b);18c)). Ak by sa celá výmena uskutočňovala za pomoci manipulátora, tak nie vždy musíme uvažovať otáčanie lôžka nástrojov. Môže byť poháňaný servomotorom s cykloidnou prevodovkou, ktorý umožňuje bočný výjazd nástroja a tým zaisťuje väčšiu variabilitu zásobníka nástrojov.



Obr. 17) Kruhový zásobník nástrojov [17]



Obr. 18) Kruhový zásobník nástrojov [18] s detailom otáčania lôžka pri výmene [19]

Reťazový

Sú momentálne najpoužívannejšími zásobníkmi nástrojov. Jednotlivé lôžka pre nástrojové držiaky sú navzájom pospájané reťazami a tvoria tak jednoliaty pás (preto reťazový), ktorý sa pohybuje po vopred určených trasách. Podobne ako pri kruhových zásobníkoch nástrojov, aj tu sa používajú výklopné lôžka na nástroje.

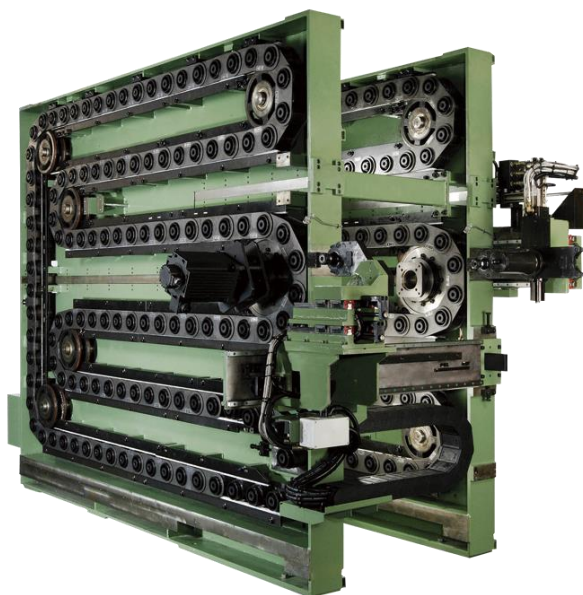
Tento typ má z pomedzi všetkých najväčšiu variabilitu konštrukčných riešení, ktorá mu umožňuje prispôbiť sa priestoru. Môže byť súčasťou stroja (obr.19), alebo položený vedľa neho (zvyčajne má kapacitu 40 až 100 nástrojov, čo ho radí k stred neobjemovým zásobníkom). Jedným z parametrov, ktoré ho obmedzujú je priestor, ktorý naňho máme vyhradený a kapacita zásobníku. Pre získanie väčšej kapacity sa niekedy položia viaceré zásobníky na seba, alebo

vedľa seba, pre všetky sa uvažuje zvyčajne jeden systém výmeny nástroja (obr.20). Iba v ojedinelých prípadoch sa vzhľadom na jeho veľkosť používa viac výmenných mechanizmov na urýchlenie výmeny nástrojov, alebo v prípade rôznych držiakov nástrojov pre viac obrábacích strojov.

Používajú sa najmä pri nepriamej výmene nástrojov a to hlavne v prípadoch, keď sú postavené vedľa strojov. Občas sa aj tu nájdu prípady, kedy sa výrobcovia rozhodli uprednostniť priamu výmenu, ale nie sú také časté. Majú dlhú životnosť, vysokú účinnosť, výmena nástrojov je ale pomalšia ako v predchádzajúcich prípadoch.



Obr. 19) Reťazový zásobník umiestnený priamo na stroji [20]



Obr. 20) Reťazový zásobník nástrojov s výmenným mechanizmom [21]

4.2.2 Zásobníky nástrojov bez zmeny polohy odkladacieho miesta v zásobníku

Ide o skladovacie zásobníky nástrojov, u ktorých nedochádza k zmene polohy v priebehu výmeny nástrojov ani po nej. Sú buď pevne ukotvené v regáloch zavesených na stenách, alebo sú súčasťou strojov, kde sú pevne uchytané.

Najčastejšie sa výmena jednotlivých nástrojov uskutočňuje pomocou manipulátorov, alebo pomocou univerzálnych antropomorfných robotov v tých najmodernejších prevádzkach. Je to vývojovo najmladší druh automatickej výmeny nástrojov.

Jednou z najväčších nevýhod tohto systému sú vysoké prvotné náklady na kúpu a sprevádzkovanie systému. Ďalšou nevýhodou je dlhý čas výmeny jedného nástroja medzi strojom a veľkokapacitným zásobníkom.

Tieto zásobníky sa ďalej delia na:

Veľkokapacitný zásobník

Ako už samotný názov napovedá ide o zásobník s veľkým objemom úložných miest pre nástroje, taktiež obrovských hmotností. Nástroje sú poukladané v jednotlivých úložných miestach v radoch za sebou a pod sebou. Slúži ako skladový zásobník, kde sa nachádzajú nástroje rôznych veľkostí (obr.21).

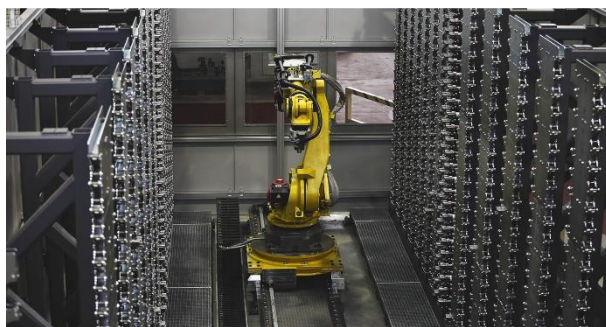
Tieto nástroje sú následne pomocou manipulátorov presúvané buď do samotného vretena, alebo do príručných, menších zásobníkov, ktoré sa nachádzajú v blízkosti obrábacích strojov. Výmena je najčastejšie vykonávaná pomocou manipulátorov.



Obr. 21) Veľkokapacitný zásobník regálového typu [22]

V prípade, že sa tento zásobník nástrojov nachádza mimo pôdorysnú plochu samotného stroja, napríklad po obvodu miestnosti. Popríklad slúži ako zásobník nástrojov naraz pre viaceré obrábacie stroje, tak hovoríme o centrálnom zásobníku nástrojov (obr.22). Takže sú v ňom uložené rôzne typy nástrojov, rôznych veľkostí a tvarov, ktoré sú umiestnené (uchytené) vo zvislej stene (úložné miesta v zásobníku tvoria zvislú stenu).

V úložných miestach centrálného zásobníka sú zvyčajne zabudované malé čipy, ktoré majú dokonalý prehľad o jeho stave. V prípade, že nástroj nie je schopný vykonávať ďalej svoju funkciu, tak je na to upozornená obsluha, ktorá vyberie daný nástroj zo zásobníka zozadu a vymení ho za ďalší, popríklad ho nabrúsi a vráti naspäť. Toto zabráňuje nutnosti vstupu obsluhy do manipulačného priestoru a tým zastavenie manipulátora v jeho činnosti.



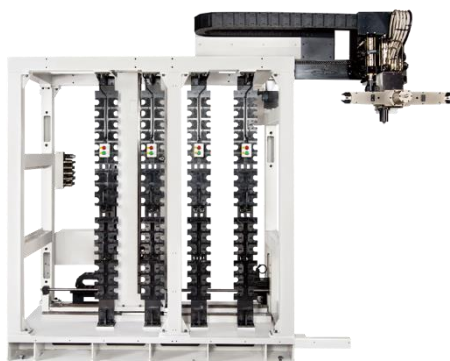
Obr. 22) Centrálny zásobník nástrojov [23]

Maticový zásobník

Ďalší typ veľkoobjemového zásobníka nástrojov, ktorý slúži ako pomocný zásobník nástrojov a tým zvyšuje kapacitu úložného miesta v okolí stroja.

Ide o na výšku postavené lineárne zásobníky nástrojov. V tomto prípade, však musí byť medzi jednotlivými nástrojmi vynechané miesto pre portálový dopravný manipulátor.

Je to ideálne riešenie pre výrobu obrobkov s veľkým množstvom unikátnych nástrojov, ktoré by mali zostať po ruke v blízkosti stroja. Každý nástroj je umiestňovaný do zásobníku tesne nad (pod) predchádzajúci, vymieňa sa pomocou pick-up systému. (obr.23).



Obr. 23) Maticový zásobník nástrojov [24]

Regálový lineárny zásobník

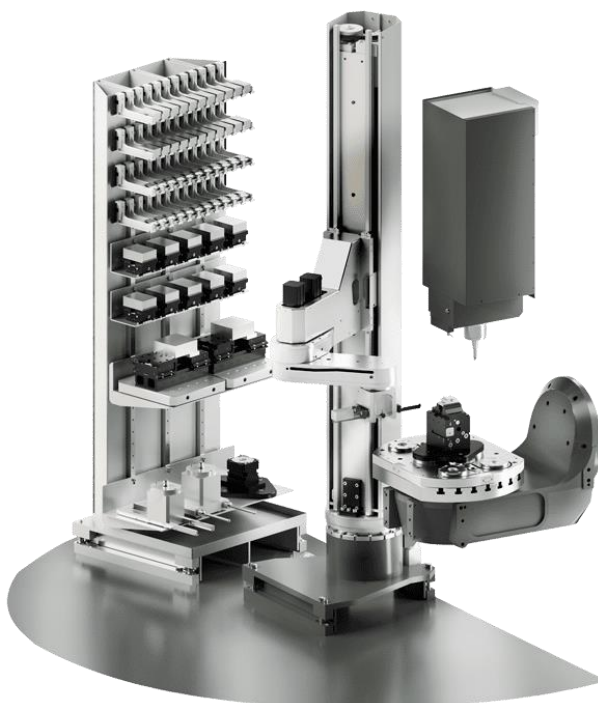
Ide o druh veľkokapacitného zásobníka nástrojov, ktorý je schopný poňať veľké množstvo nástrojov. Jednotlivé nástroje sú uskladnené jeden vedľa druhého v radoch nad sebou. Tento zásobník nástrojov nie je limitovaný počtom nástrojov, ale veľkosťou pôdorysnej plochy, ktorá je naňho vyhradená.

Zvyčajne je umiestňovaný po obvodoch miestností (obr.24), alebo v radoch za sebou s dostatočnou medzerou na dráhu pre robotické rameno medzi sebou. Niekedy je súčasťou samotných strojov (obr.25). V tomto prípade je už jeho kapacita limitovaná výškou obrábacieho stroja, alebo výškou jednotlivých nástrojov (čím vyššie nástroje, tým menej radov sa sem vojde).

Výber a výmena nástrojov zo zásobníka sa vo väčšine prípadov uskutočňuje pomocou robotického ramena. To umožňuje skladovať v ňom nie len nástroje, ale aj obrobky, alebo palety.



Obr. 24) Lineární regálový zásobník umístěný po obvodu místnosti [25]



Obr. 25) Regálový lineární zásobník je součástí stroja [26]

Regálový cylindrický zásobník

Rovnako ako v prípade predchádzajúceho ide o regálový typ zásobníku. Jediným z mála rozdielov je tvar a kapacita. Tento zásobník je tvorený oblúkovými, kruhovými, alebo polkruhovými regálmi, ktoré môžu obkružovať stroj, alebo sú položené v určitej vzdialenosti od neho (obr.26). Toto uloženie je výhodnejšie v prípade menšieho množstva nástrojov na uloženie, alebo pri uloženiach do priestoru miestnosti.

Aj tu dochádza najčastejšie k výmene nástrojov pomocou robotického manipulátora.



Obr. 26) Regálový cylindrický zásobník [25]

Ak je to potrebné, dajú sa oba regálové typy zásobníkov skombinovať dokopy, aby čo najlepšie obsiahli vymedzené miesto v blízkosti obrábacieho stroja (obr. 27).



Obr. 27) Kombinácia regálového cylindrického a plošného zásobníku [25]

4.2.3 Iné zásobníky nástrojov

V tejto malej podkapitole sú uvedené zásobníky nástrojov, ktoré nie sú uvedené v žiadnom z predchádzajúcich rozdelení. Sú to menej používané zásobníky nástrojov, ale aj napriek tomu stoja za zmienku.

Lineárny zásobník nástrojov

Malý skladný zásobník nástrojov s jednoducho konštrukciou, relatívne nízkou cenou. Vzhľadom na jeho rozmery pojme len 8 až 10 nástrojov, ale môže byť umiestnený v tesnej blízkosti pracovnej plochy. Používa sa ako príručný zásobník v dielňach.

Oveľa častejšie sa však môžeme stretnúť s pospájaním viacerých takýchto zásobníkov za sebou a poukladaním do regálov nad seba – regálové zásobníky, veľkokapacitné zásobníky. V prípadoch kedy sú poukladané vedľa seba a tvoria tak širokú jednoliatu dosku ide o plošné zásobníky nástrojov.



Obr. 28) Lineárny zásobník nástrojov [27]

Plošný zásobník

V tomto prípade ide o špeciálny typ veľkokapacitného regálového zásobníka, kde sú jednotlivé nástroje uložené vedľa seba vo vodorovných plochách, ktoré svojou konštrukciou pripomínajú palety. Tieto palety sú zvyčajne naskladané vedľa seba, aby bola jednoduchšia výmena nástrojov. Jedna takáto paleta môže pojsť 30 až 100 (v prípade palety pre vrtáky obr. 29) nástrojov, záleží na veľkosti samotných nástrojov.

Jej rozmery sa určujú vzhľadom na veľkosť samotných nástrojov, ktoré sú v nej uložené. K tomu prispôbujeme konštrukciu samotnej palety i pôdorysnú plochu v okolí obrábacieho stroja.



Obr. 29) Paletový zásobník nástrojov pre vrtáky [28]

5 SPÔSOBY UCHOPENIA A DRŽIAKY NÁSTROJOV

Správne vybraný spôsob uchopenia nástrojov je rovnako dôležitý ako samotný stroj a zásobník nástrojov. Uchopovacie technológie môžu mať značný vplyv tak na rýchlosť výmeny nástrojov, ako aj na náklady. Zvýšené nároky sa kladú najmä na presnosť, veľkosť, hmotnosť a životnosť. V dnešnej dobe sa vyrábajú upínače s veľkou upínacou silou, odolné voči trieskam, nečistotám a chladiacim kvapalinám, s ľahkou údržbou a výmenou.

5.1 Spôsoby uchopenia nástrojov v zásobníkoch nástrojov

V procese automatizácie výrobných procesov dochádza k veľkému rozvoju rozmanitých zásobníkov nástrojov. Jednotlivé nástroje v zásobníkoch nástrojov sú uchopované pomocou špeciálnych nástrojových uchopovačov. Tieto uchopovače sú prispôbované svojou veľkosťou a tvarom nástrojom, ktoré sú v nich umiestňované. V prípade zásobníkov nástrojov kruhových i reťazových typov umiestňovaných na stroji, alebo v jeho tesnej blízkosti, sú volené jednotné uchopovače tak, aby vyhovovali strojom používaným nástrojovým držiakom. Pokiaľ beriem do úvahy veľké centrálné, regálové skladovacie zásobníky nástrojov umiestňované v blízkosti niekoľkých strojov, alebo po okraji miestností môže dochádzať k používaniu viacerých veľkostí jedného typu uchopovačov, pre rôzne veľkosti držiakov nástrojov. Medzi najpoužívanejšie uchopovacie mechanizmy zásobníkov nástrojov sa radia uchopovacia vidlica a lôžko na nástroje.

5.1.1 Uchopovacia vidlica

Slúži na uchopenie nástrojových držiakov prevažne typu ISO a HSK. Najčastejšie sa vyskytuje u kruhových, prstencových, regálových v niektorých prípadoch i u maticových skladovacích zásobníkov nástrojov. Nástroj je z nej pomocou prudkého ťahu výmenníka nástrojov vytiahnutý a môže byť vymenený. Nástrojové držiaky sú do nej opätovne zacvaknuté prudkým posunom nástrojového držiaku proti nej.

Je vyrobená z kvalitného tvrdeného, nehorľavého plastu. Priemer a typ sa volí podľa toho aký nástrojový držiak sa v nej uchopuje. Na obr. 30 je znázornených pár typických predstaviteľov. [29]



Obr. 30) Najčastejšie využívané uchopovacie vidlice [29]

5.1.2 Lôžko na nástroje

Rovnako ako u predchádzajúceho systému uchopovania nástrojov sa používa najmä na uchopenie nástrojových držiakov typu HSK, ISO. V tomto prípade, ale ide o skladovacie zásobníky regálového, alebo diskového typu. Lôžko na nástroje (obr.27) je nesené otočným nosičom zásobníka nástrojov nadol (tam sa v niektorých prípadoch otočí o 90°, aby uľahčilo výmenu nástroja) nech zapadne do ramena. Následne rameno vytiahne držiak nástroja z lôžka na nástroj a uskutoční výmenu.

Na jeho výrobu sa používa priemyselný plast, ktorý je pevný, vhodný pre teploty v rozpätí – 20 °C až 120 °C, ľahký, odolný. I v tomto prípade sa jeho veľkosť prispôbuje typom nástrojových držiakov, ktoré v ňom budú uchopené. [30]



Obr. 31) Lôžko na nástroje [30]

5.2 Požiadavky na funkcie držiakov nástrojov

S rozvojom CNC strojov a stále rastúcim trendom znižovania vedľajších (neproduktívnych) strojných časov sa začali stupňovať požiadavky na upínanie nástrojov. Akýkoľvek držiak nástrojov používaný v systéme automatickej výmeny nástrojov so skladovacím zásobníkom, by mal spĺňať nasledujúce požiadavky [1]:

- Umožniť presné upnutie nástroja do vretena, alebo na nosič nástrojov, zásobník nástrojov. Túto funkciu zabezpečuje upínacia časť nástrojového držiaku, ktorá môže mať tvar kužeľu, valca, alebo je zložená z rovinných, či valcových plôch. Mala by umožňovať v prípade potreby uchytenie držiaka upínacím, alebo poistným zariadením.
- Pokiaľ nie je držiak nástrojov schopný prenášať úplne celé zaťaženie reznými odpormi trením v upínacích plochách alebo systémom týchto plôch, mali by byť na ňom vytvorené plochy, ktoré umožňujú prenos týchto síl.
- Pre uchopenie manipulátorom pri automatickej výmene nástrojov by mali byť na držiaku vytvorené jednotné plochy, taktiež sa tu musia nachádzať plochy na umiestnenie kódu pre presnú identifikáciu nástroja

5.3 Najpoužívanějšíe držiaky nástrojov

Voľba typov držiakov závisí na požadovaných vlastnostiach držiaku nástrojov, ale taktiež na samotnom výrobcovi strojov (s ktorými nástrojovými držiakmi má dobré skúsenosti; snaží sa používať jednotné nástrojové držiaky, aby zabezpečil univerzálnosť svojich strojov). Vretená strojov majú vždy zhotovené jednotné upínacie plochy, do ktorých sa upína držiak nástrojov.

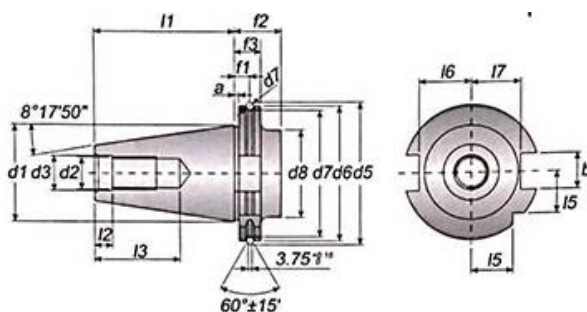
V nasledujúcich odstavcoch sú vedené najpoužívanějšíe držiaky nástrojov, ktoré sú typické pre obrábacie centrá s hlavným rezným pohybom nástroja.

5.3.1 Držiak s kužeľovou stopkou typu ISO

Ide o vývojové staršie držiaky nástrojov s držiakmi s dlhým kužeľom o kužeľovitosti 7:24, jeho tvar a rozmery sú normalizované normou DIN. Podľa podmienok práce a presnosti vyhotovenia je minimálne dosiahnuteľné hádzanie držiaka ISO v rozsahu 0,03 až 0,006mm.

Predĺžená kužeľová plocha umožňuje vystrediť kužeľ sama. Vzhľadom na to, že je kužeľ ISO nesamosvorný, tak nie je potrebné využívanie násilia pri jeho vyberaní z dutiny vretena. Točivý moment je v tomto prípade prenášaný trením po kužeľovej ploche stopky nástroja a unášacími kameňmi.

K jeho nevýhodám sa radí náročná presná výroba kužeľových plôch držiaka i vretena, nutnosť pri každej výmene nástroja polohovať vreteno, udržiavanie stopiek v čistote (inak dochádza k poškodeniu stopiek a nepresnostiam pri upínaní). [2] Na obrázku (obr. 32) je uvedený držiak nástrojov ISO 40.



Obr. 32) Držiak nástrojov s kužeľovou stopkou ISO [31]

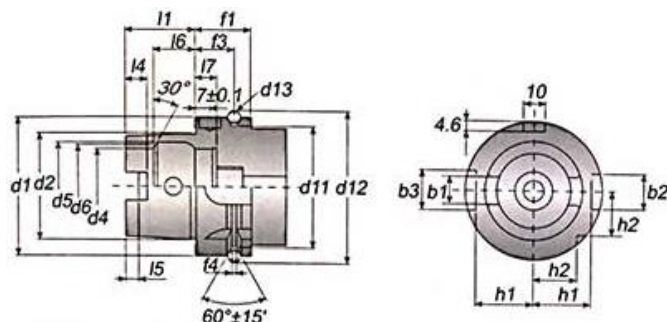
5.3.2 Držiak s kužeľovou stopkou typu HSK

V prípade strojov používaných na vysoko rýchlostné obrábanie je výhodnejšie používať držiaky s krátkym kužeľom (obr.33) s kužeľovitosťou 1:10 aj v tomto prípade sú jeho rozmery normalizované normou DIN. Dosiahnuteľné tolerancie medzi kužeľovou a rovinnou upínacou plochou držiaka sú menšie než 0,002 mm.

V dnešnej dobe sa používajú čoraz častejšie, pretože vyžadujú minimálny čas na výmenu, má vysokú tvarovú a rozmerovú presnosť upínacích plôch. Polohovanie nástroja je doplnené čelnou rovinnou plochou príruby, to zabezpečuje predpätie pri spojení vretena s držiakom. U tohto druhu kužeľového držiaku je točivý moment prenášaný trením po kužeľovej ploche aj na čele, pretože kužeľ dosadá presne, to umožňuje prenášať vysoké krútiace momenty.

Moderná technika už umožňuje upnutie držiaka s HSK kužeľovou stopkou do nástrojového držiaka určeného pre stopku ISO za pomoci upínacieho segmentu, ktorý je

na jednej strane upevnený v dutine stopky HSK a na druhej strane zaskrutkovaný do dutiny v držiaku so stopkou ISO. [2]



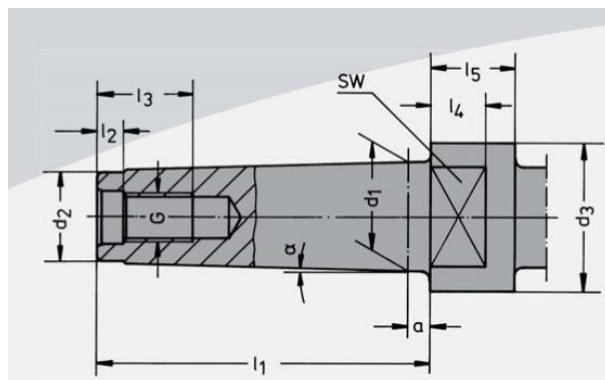
Obr. 33) Držiak nástrojov s kužeľovou stopkou HSK [31]

5.3.3 Držiak s valcovou stopkou

Už nie tak častý držiak nástrojov (obr.34), používaný najmä na strojoch s vysokou pracovnou presnosťou. Maximálne dosiahnuteľné radiálne hádzanie je 0,004 mm.

Medzi jeho najväčšie prednosti patrí jednoduchšia výroba, ľahké odstraňovanie nečistôt pri každom zasunutí do vretena i do zásobníka. Z toho dôvodu dochádza k minimálnemu opotrebeniu upínacích plôch. Pri výmene nástroja vo vretene nie je nutné vreteno vždy presne polohovať, tím sa ušetrí čas.

Jednou z najväčších nevýhod je menšia tuhosť upnutia vo vretena, ktorá je spôsobená umiestnením klieštiny (poddajný prvok znižujúci tuhosť sústavy) medzi držiakom a vretenom. Ďalším nedostatkom je zložitejšia a náročnejšia konštrukcia na výrobu upínacieho zariadenia (dva samostatné upínacie mechanizmy, ktoré zabráňujú samovoľnému vysunutiu nástroja z vretena). [1]



Obr. 34) Držiak nástrojov s valcovou stopkou [32]

6 KÓDOVÁNIE NÁSTROJOV

Na to, aby sme mohli pomocou programov efektívne vymieňať nástroje medzi strojom a zásobníkom potrebujeme presne identifikovať každý nástroj v zásobníku nástrojov. K tomuto nám slúži kódovanie nástrojov, ktoré podľa spôsobu identifikácie miesta uloženia jednotlivých nástrojov môžeme rozdeliť na:

- Kódovanie miesta uloženia v zásobníku nástrojov
- Kódovanie samotného nástroja

6.1 Kódovanie miesta uloženia v zásobníku

Niekedy sa uvádza aj ako pevné kódovanie, pretože v programe sú zaznamenané presné identifikácie nástrojového miesta v zásobníku nástrojov. Jednotlivé nástroje sú ručne vkladané na presne určené miesta (zvyčajne sú číslované pozície jednotlivých nástrojových miest) v programe a po skončení celého obrábacieho procesu sa musia povymieňať v prípade prechodu na nový, iný obrábací program.

Nie je to práve najvhodnejší spôsob kódovania nástrojov, pretože pri zamenení poradia nástrojov v zásobníku, môže dochádzať k poškodeniu obrobku, alebo ku kolízií. V súčasnosti je toto už programovo ošetrené – v prípade kolízie dochádza k automatickému prepísaniu polohy nástroja. Na druhej strane je cenovo dostupnejšou variantnou typickou pre revolverové sústruhy a niektoré druhy frézok. [2], [33]

6.2 Kódovanie samotného nástroja

V tomto prípade ide o takzvané variabilné kódovanie nástroja, pretože kód zostáva po celú dobu na nástroji aj v dobe, keď nie je nástroj umiestnený v zásobníku nástrojov. Nezáleží nám na poradí v akom naukladáme nástroje do zásobníka nástrojov, pretože každý z nich má svoj vlastný identifikačný kód. Jednotlivé kódy sú zaznamenávané čítacím zariadením, ktoré môže byť mechanické, elektrické, optické a iné. Toto zariadenie ich sníma počas výmeny nástroja, kedy sa okolo neho točia primeranou rýchlosťou. Akonáhle nájde zhodu kódu s programom celý proces zastaví a daný nástroj je ustanovený do predpísanej polohy, aby mohlo dôjsť k jeho výmene.

Pomocou tohto systému kódovania nástrojov je možné zabrániť prípadným škodám spôsobeným uložením nástroja na zlé miesto. Ide o automatizovaný proces, pretože sa nevyžaduje pri každej zmene obrobku alebo programu výmena nástrojov v zásobníku nástrojov. V niektorých prípadoch dochádza k predĺženiu neproduktívneho strojného času spôsobeného vyhľadávaním konkrétneho nástroja. [1], [6]

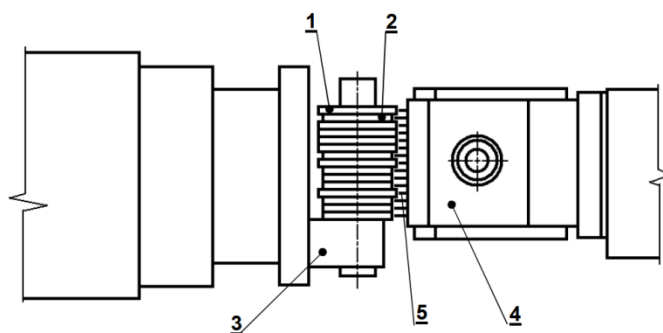
Z hľadiska použitého systému kódovania samotných nástrojov dochádza k ďalšiemu spôsobu rozdelenia identifikácie nástrojov podľa spôsobu čítania kódov:

- Mechanické čítanie kódov
- Elektronické čítanie kódov

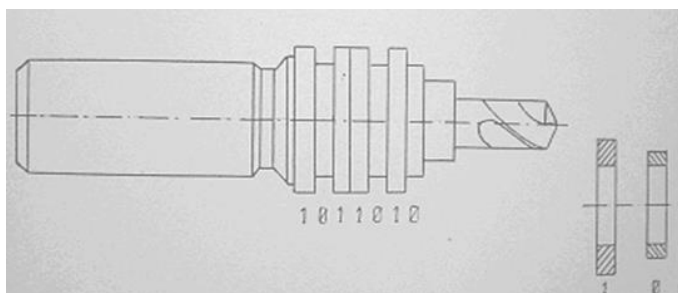
6.2.1 Mechanické čítanie kódov

Ide o dotykovú metódu čítania kódov. Čítacia hlava pomocou senzorov sníma nerovnosti na povrchu nástrojového držiaku.

Typickým predstaviteľom mechanického čítania kódov je kódovacia hlava s kódovacími krúžkami (1, 2). Na držiak nástroja (3) sa umiestňuje v rôznych kombináciách zostava pätnástich krúžkov. Tento druh kódovania umožňuje vytvoriť viac ako 32 000 rôznych variant označenia jednotlivých nástrojov. Funguje na základe čítacej hlavy (4), ktorá prechádza po povrchu jednotlivých krúžkov. Krúžky s väčšími priermi zatlačia senzory na čítacej hlave (5), pokiaľ sa stopa zhoduje s program, tak sa celý proces zastaví a daný nástroj sa pomocou výmenníku nástrojov umiestni do stroja (Schematicky to je uvedené na obr.35) . Ide o binárny systém čítania kódu nástroja. Krúžky s menšími priermi tvoria nuly, tie s väčšími priermi predstavujú jednotky (Toto rozdelenie znázorňuje obr.36). [2]

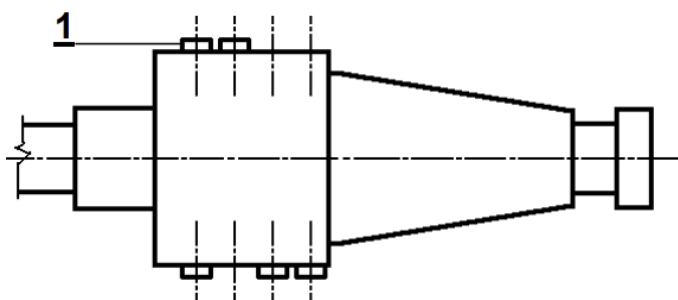


Obr. 35) Znázornenie kódovacej hlavy s kódovacími krúžkami [1]



Obr. 36) Binárny systém kódovania kódovacej hlavy [34]

V niektorých prípadoch sa miesto krúžkov používajú skrutky (obr.37). Princíp čítania, zostáva nezmenený, len miesto krúžkov sa senzory zameriavajú na skrutky (1) zaskrutkované v rôznych kombináciách pozdĺž celého držiaku nástrojov.



Obr. 37) Nástrojový držiak s kódovacou sústavou skrutiek [1]

6.2.2 Bezkontaktné čítanie kódov

Čítacie zariadenia sa v tomto prípade nedotýkajú povrchu nástroja, ale snímajú čipy, čiarové kódy, alebo prijímajú signály z vysieláčov zabudovaných v držiaku nástrojov.

Jedným z príkladov bezkontaktných čítacích zariadení sú RFID čítačky. (RFID je skratka z anglického Radio frequency identification – ide teda o identifikáciu na základe rádio frekvencie za pomoci elektromagnetických vĺn). [35]

Tento typ kódovania nástrojov umožňuje uchovanie parametrov nástroja (číslo, priemer, dĺžka, životnosť, stav nástroja) v jeho čipu RFID umiestneného na držiaku nástroja (zobrazuje obr.38). Všetky uchované služby k zabráneniu chodu stroja naprázdno z dôvodu chýbajúceho, alebo zle nabrúseného nástroja. [36]

Rýchla a bezchybná výmena nástrojov na stroji je umožnená jednoznačným a automatickým prenosom údajov do obrábacieho stroja. Na každom displeji nástroja sa priamo zobrazujú úbytkové časy životnosti nástroja. V zásobníku nástrojov je možné dosiahnuť lepšieho prehľadu, presne zaznamenávať stav a umiestnenie nástroja v každodennej prevádzke. Pri výbere jednotlivých typov matric sa musí dbať na typ prostredia, použitý nástroj, teplotu. V prípade extrémnych podmienok (teploty niekoľko stoviek °C) sú dosahované fyzikálne hranice RFID a používajú sa miesto nich DMC. [37]



Obr. 38) Umiestnenie RFID čipu na držiaku nástroja MDS D421 [38]

7 ZHODNOTENIE A DISKUSIA

V dnešnej modernej dobe, kedy sa ľudia neustále niekam ponáhľajú a nechcú robiť dookola neustále sa opakujúce činnosti dochádza k rozvoju automatizácie výroby, k vzniku priemyslu 4.0. Jeho neodmysliteľnou súčasťou sú obrábacie centrá. Mnohé z nich používajú systém automatickej výmeny nástrojov spolu so zásobníkmi na urýchlenie výroby.

Zrýchľovať výrobu sa dá mnohými spôsobmi, jedným z nich je skracovanie vedľajších (neproduktívnych) strojných časov. Jednou z podmienok ako to dosiahnuť je príprava samotnej výroby. Nech použijeme akýkoľvek obrábací stroj vždy prebehnú operácie na ňom omnoho rýchlejšie pokiaľ máme nástroje správne zoradené, pripravené na technologické operácie.

K tomu nám slúžia zásobníky nástroj spolu s výmenníkmi. Oboje sa prispôsobujú požiadavkám trhu, ale najmä zákazníka. Preto ich vzniká také obrovské množstvo rôznych typov, druhov, veľkostí, tvarov.

Zatiaľ, čo sa v systéme automatickej výmeny dajú rozdeliť jednotlivé systémy do skupín, ktoré sa časom len nepostrehnuteľne menia. U zásobníkov nástrojov to nie je také jednoduché. Táto bakalárska práca vznikla za účelom roztriedenia a pokúšenia sa o systematický prehľad v dnešnej dobe najpoužívanějších zásobníkov nástrojov.

Ich stručná charakteristika zameraná na všeobecné vlastnosti daných typov by mala pomôcť konštruktérom ujasniť čo už máme na trhu a funguje to bez problémov, čo by sa dalo zlepšiť, zjednodušiť, vylepšiť, poprípade, aký zásobník nástrojov je najvhodnejší pre práve navrhovaný CNC stroj s daným výmenným mechanizmom.

V neposlednom rade by mala poslúžiť zákazníkovi ako súbor základných poznatkov o doposiaľ existujúcich zásobníkoch nástrojov. Nech vedia aké sú možnosti trhu, či sa im oplatí investovať skôr do rýchlosti, alebo do kapacity.

U každého zásobníka nástrojov je uvedená len jeho obecná charakteristika, bez hmotnosti, rýchlosti výmeny, ceny, množstva nástrojov, ktoré sú schopné uchopiť pretože sa to od výrobcu, modelu líši a jej úlohou nebolo robiť reklamu niektorému výrobcovi. Taktiež vo väčšine prípadov nie sú uvedené pohony. Zvyčajne sa používajú elektro-, servo - motory, ktorých sila sa opäť odlišuje vzhľadom na konštrukčné riešenie a prevedenie. Postupne sa upúšťa od hydraulických motorov.

V závere práce sa nachádzajú dve menšie samostatné kapitoly, ktoré obsahujú stručnú charakteristiku systémov uchopovania a rozoznávania jednotlivých nástrojov. Tieto dve časti sú považované za neodmysliteľnú súčasť samotných zásobníkov nástrojov, ale vzhľadom na to, že sú vo väčšine prípadov ucelené a jednotné celky, z ktorých si volí konštruktér typ ktorý mu najviac vyhovuje podľa vlastného uváženia nie je považované za nutné ich pri každom zásobníku nástrojov popisovať zvlášť. Z tohto dôvodu sú zhrnuté do malých ucelených kapitol, kde sú stručne popísané a vysvetlené ich základné funkcie.

8 ZÁVER

Úlohou tejto práce bolo poskytnúť ucelený prehľad o momentálnom stave vedy a techniky v oblasti zásobníkov nástrojov obrábacích strojov. Toto dielo je stručným prehľadom najpoužívanejších zásobníkov nástrojov, ktoré sú rozdelené do podsystémov na základe ich spoločným vlastností pre ľahšiu orientáciu. Zároveň obsahuje základné informácie o neodmysliteľných súčastiach zásobníkov nástrojov, ako je automatická výmena nástrojov, spôsoby uchopovania a kódovania jednotlivých nástrojov, v neposlednej rade držiaky nástrojov.

Z pomedzi všetkých zásobníkov nástrojov sa nedá vybrať len jeden ako ten najlepší, ktorý by sa mal používať čo najčastejšie, pretože každému vyhovuje niečo iné. Niektorí chcú univerzálny obrábací stroj s obrovským úložným miestom, niektorí iní rýchlu a spoľahlivú výmenu, bez zbytočného zdržovania.

Zo získaných výsledkov, je ale patrné, že sa ľudia snažia o kompromis. Chcú mať dostatočnú kapacitu zásobníku nástrojov v kombinácii s rýchlou a spoľahlivou výmenou. Toto však nie vždy úplne vychádza. Dobrým príkladom takéhoto moderného systému je ukladanie viacerých rovnakých zásobníkov nástrojov na seba (za seba, vedľa seba) a tým vytvorenie veľkokapacitného zásobníka nástrojov.

Aj tu je evidentný vplyv priemyslu 4.0 a postupné začleňovanie robotických manipulátorov, robotických ramien do prevádzky na zrýchlenie času potrebného na výmenu nástrojov, najmä v prípade jednotlivých druhov veľkokapacitných statických zásobníkov. Urýchľujú tým celý cyklus výmeny, zároveň umožňujú využívanie centrálnych zásobníkov, ako jednotné zásobníky pre viaceré obrábacie stroje. Nahrádzajú ľudí, aby nemuseli robiť stále tú istú monotónnu činnosť dokola. Tým zamedzujú ľudskej chybovosti a umožňujú nepretržitú prevádzku.

9 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] DEMEŠ, Peter. *SYSTÉMY AUTOMATICKEJ VÝMENY NÁSTROJOV NA ČÍSLICOVO RIADENÝCH STROJOCH: Študijný materiál bol vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu KEGA*. TU v Košiciach, 2005, 34 s. 3/3064/05.
- [2] HOUŠA, Jaromír. *Konstrukce číslíkové řízených obráběcích strojů*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1985, 287 s. : il. + příloha (11.).
- [3] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Praha: MM Publishing, 2006, 282 s. + 2 CD-ROM. ISBN 12122572.
- [4] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, 2014, 684 s. : il. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [5] BORSKÝ, Václav. *Základy stavby obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. Brno: VUT, 1991, 214 s. : il. tabulky, grafy. ISBN 80-214-0361-6.
- [6] ADAMEC, Jaromír. *Technologie automatizovaných výrob* [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006 [cit. 2019-03-04]. ISBN 80-248-087. Dostupné z: <http://books.fs.vsb.cz/TAV/technologie-automatizovanych-vyrob.pdf>
- [7] USER AND BUYERS GUIDE. In: 16Coromant Capto clamping units for Bolt on Interfaces (CBI) [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionDocuments/pdf/knowledge/toolholding/2929_081_ENG.pdf
- [8] Sanjet Automatic cnc tool changers. In: Mechatronics [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://gfountzos.blogspot.com/2017/09/sanjet-automatic-cnc-tool-changers.html>
- [9] In production: Revolver head on transfer machine. In: PIBOMULTI: Turret heads [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://www.pibomulti.com/catalogues/revolver.pdf>
- [10] POLÁŠEK, Jaromír. *ČÍSLICOVÉ ŘÍZENÉ STROJE: Elektornická učebnice*. Docplayer [online]. 2016 [cit. 2019-03-18]. Dostupné z: http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31_Cislicove_rizene_stroje.pdf
- [11] HAVLÍK, Radek. *Programování a řízení CNC strojů: PREZENTACE PŘEDNÁŠEK 1. ČÁST*. In: Katedra výrobních systémů [online]. TECHNICKÁUNIVERZITA V LIBERCI - KATEDRA VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ, 2005 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/download/cnc_cadcam/pnc_1.pdf
- [12] PAPP, Benjamín. *Automatizácia strojárskej výroby: Študijný materiál pre študentov nadstavbového štúdia*. In: Stredná odborná škola techniky a mechanizácie [online]. Stredná odborná škola – Szakközépiskola Ul. 1. mája 1, Hurbanovo, 2016 [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: <http://www.souphu.edu.sk/doc/materialy/ns/ASV.pdf>
- [13] SANJET INTERNATIONAL CO., LTD.: FOR SERVO SWASH DISK TYPE TOOL MAGAZINE. In: CENS: Taiwan Sourcing Service Provider [online]. b.r. [cit.

2019-05-08]. Dostupné z: https://www.cens.com/cens/html/en/product/product_main_172931.html

- [14] G1050: Large machining center. In: GROB [online]. b.r. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <https://www.grobgroup.com/en/products/product-range/universal-machining-centers/milling-centers/g1050/>
- [15] Horizontal Type 18 For Horizontal Machining Centers: Large Disc type Radial Pattern Tool Magazine. Gifu [online]. b.r. [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: https://www.atcgifu.com/eng/product_show.php?id=87
- [16] DMG MORI DMU 95 monoBLOCK Specifications & Highlights. In: Faustson Tool [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <http://www.faustson.com/quick-turn-machining/>
- [17] 24+1 Side-Mount: High-production tool changer for VF Series. In: Haas F1 Team: OFFICIAL MACHINE TOOL [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/productivity/tool-changer/smtc-24.html>
- [18] Konfigurace specifická pro formovací stroje: Měníče nástrojů. In: Haas F1 Team: OFFICIAL MACHINE TOOL [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/cs/machines/vertical-mills/mold-machines/features.html>
- [19] Pocket Spring and Plungers & Pocket Slow Down Kit. In: Side Mount Tool Changer (SMTC)- Carousel and Pocket - Troubleshooting Guide [online]. b.r. [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://www.haascnc.com/service/troubleshooting-and-how-to/troubleshooting/side-mount-tool-changer---carousel-and-pocket---troubleshooting-.pdf>
- [20] LH series: LH500A. In: Pinnacle: Since 1976 [online]. b.r. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: http://www.pinnacle-mc.com/en/products_LH500A.html#parentHorizontalTab1
- [21] Horizontal Type For Horizontal Machining Centers: Expansive and Swing Type Tool Magazine. Gifu [online]. b.r. [cit. 2019-04-04]. Dostupné z: https://www.atcgifu.com/eng/product_show.php?id=103
- [22] MAGAZZINI UTENSILI: Magazzini utensili automatici a catena, rack e torre. In: PAMA [online]. b.r. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.pama.it/accessori/magazzini-utensili/>
- [23] Kempf CNC-Technik: Perfection in practice A zero-error strategy and a high degree of automation cut out retooling times. In: 8760 Fastems [online]. b.r. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.fastems.com/case/kempf-cnc-technik/>
- [24] Horizontal Type For Specialized / Customized Machines: Expanded Sliding Rail of Matrix type Magazine with vice tool pot clampin. In: Gifu [online]. b.r. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: https://www.atcgifu.com/eng/product_show.php?id=81
- [25] Demmeler tool changeover systems stand for power, efficiency and dynamics: Modular structure – unrivalled flexibility. In: Demmeler [online]. b.r. [cit. 2019-03-26].

Dostupné z: <https://www.demmeler.com/products-shop/automation-technology/tool-arena/>

- [26] Automation: Impressive streamlining of the manufacturing process. In: ZERO CLAMP [online]. b.r. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <https://www.zeroclamp.com/en/systems/automation/>
- [27] 6 Tool Magazine *Tool Changing System*. In: CNC-STEP: CNC MILLING ROUTING PLASMA [online]. b.r. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://www.cnc-step.co.za/accessories-toolchanger>
- [28] EFFICIENCY SQUARED: VOLLMER VGRIND 360: HPR 250 FREE-ARM ROBOT. In: VOLLMER [online]. b.r. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.vollmer-group.com/en-us/products/solutions-for-rotary-tools/grinding-carbide/vgrind-360/>
- [29] CNC Tool Changer *Toolholders Fingers Grippers Plastic Tool Clamp ATC Fork*. In: RICO CNC [online]. b.r. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.ricocnc.com/products/258-CNC-Tool-Changer-Toolholders-Fingers-Grippers-Plastic-Tool-Clamp-ATC-Fork.html>
- [30] Side Mount Tool Changer *Pockets for SUN DETA HDW OKADA SANJET GIFU Tool Magazine*. In: RICO CNC [online]. b.r. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.ricocnc.com/products/420-Side-Mount-Tool-Changer-Pockets-for-SUN-DETA-HDW-OKADA-SANJET-GIFU-Tool-Magazine.html>
- [31] ISO|SK| BT|HSK Tool Holders Machine Tool Shanks Tapers Toolholders Dimensions [online]. In: . b.r. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.ricocnc.com/wap/news/97.html>
- [32] Werkzeugaufnahmen MK DIN 228-1 A. In: Panas [online]. b.r. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://panas.sk/storage/app/uploads/public/56f/a6c/65d/56fa6c65ddd70998803338.pdf>
- [33] STAVINOHA, Zdeněk. *Systémy automatické výměny nástrojů*. Mechatronika [online]. Zlínský kraj, 2011 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/?action=2&doc=30091&docGroup=4931&cmd=0&instance=2>
- [34] Kódování pomocí kroužků (*princíp*). In: Číslícovo řízené stroje: Kódování nástrojů [online]. Opava: Střední škola technická, b.r. [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: https://sst.opava.cz/pernikar/nove_www/CNC_soubory/image26031.png
- [35] Jak fungují RFID čtečky. ESP: mobile you! [online]. b.r. [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <https://esp.cz/cs/blog/funguji-rfid-ctecky>
- [36] Kódování nástrojů. BALLUFF [online]. b.r. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/industry-area/industries/metalworking/tool-identification/>
- [37] Effizientes Werkzeugmanagement. IT *Production online*: Das Industrie 4.0-Magazin für erfolgreiche Produktion [online]. 2014 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z:

<https://www.it-production.com/allgemein/prozessunterstuetzung-durch-identifikationeffizientes-werkzeugmanagement/>

- [38] Die Werkzeugpille MDS *D421 nach DIN 69873* im Einsatz: Schnelle und fehlerfreie Datenhaltung direkt am Werkzeug. In: IT Production online: Das Industrie 4.0-Magazin für erfolgreiche Produktion [online]. 2014 [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <https://www.it-production.com/allgemein/prozessunterstuetzung-durch-identifikationeffizientes-werkzeugmanagement/>

10 ZOZNAM SKRATIEK, SYMBOLOV, OBRÁZKOV A TABULIEK

10.1 Zoznam obrázkov

OBR. 1) ROZDELENIE AUTOMATICKEJ VÝMENY NÁSTROJOV PODĽA POUŽITÉHO ZÁSOBNÍKU NÁSTROJOV	21
OBR. 2) DVANÁŠŤBOKÁ UNIVERZÁLNA NÁSTROJOVÁ HLAVA [7].....	22
OBR. 3) OSEMVRETENOVÁ REVOLVEROVÁ HLAVA [1]	22
OBR. 4) NOSNÝ BUBNOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [8].....	23
OBR. 5) REVOLVEROVÁ HLAVA S ÔSMIMI POZÍCIAMI PRE UPEVNENIE VIACVRETENOVÝCH HLÁV [9].....	23
OBR. 6) SYSTÉM ZÁSOBNÍK – UPÍNAČ: VĽAVO ZÁSOBNÍK V TVARU ŠIKMEJ REVOLVEROVEJ HLAVY [1], VPRAVO BUBNOVÝ ZÁSOBNÍK [11] 24	
OBR. 7) SYSTÉM ZÁSOBNÍK – VÝMENNÍK – VRETENO [6].....	25
OBR. 8) SCHÉMA VÝMENY NÁSTROJOV SYSTÉMOM ZÁSOBNÍK – VÝMENNÍK - VRETENO [12]	25
OBR. 9) SYSTÉM ZÁSOBNÍK – MANIPULÁTOR – VÝMENNÍK - VRETENO [1] 26	
OBR. 10) SYSTÉM S VÝMENOU VIACVRETENOVÝCH HLÁV S NÁSTROJMI V PRÍPADE A) IDE O VÝMENU POMOCOU PICK – UP SYSTÉMU; B) VÝMENA POMOCOU VÝMENNÍKU NÁSTROJOV [1].....	26
OBR. 11) SYSTÉM S KOMBINOVANOU AUTOMATICKOU VÝMENOU NÁSTROJOV A) S ŠTVORVRETENOVOU HLAVOU; B) S DVOJVRETENOVOU HLAVOU [1]	27
OBR. 12) SYSTÉMOVÉ ROZDELENIE ZÁSOBNÍKOV NÁSTROJOV PODĽA ZMIEN POLOHY ODKLADACIEHO MIESTA.....	28
OBR. 13) DISKOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [13].....	29
OBR. 14) REGÁLOVÝ DISKOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [14]	29
OBR. 15) HVIEZDICOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [15]	30
OBR. 16) RADENIE VIACERÝCH HVIEZDICOVÝCH ZÁSOBNÍKOV ZA SEBOU [16].....	30
OBR. 17) KRUHOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [17]	31
OBR. 18) KRUHOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [18] S DETAILOM OTÁČANIA LÔŽKA PRI VÝMENE [19]	31
OBR. 19) REŤAZOVÝ ZÁSOBNÍK UMIESTNENÝ PRIAMO NA STROJI [20] 32	
OBR. 20) REŤAZOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV S VÝMENNÝM MECHANIZMOM [21]	32

OBR. 21) VĚLKOKAPACITNÝ ZÁSOBNÍK REGÁLOVÉHO TYPU [22]	33
OBR. 22) CENTRÁLNÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [23]	34
OBR. 23) MATICOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [24]	34
OBR. 24) LINEÁRNÍ REGÁLOVÝ ZÁSOBNÍK UMIESTNENÝ PO OBVODE MIESTNOSTI [25]	35
OBR. 25) REGÁLOVÝ LINEÁRNÝ ZÁSOBNÍK JE SÚČASŤOU STROJA [26]	35
OBR. 26) REGÁLOVÝ CYLINDRICKÝ ZÁSOBNÍK [25]	36
OBR. 27) KOMBINÁCIA REGÁLOVÉHO CYLINDRICKÉHO A PLOŠNÉHO ZÁSOBNÍKU [25]	36
OBR. 28) LINEÁRNÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV [27]	37
OBR. 29) PALETOVÝ ZÁSOBNÍK NÁSTROJOV PRE VRTÁKY [28]	37
OBR. 30) NAJČASTEJŠIE VYUŽÍVANÉ UCHOPOVACIE VIDLICE [29]	39
OBR. 31) LÔŽKO NA NÁSTROJE [30]	40
OBR. 32) DRŽIAK NÁSTROJOV S KUŽELOVOU STOPKOU ISO [31]	41
OBR. 33) DRŽIAK NÁSTROJOV S KUŽELOVOU STOPKOU HSK [31]	42
OBR. 34) DRŽIAK NÁSTROJOV S VALCOVOU STOPKOU [32]	42
OBR. 35) ZNÁZORNENIE KÓDOVACEJ HLAVY S KÓDOVACÍMI KRÚŽKAMI [1]	44
OBR. 36) BINÁRNÝ SYSTÉM KÓDOVANIA KÓDOVACEJ HLAVY [34]	44
OBR. 37) NÁSTROJOVÝ DRŽIAK S KÓDOVACOU SÚSTAVOU SKRUTIEK [1]	44
OBR. 38) UMIESTNENIE RFID ČIPU NA DRŽIAKU NÁSTROJA MDS D421 [38]	45