

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH
STROJNÍCKA FAKULTA
KATEDRA VÝROBNEJ TECHNIKY A ROBOTIKY



SYSTÉMY AUTOMATICKEJ VÝMENY NÁSTROJOV NA ČÍSLICOVO RIADENÝCH STROJOCH

Študijný materiál

Študijný materiál bol vypracovaný v rámci riešenia
grantového projektu KEGA
3/3064/05

Príprava a realizácia multimediálnych výučbových
a študijných materiálov pre odbor Výrobná technika
s využitím technológií a prostriedkov virtuálnej reality

Vedúci projektu: prof. Ing. Peter Demeč, CSc.

Automatizácia výmeny nástrojov patrí medzi kľúčové otázky zvyšovania univerzálnosti, pružnosti a celkovej úrovne automatizácie výrobných strojov. Pri výrobe prevažnej väčšiny súčiastok spravidla nevystačíme s jedinou technológiou (tvárnenie, mechanické obrábanie atď.) a u príslušnej technológie spravidla využívame viacero metód – spôsobov (napríklad u mechanického obrábania: sústruženie, vŕtanie, frézovanie, brúsenie a pod.), ktorými postupne meníme tvar, rozmery, kvalitu spracováanej súčiastky. Spravidla ani pri realizácii viacerých technologických operácií z jednej kategórie na jednej súčiastke nevystačíme s jediným činným členom (nástrojom), ale využívame postupne v príslušnom operačnom slede viacero nástrojov. Z tohto dôvodu sa ako jedna z prvých úloh zvyšovania stupňa automatizácie výrobných strojov riešila otázka automatickej výmeny nástrojov. Pretože problematika automatickej výmeny nástrojov je zrejme najviac prepracovaná u číslicovo riadených obrábacích strojov, budeme sa v nasledujúcich odsekoch venovať práve tejto oblasti. Existujúce rozdelenia, princípy a známe konštrukcie sa využívajú (samozrejme s príslušnými úpravami) aj u výrobných strojov na realizáciu iných technológií ako mechanické obrábanie.

Automatizácia výmeny nástrojov sa najskôr začala uplatňovať vo veľkosériovej a hromadnej výrobe. Vyvíjali sa prvé konštrukcie poloautomatických a automatických strojov s vačkovým alebo narážkovým riadením, na ktorých sa nástroje menili automaticky pomocou revolverovej hlavy. Nástroje v revolverovej hlave sú zoradené v operačnom slede, ich počet je relatívne malý (5 až 16) a impulz na zmenu nástroja realizovaný pootočením revolverovej hlavy o jeden rozstup prichádza od príslušného pamäťového média tvrdej automatizácie – narážky upevnenej na narážkovej lište, narážkovom bubne alebo narážkovom kotúči na rozvodovom hriadeli stroja.

S rozvojom číslicovej riadiacej techniky dochádza prakticky hneď od jej druhej generačnej úrovne (50-te roky minulého storočia) k intenzívnemu vývoju rôznych systémov automatickej výmeny nástrojov. Zvyšuje sa ich kapacita (150 i viac nástrojov – dnes i 400 a viac nástrojov v jednom zásobníku), skracujú sa časy výmeny nástroja, nástroje nemusia byť v operačnom slede, čím sa zvyšuje pružnosť a univerzálnosť strojov. Vznikajú prvé obrábacie centrá - stroje schopné na jedno upnutie obrobku automaticky vykonať veľké množstvo operácií rôznymi výrobnými spôsobmi (napríklad operácie sústružnícke, vŕtacie a frézovacie). Tým sa prakticky dostala automatizácia aj do oblasti malosériovej a kusovej výroby.

Hlavným prínosom systémov automatickej výmeny nástrojov (AVN) u číslicovo riadených strojov je možnosť automaticky riadiť komplexné obrábanie celého obrobku na danom stroji. Systémy AVN teda vylučujú z relatívne dlhého pracovného cyklu zásahy ľudskej obsluhy, čo umožňuje podstatne skrátiť vedľajšie časy potrebné na výmenu nástrojov a tým dosiahnuť vyššiu výrobnosť stroja.

Aby systém pre výmenu nástrojov kvalitne plnil svoju funkciu, musí spĺňať minimálne tieto požiadavky:

- čas na výmenu nástroja musí byť čo najkratší;
- uzol stroja, ktorý nesie nástroj počas odoberania triesky, musí byť dostatočne tuhý;
- zásobník nástrojov musí mať dostatočnú kapacitu a nemá byť náročný na priestor, resp. pôdorysnú plochu;
- celý systém AVN má byť navrhnutý tak, aby nepracujúce nástroje alebo mechanizmy systému neobmedzovali pracovný priestor stroja;
- mechanizmy systému a nepracujúce nástroje musia byť zakryté alebo usporiadané tak, aby neohrozovali operátora (obsluhu stroja);
- celý systém AVN má byť čo možno najjednoduchší a spoľahlivý.

Systémy AVN rozdeľujeme podľa použitého zásobníka nástrojov na tri základné skupiny:

1. systémy AVN s nosným zásobníkom (zásobník nástrojov pri práci stroja prenáša rezné odpory),
2. systémy AVN so skladovacím zásobníkom (zásobník nástrojov neprichádza pri práci stroja do kontaktu s obrobkom a neprenáša rezné odpory),
3. systémy AVN kombinované, ktoré majú sekciu prenášajúcu pri práci stroja rezné odpory a sekciu skladovaciu.

SYSTÉMY AVN S NOSNÝM ZÁSObNÍKOM

Najdôležitejšou časťou týchto systémov je zásobník nástrojov, ktorý je súčasťou nosného systému (rámu) stroja. Pri práci (odoberaní triesky) sa podieľa na väzbe silových tokov v stroji - prenáša rezné odpory. Pretože poloha zásobníka nástrojov pri odoberaní triesky (vyplývajúca z funkcie) musí byť priamo v pracovnom priestore stroja, je zrejmé, že zásobník musí byť umiestnený priamo na stroji. Z tohto dôvodu musí mať relatívne malé rozmery a teda nemôže mať veľký počet nástrojových miest. To ale na druhej strane prináša výhodu v tom, že systém s nosným zásobníkom nezväčšuje pôdorysnú plochu stroja.

Systémy AVN s nosným zásobníkom môžeme ešte rozdeliť na tri základné podskupiny takto:

- systémy s výmenou jednotlivých (sólo) nástrojov pevne upnutých v zásobníku. Zásobník s nástrojmi vykonáva len vedľajšie pohyby, hlavný rezný pohyb vykonáva obrobok. U niektorých koncepcií strojov (napríklad sústružnícke stroje s inverzne vertikálnym vretenom) môže obrobok vykonávať aj vedľajšie pohyby – zásobník s nástrojmi potom vykonáva iba indexovací pohyb (pootočenie o jeden alebo niekoľko rozstupov) potrebný na to, aby sa do pracovnej polohy dostal potrebný nástroj.
- Systémy s výmenou celých vretien s nástrojmi uchytených v nosnom zásobníku.

- Systémy s výmenou celých viacvretenových operačných hláv s nástrojmi upevnených na nosnom zásobníku.

Vo všetkých prípadoch sú nástroj, vreteno s nástrojom, resp. viacvretenová operačná hlava pevne uchytené do zásobníka, ktorý teda musí prenášať rezné odpory vznikajúce pri obrábaní.

Typickými predstaviteľmi **systémov AVN s výmenou jednotlivých nástrojov** upnutých v zásobníku sú **revolverové a nožové hlavy** číslícovo riadených sústruhov a sústružníckych centier, ktoré by mali spĺňať nasledujúce požiadavky:

- minimálny počet nástrojov (pre vnútorné i vonkajšie operácie) v rozsahu 8 až 12,
- nástroje pre vnútorné a vonkajšie obrábanie si nesmú vzájomne prekážať,
- minimálny čas výmeny nástroja v automatickom cykle,
- vysoká presnosť polohovania nástroja pri výmene,
- výmena nástrojového osadenia hlavy musí byť jednoduchá, rýchla a presná.

Nožové hlavy bývajú 4- až 12-boké, pričom nástroje (sústružnícke nože) sa do jednotlivých pozícií upínajú buď priamo, alebo častejšie prostredníctvom univerzálnych držiakov, v ktorých sú už zoradené. Rozdiel medzi nožovými a revolverovými hlavami je v tom, že nožové hlavy sú konštruované tak, že sa budú prednostne osadzovať nožmi - nástrojmi na opracovanie vonkajších a vnútorných rotačných plôch a rovinných plôch sústružením, resp. vyvrtávaním. Konštrukcia revolverových hláv zase vychádza z potrieb upínania osových nástrojov do jednotlivých nástrojových polôh. Je len samozrejmé, že obe tieto koncepcie umožňujú pomocou špeciálnych držiakov nástrojov osadzovať hlavy aj nástrojmi druhej skupiny (teda revolverové hlavy nožmi a nožové hlavy osovými nástrojmi). Príklad nožovej hlavy je zobrazený na obr. 1. Hlava má osem nástrojových miest, pričom v každom z týchto miest môže byť osadený buď nástroj na obrábanie vonkajších plôch, alebo nástroj na obrábanie vnútorných plôch sústružením, resp. vyvrtávaním. Na obrázku zároveň vidíme možnosť upnúť do nástrojových miest aj osové nástroje.

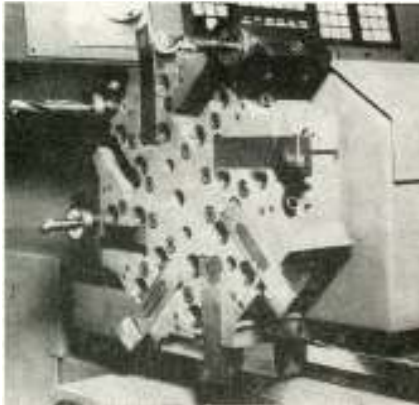
Príklad typickej konštrukcie revolverovej hlavy sústružníckeho centra a jej osadenie nástrojmi je zobrazený na obr. 2.

Príklad usporiadania mnohonožovej univerzálnej hlavy je uvedený na obr. 3. Na obode hlavy sú umiestnené nože pre vonkajšie sústružnícke operácie a na zadnom čele sú usporiadané nástroje vŕtacie a nože pre práce v otvoroch. Pri zostavovaní riadiacich programov pre stroj s takouto hlavou je však nutné vziať do úvahy aj okolité nástroje ktoré nepracujú, aby pri práci nedošlo ku kolízii niektorého z nepracujúcich nástrojov so strojom alebo obrobkom.

Niektorí výrobcovia riešia otázku dostatočného počtu nástrojových miest použitím dvoch a viacerých kotúčov s nástrojmi samostatne sa pootáčajúcich okolo spoločnej osi, čo sú vlastne konštrukcie „viacposchodových“ revolverových hláv (pozri obr. 4). Je zrejmé, že takéto konštrukcie poschodových revolverových hláv sú vhodné iba pre relatívne malé priemery obrobkov, u ktorých je možnosť kolízie

nepracujúcich nástrojov s obrobkom podstatne nižšia, než u obrobkov veľkých priemerov.

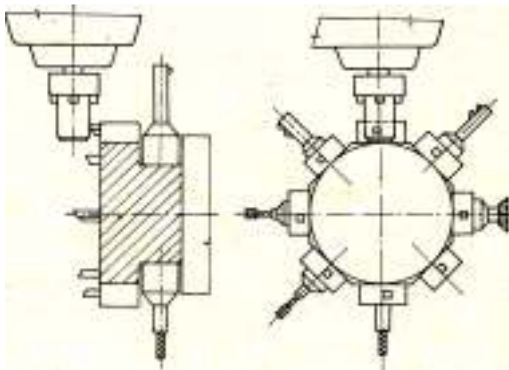
Systémy automatickej výmeny jednotlivých nástrojov pomocou revolverových, resp. nožových hláv sa používajú na strojoch, u ktorých obrobok vykonáva hlavný rezný pohyb, t.j. predovšetkým na sústružníckych strojoch a centrách s vodorovnou i zvislou osou hlavného vretena. Vyskytujú sa v rozsiahlom rade vyhotovení s rôzne orientovanou osou pootáčania hlavy vzhľadom k osi hlavného vretena stroja (pozri obr. 5). Pokiaľ je revolverová hlava súčasťou sústružníckeho obrábacieho centra, potom minimálne jedna nástrojová poloha musí byť riešená tak, aby do nej bolo možné osadiť osový nástroj, ktorý sa môže samostatne otáčať (pomocou autonómneho pohonu) pri stojacom, alebo i otáčajúcom sa obrobnku.



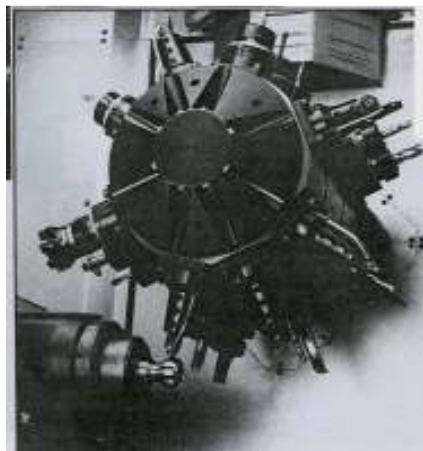
Obr. 1
Osempolohová nástrojová hlava



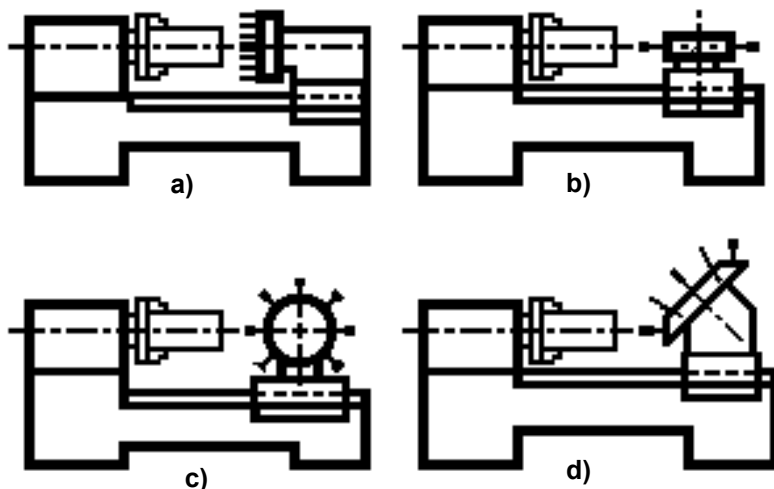
Obr. 2 Typická revolverová hlava
sústružníckeho centra



Obr. 3
16-polohová univerzálna hlava
(Index-Werke)



Obr. 4
Trojposchodová revolverová hlava
(SPINNER)



Obr. 5 Základné varianty revolverových hláv
 a) s vodorovnou osou otáčania, b) so zvislou osou otáčania,
 c) s priečnou osou otáčania, d) so šikmou osou otáčania

Systémy automatickej výmeny nástrojov s výmenou vretien s nástrojmi

využívajú v podstate tri základné koncepcie výmeny vretien:

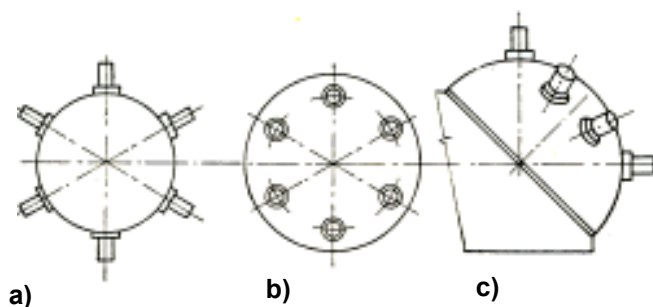
- pomocou vretenovej revolverovej hlavy,
- pomocou vretien rozmiestnených v kruhu (vretenové bubny),
- pomocou vretien rozmiestnených lineárne.

Vretenové revolverové hlavy sa často používajú na frézovacích strojoch alebo vŕtačkách. Konštrukčne sú riešené v troch základných variantoch:

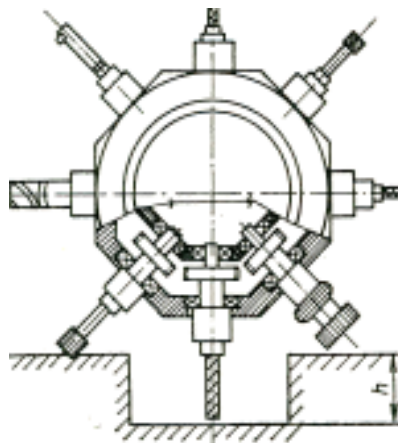
- osi vretien ležia v jednej rovine a sú orientované kolmo na os otáčania vretenovej revolverovej hlavy (pozri obrázky obr. 6a a obr. 7),
- osi vretien sú rovnobežné s osou otáčania revolverovej hlavy (obr. 6b),
- osi vretien sú orientované rôznobežne voči osi otáčania vretenovej revolverovej hlavy – sú povrchkami mysleného kužela, ktorý má os totožnú s osou otáčania hlavy (pozri obr. 6c a obr. 8).

Najčastejšie sa používa prvý variant, čo sa dá zdôvodniť jeho relatívnou jednoduchosťou. Z obrázku 4.7 je zrejmé, že pri práci s jedným nástrojom okolité nástroje obmedzujú využiteľný pracovný priestor stroja. Natočením požadovaného vretena s nástrojom do pracovnej polohy sa na vreteno „automaticky“ prenáša točivý moment od pohonu. Počet vretien býva obvyčajne relatívne nízky, a to 6 až 8. Ako vyplýva z obr. 7 musí byť vzdialenosť ložísk vo vretenovej hlave relatívne

malá, z čoho vyplýva, že tuhosť takýchto vretien je nízka. Celá koncepcia je teda vhodná predovšetkým pre stroje určené na realizovanie ľahších – dokončovacích operácií. Ak majú byť v hlave upnuté i nástroje pre ťažšie - hrubovacie operácie (napríklad frézovacie hlavy), navrhne sa aspoň jedno vreteno mohutnejšie a s väčšou vzdialenosťou ložísk, aby mali vyššiu tuhosť.



Obr. 6 Varianty usporiadania vretenových revolverových hláv



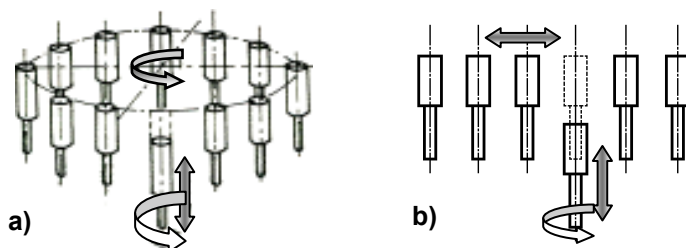
Obr. 7
Osempolohová vretenová
revolverová hlava



Obr. 8 Vretenová revolverová hlava
frézovacieho centra
(Riello Machine)

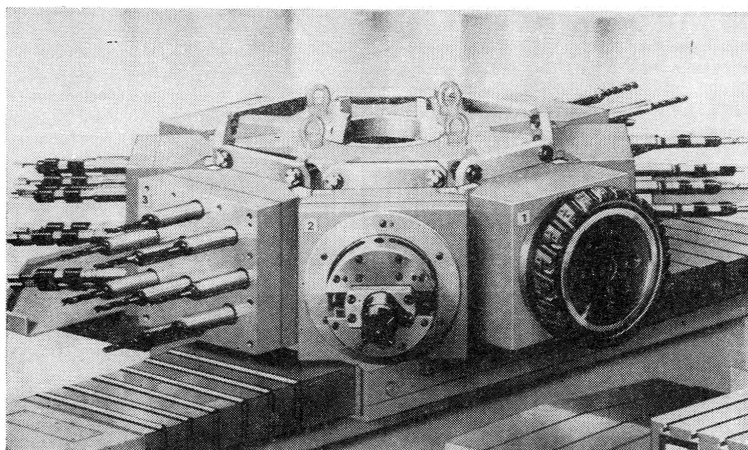
Ak sú vretená rozmiestnené v kruhu, tvoria tzv. **vretenový bubon** (obr. 9a). **Lineárny zásobník vretien** je schematicky znázornený na obr. 9b. Princíp činnosti oboch variantov je taký, že vždy požadované vreteno s nástrojom sa do pracovnej polohy dostane pootočením, resp. lineárnym posunutím a následným vysunutím spomedzi okolitých vretien v axiálnom smere. Až potom je vreteno zaistené v príslušnej polohe a pomocou spojky sa naň privedie točivý moment. U oboch koncepcií sa dá dosiahnuť relatívne vysoká tuhosť, pretože vretená môžu mať väčšiu ložiskovú vzdialenosť. Výhodou je aj to, že sa môžu použiť rôzne presné

a rôzne tuhé vretená podľa toho, aké sú potrebné. Počet vretien býva vyšší (10 až 20) než u vretenových revolverových hláv a nepracujúce nástroje neobmedzujú okolitý pracovný priestor stroja.



Obr. 9 Vretenové nosné zásobníky
a) bubnový, b) lineárny

Systémy s **výmenou celých viacvretenových operačných hláv** s nástrojmi využívajú tiež princíp revolverovej hlavy u ktorej na každom boku je pripevnená jedna viacvretenová operačná hlava alebo vretenová kazeta pre jednotlivý nástroj (napríklad pre frézovaciu hlavu a pod.). Príklad takéhoto systému AVN s nosným zásobníkom je zobrazený na obr. 10. Ide o 8-polohovú mohutnú revolverovú hlavu, u ktorej po natočení do pracovnej polohy sa na príslušnú kazetu s vretenom alebo viacvretenovú operačnú hlavu najčastejšie pomocou zubovej spojky privedie točivý moment. Použitie takéhoto systému je výhodné len pre obrábanie obrobkov v opakovanej stredne sériovej alebo veľkosériovej výrobe namiesto automatických liniek.



Obr. 10
Osempolohová revolverová hlava s viacvretenovými operačnými hlavami

U všetkých typov systémov AVN s nosnými zásobníkmi bývajú nástroje, vretená alebo nástrojové hlavy spravidla usporiadané v zásobníku v operačnom slede, takže čas potrebný pre výmenu nástroja (teda čas pre pootočenie hlavy o jeden rozstup) je relatívne veľmi krátky (1 až 4 s). Ďalšou výhodou je to, že tieto systémy nepotrebujú pre svoju funkčnosť žiadne zložité manipulátory a dopravníky nástrojov a že celý systém je malý a nezväčšuje pôdorysnú plochu stroja. Nedostatkom týchto systémov je malý počet nástrojových miest, možnosť kolízie nepracujúcich nástrojov s obrobkom alebo uzlami stroja v okolí pracovného priestoru a u vretenových hláv nízka tuhosť vretien.

SYSTÉMY AVN SO SKLADOVACÍM ZÁSOBNÍKOM

Typickým znakom všetkých systémov AVN so skladovacím zásobníkom je, že zásobník s nástrojmi nie je súčasťou nosného systému stroja, neprenáša rezné odpory a plní iba skladovaciu funkciu. Vďaka tomu nemusí byť umiestnený priamo na stroji, jeho rozmery prakticky nie sú obmedzené a teda môže mať v porovnaní s predchádzajúcou skupinou systémov AVN s nosným zásobníkom niekoľkonásobne väčšiu kapacitu. Táto vlastnosť predurčuje použitie systémov AVN so skladovacím zásobníkom na vysoko pružných univerzálnych obrábacích centrách. Ďalšou nie zanedbateľnou výhodou týchto systémov je absencia vzniku kolízií nepracujúcich nástrojov s obrobkom alebo ďalšími uzlami stroja, čo vyplýva priamo z ich princípu.

Medzi nevýhody týchto systémov AVN patrí najmä nutnosť využívať pre všetky nástroje na jednom stroji jeden typorozmer nástrojového držiaka. Ako ďalšia nevýhoda sa zvykne uvádzať tá skutočnosť, že čím je kapacita zásobníka nástrojov väčšia, tým musí byť poloha zásobníka vo väčšej vzdialenosti od miesta, v ktorom nástroje pracujú (napr. vreteno stroja). Ako uvidíme ďalej na preklopenie týchto väčších vzdialeností sa vyvinuli relatívne zložité manipulačné systémy, čím samozrejme narastajú náklady na konštrukciu, výrobu i prevádzku takýchto systémov a zvyšuje sa pravdepodobnosť vzniku porúch. Systémy AVN so skladovacím zásobníkom sa používajú na obrábacích centrách pre nerotačné obrobky, ale aj na sústružníckych centrách, a to v relatívne veľkom počte rôznych variantných riešení s rôznou zložitosťou.

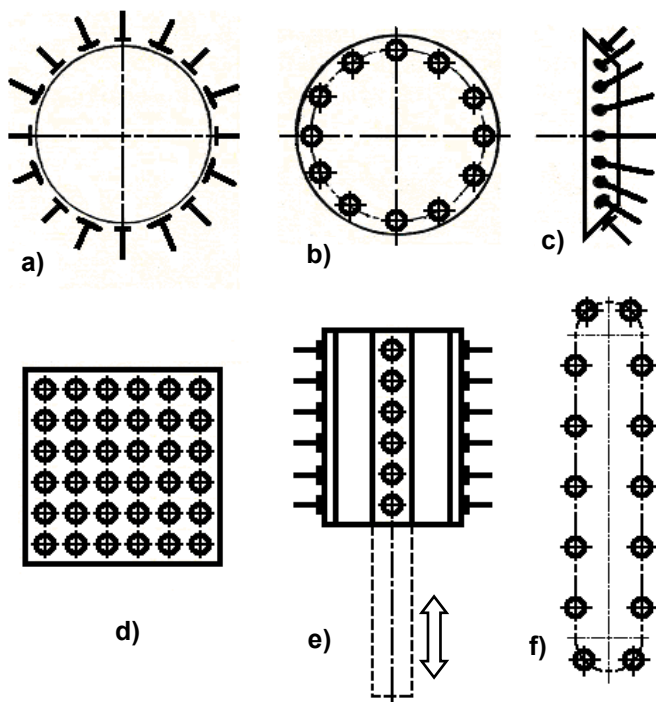
Systémy AVN so skladovacím zásobníkom rozdeľujeme podľa toho čo je objektom skladovania v zásobníku na tri základné skupiny:

1. systémy s výmenou jednotlivých (sólo) nástrojov zo zásobníka,
2. systémy s výmenou celých vreteníkov s nástrojmi zo zásobníka,
3. systémy s výmenou celých viacvretenových operačných hláv s nástrojmi zo zásobníka.

Systémy AVN s výmenou jednotlivých nástrojov zo zásobníka rozdeľujeme na príslušné podskupiny buď podľa ich kapacity, alebo podľa spôsobu realizácie manipulačného cyklu s nástrojmi medzi ich pozíciou v zásobníku a pracovnou pozíciou na stroji.

Podľa kapacity zásobníka rozlišujeme systémy s maloobjemovými a systémy s veľkoobjemovými zásobníkmi.

Systémy AVN s maloobjemovými zásobníkmi bývajú obvykle jednoduchšie. Zásobníky týchto systémov majú kapacitu do 40 nástrojových miest, v ktorých sú nástroje usporiadané buď podobne ako v revolverových hlavách - teda radiálne (obr. 11a), rovnobežne (obr. 11b), alebo rôznobežne (obr. 11c) voči osi otáčania zásobníka, alebo sú riešené ako zásobníky regálové (obr. 11d), segmentové (obr. 11e), prípadne malé reťazové (obr. 11f). Rozmery takýchto zásobníkov nie sú veľké, preto sa tieto systémy AVN najčastejšie umiestňujú priamo na pracovnom vreteníku, na stojane či stole stroja. Nezväčšujú teda pôdorysnú plochu stroja.



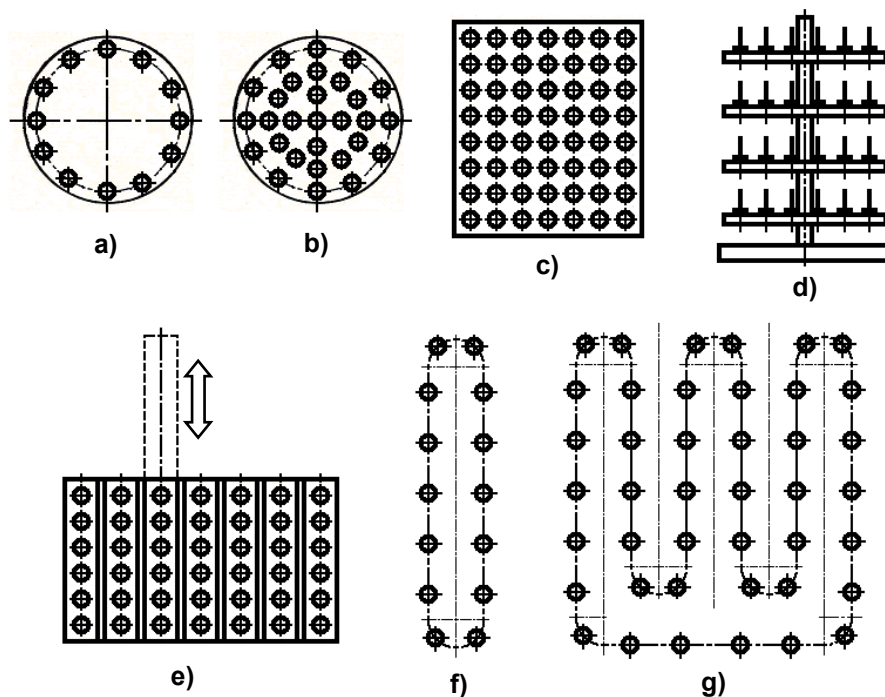
Obr. 11
Základné typy maloobjemových zásobníkov

Systémy AVN s veľkoobjemovými zásobníkmi majú kapacitu 60 až 500 i viac nástrojov. Zásobníky bývajú riešené ako bubnové (pozri obr. 12a), kotúčové (obr. 12b), regálové (obr. 12c, d), segmentové (obr. 12e), prípadne reťazové (obr. 12f, g). Pretože tieto veľkoobjemové zásobníky majú relatívne veľkú hmotnosť a rozmery, umiestňujú sa najčastejšie mimo stroja na zvláštnom stojane, takže zväčšujú pôdorysnú plochu stroja.

Podľa spôsobu realizácie manipulačného cyklu s nástrojmi medzi ich pozíciou v zásobníku a pracovnou pozíciou na stroji (tzv. cesty nástroja) rozdeľujeme systémy pre výmenu jednotlivých nástrojov zo zásobníka do troch podskupín:

- systém zásobník - upínač;
- systém zásobník – podávač - upínač;
- systém zásobník - dopravný manipulátor - podávač - upínač.

Vo všeobecnosti možno konštatovať, že čím je cesta nástroja zo zásobníka do upínača (napr. vo vretene stroja) komplikovanejšia, tým by mal byť čas potrebný na výmenu nástroja kratší. Snaha po skrátaní času výmeny nástroja bola vlastne jedným z hlavných dôvodov pre vývoj zložitejších systémov. Druhým dôvodom je použitie veľkokapacitných zásobníkov, ktoré musia byť umiestnené v pomerne veľkej vzdialenosti od pracovnej pozície nástroja, a preto sa musia nástroje často relatívne komplikovane prepravovať ku koncovému podávaču nástrojov.

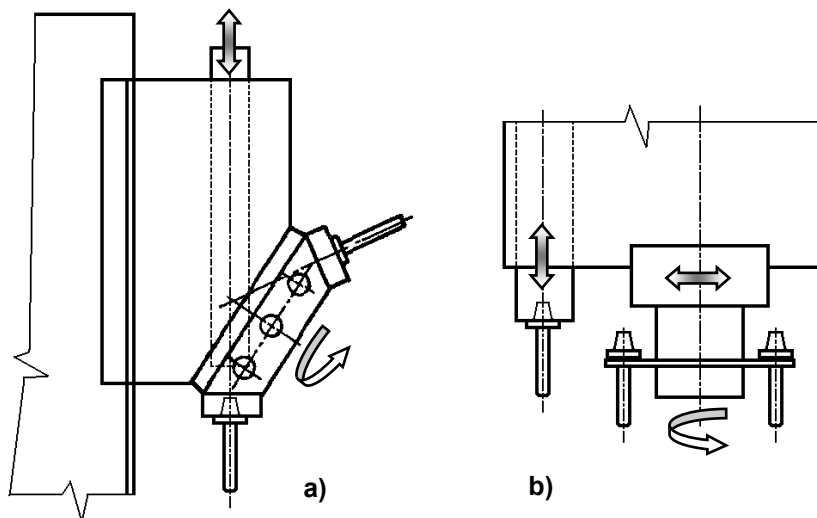


Obr. 12
Základné typy veľkoobjemových zásobníkov

Na niekoľkých nasledujúcich príkladoch sa budeme podrobnejšie venovať konštrukcii systémov AVN s výmenou sólo nástrojov zo skladovacieho zásobníka pre stroje s hlavným rotačným pohybom nástroja. Riešenia požívané na strojoch sústružníckych sú analogické.

Systém zásobník – upínač (bežne v praxi nazývaný aj systém „pick-up“) je konštrukčne najjednoduchší variant, pretože nevyžaduje žiaden špeciálny manipulačný prvok. Zásobník je obvykle umiestnený na vreteníku a je buď v tvare revolverovej hlavy so šikmou osou otáčania (obr. 13a), alebo ako bubon so zvislou osou. V tomto prípade je zásobník spravidla zavesený pod vreteníkom s možnosťou vodorovného pohybu (obr. 13b). Pracovné vreteno je výsuvné. Nástroje v zásobníku sú usporiadané v operačnom slede. Po ukončení práce je nástroj z vretena uvoľnený a zachytený v zásobníku, ktorý pod vreteno s nástrojom podišiel. Potom sa zásobník pootočí o rozstup, vreteno sa nasunie na upínacie plochy držiaka ďalšieho nástroja a nástroj sa upne. Počet nástrojov v zásobníku býva 6 až 20, doba výmeny je relatívne dlhá (10 i viac sekúnd).

Klasický pick-up systém je väčšinou využívaný na strojoch, u ktorých nie sú kladené príliš vysoké nároky na počet nástrojov a rýchlosť ich výmeny. Príklad konštrukcie takéhoto systému s bubnovým zásobníkom je uvedený na obr. 14. Stále častejšie sa však u týchto systémov začínajú používať riešenia, u ktorých je bubnový pick-up zásobník nahradený reťazovým zásobníkom (pozri obr. 15). Toto riešenie síce neumožňuje rýchlejšiu výmenu nástroja, ale podstatne zvyšuje kapacitu zásobníka. Na obrázku uvedené konštrukčné riešenie reťazového zásobníka prezentované firmou AXA na EMO Hannover v r. 2005 je zaujímavé tým, že náhon reťaze je pomocou pastorka a segmentov ozubeného hrebeňa, ktoré sú integrované do konštrukcie reťaze zásobníka. Systém zásobník – upínač sa využíva aj v spolupráci s veľkoobjemovými zásobníkmi na strojoch pre vysokorýchlostné obrábanie, kde sa s výhodou využívajú vysoké rýchlosti posuvov výkonných členov (až 100 m.s⁻¹ i viac) na preklopenie relatívne veľkých vzdialeností medzi zásobníkom a vretenom stroja.



Obr. 13 Princípy činnosti systémov AVN „zásobník – upínač“



Obr. 14
Systém pick-up s bubnovým zásobníkom
(DMG)

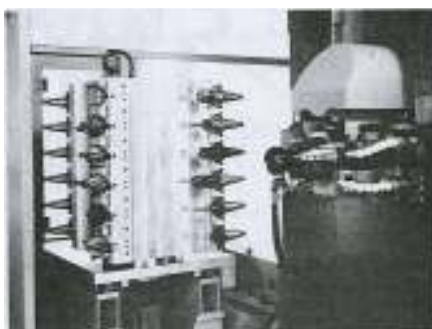


Obr. 15 Nové konštrukčné riešenie
reťazového zásobníka pre systém pick-up
(AXA)

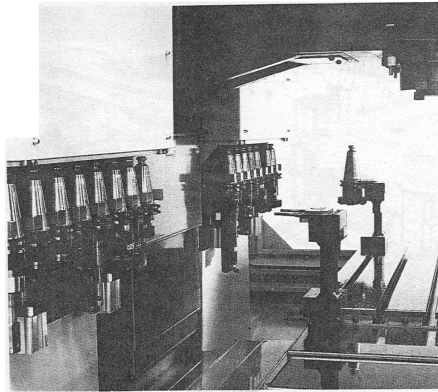
Zvýšené rýchlosti posuvov výkonných členov strojov (stolov, suportov, vreteníkov) sa stále častejšie využívajú na vlastnú výmenu nástrojov. Na obr. 16 je zobrazený skladovací zásobník systému AVN pre zvislé obrábacie centrum firmy Ferari a na obr. 17 je segmentový zásobník pre 24 nástrojov vodorovného obrábacieho centra TLF firmy IXION. Ďalším zaujímavým riešením je využitie stola stroja pre manipuláciu s nástrojmi zobrazené na obr. 18. Na obrázku vidíme skladovací zásobník a pomocné držiaky nástrojov na stole zvislého obrábacieho centra EIKON VMC 800 B. Jeden z držiakov vždy uloží použitý nástroj do jednej časti zásobníka a druhý držiak vyberie nový nástroj z druhej časti zásobníka. Pomocou pohybu stola v dvoch osách je potom obsluhované vreteno. Vyššie uvedené systémy sú vhodné pre zásobníky s kapacitou do cca 30 nástrojov.



Obr. 16
Skladovací zásobník Pick-up
(Ferrari)

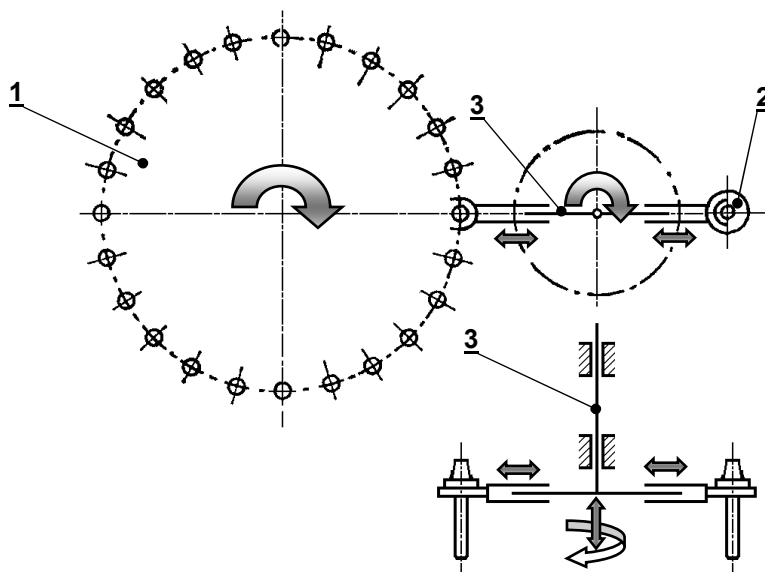


Obr. 17
Systém Pick-up so segmentovým
zásobníkom pre 24 nástrojov
(IXION)



Obr. 18
Skladovací zásobník s pomocnými držiakmi nástrojov na stole
zvislého obrábacieho centra VMC 800 B
(EIKON)

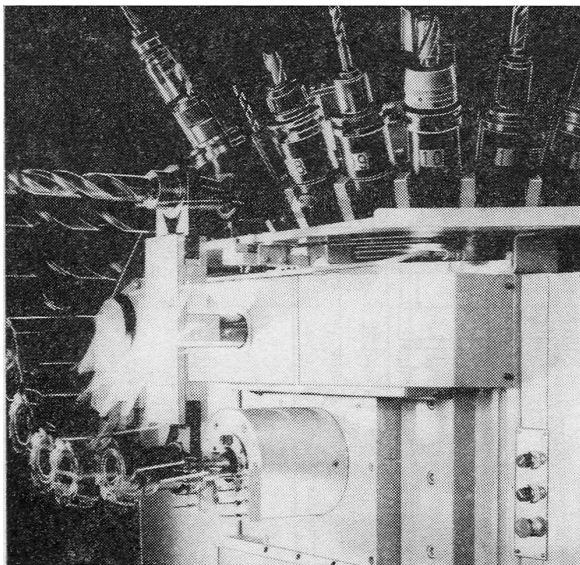
Systém zásobník – podávač – upínač využíva na manipuláciu s nástrojmi v čase ich výmeny medzi zásobníkom **1** a upínačom **2** účelový manipulátor **3**, pre ktorý sa zaužíval názov *podávač*. Na obr. 19 zobrazený systém využíva podávač dvojramenný s teleskopickými ramenami, výsuvný a otočný. V priebehu práce jedným nástrojom sa zásobník natočí tak, aby nástroj potrebný pre ďalšiu operáciu bol pripravený v dosahu podávača. Po skončení operácie manipulátor uchopí jedným ramenom nástroj vo vretene a druhým nástroj v zásobníku, vysunie ich z upínacích plôch, otočí sa o 180° , nový nástroj zasunie do vretena a použitý do zásobníku. Výmena sa vykoná v priebehu niekoľkých sekúnd. Nástroje v zásobníku nemusia byť uložené v operačnom slede.



Obr. 19
Systém AVN „zásobník – podávač – upínač“

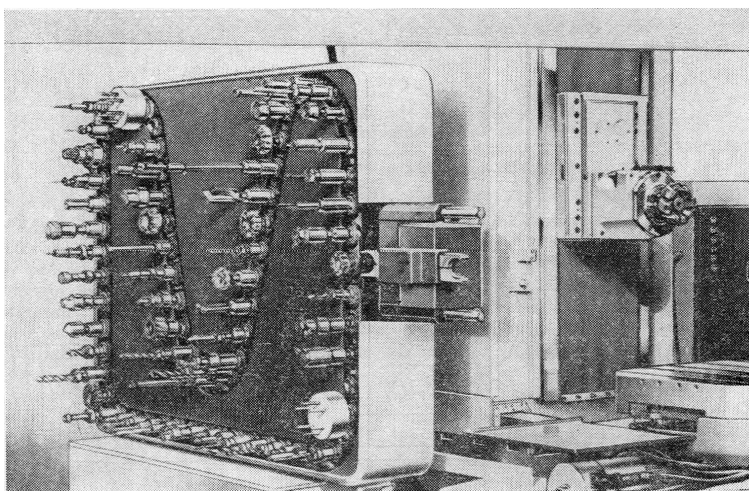
Rovina zásobníka vzhľadom k rovine otáčania manipulátora môže byť rôzne natočená (napríklad o 90° ak je zásobník umiestnený na boku alebo na stĺpe stroja). Potom sa nástroje prichádzajúce do prípravnej pozície na výmenu zo zásobníka vyklápajú (pozri obr. 20), alebo má manipulátor tomu prispôbenú konštrukciu (podávač na obr. 21 „chodí za roh“).

Tieto systémy AVN sa využívajú na strojoch prakticky najčastejšie. Zásobník môže byť buď otočný s vodorovnou alebo zvislou osou otáčania, alebo reťazový vodorovný, zvislý i šikmý. Umiestnenie zásobníka býva rôzne - na stojane stroja, na vreteníku na boku alebo hore, vedľa stroja a pod. Počet nástrojov v zásobníku býva 20 až 50 i viac. Čas výmeny nástroja je asi 4 až 8 s, u výkonných strojov ale môže byť podstatne kratší.



Obr. 20

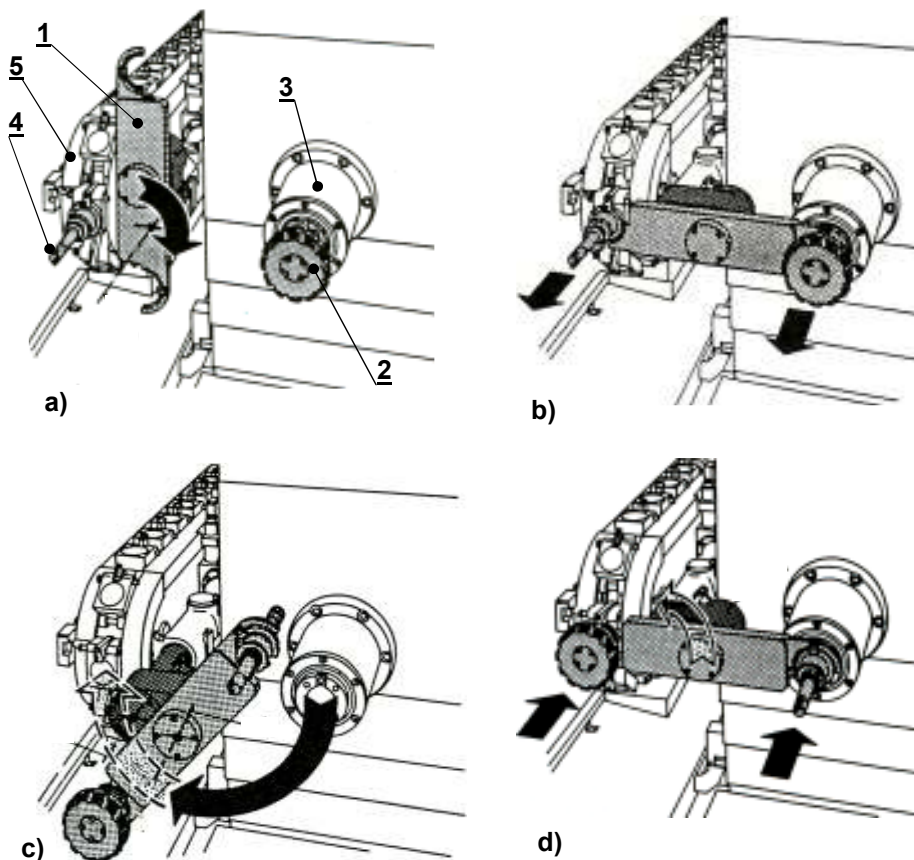
Systém AVN so zásobníkom s vyklápaním nástrojov umiestneným na stojane stroja



Obr. 21

Systém AVN zásobník – podávač - upínač so špeciálnym manipulátorom

Niektoré konštrukcie využívajú na manipuláciu s nástrojmi jednoduchší typ podávača bez teleskopických ramien. Takýto príklad znázorňuje obr. 22, kde vidíme jednoduchý dvojramenný manipulátor v jednotlivých etapách jeho činnosti pri výmene nástroja.



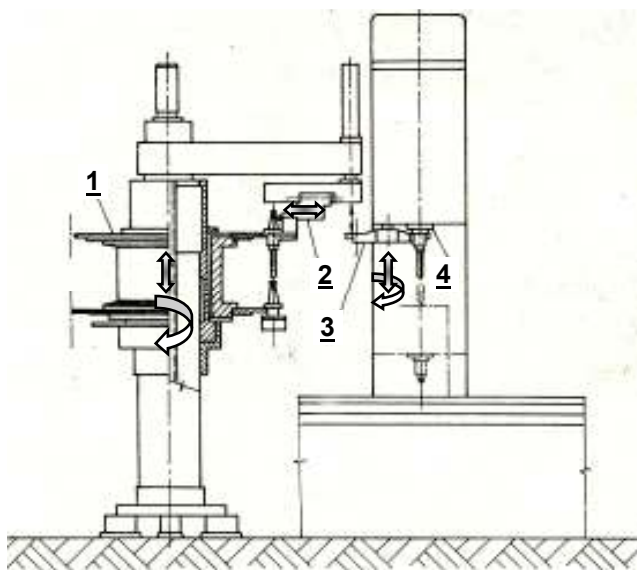
Obr. 22
Pribeh manipulačného cyklu pri výmene nástroja systémom
„zásobník – podávač – upínač“

Na obr. 22a je zobrazený podávač **1** v základnej polohe počas práce stroja. Po skončení činnosti nástroja **2** upnutého vo vretene **3** nasleduje natočenie ramena podávača o 90° a súčasné uchopenie použitého nástroja vo vretene a nového nástroja **4** v prípravnej pozícii reťazového zásobníka **5**. Za tým nasleduje vysunutie nástroja **2** z vretene a nástroja **4** zo zásobníka pohybom ramena podávača v zmysle naznačenom šípkami (pozri obr. 22b). Na obr. 22c je zobrazená fáza otáčania ramena podávača o 180° , pričom sa oba nástroje dostávajú do nových polôh. Definitívne polohy nástrojov sa dosiahnu až zasunutím ramena s nástrojmi v zmysle šípok na obr. 22d – použitý nástroj sa dostal

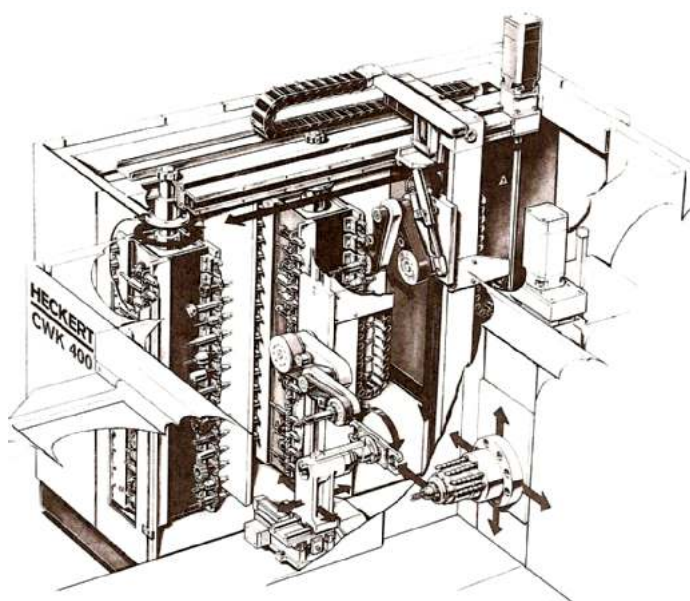
do prázdnej upínacej pozície v zásobníku a nový do upínacej dutiny vretena. Za tým nasleduje pootočením ramena o 90° do kľudovej polohy. Pohybom reťaze zásobníka sa do prípravnej pozície dostane ďalší nástroj.

Systém zásobník - dopravný manipulátor - podávač - upínač je najzložitejší spomedzi systémov AVN s výmenou sólo nástrojov. Príklad riešenia je schematicky zobrazený na obr. 23. Princíp činnosti systému je založený na tom, že v priebehu práce jedným nástrojom sa automaticky vyhladá nástroj potrebný pre nasledujúcu operáciu pootočením zásobníka **1**, potom ho dopravný manipulátor **2** preniesie na miesto, kde môže byť uchopený podávačom **3**. Ďalší postup výmeny je taký istý ako v predchádzajúcich prípadoch. Vlastná výmena nástroja vo vretene **4** sa teda môže uskutočniť v čase niekoľkých (2 až 4) sekúnd. Takéto systémy sa používajú predovšetkým v kombinácii s veľkoobjemovými zásobníkmi nástrojov, ktoré sú umiestnené vedľa stroja v relatívne veľkej vzdialenosti, takže dopravný manipulátor zaisťuje transport nástrojov medzi zásobníkom a pracovným priestorom stroja. Príklady takýchto systémov použitých na reálnych NC strojoch sú uvedené na obr. 24 a obr. 25.

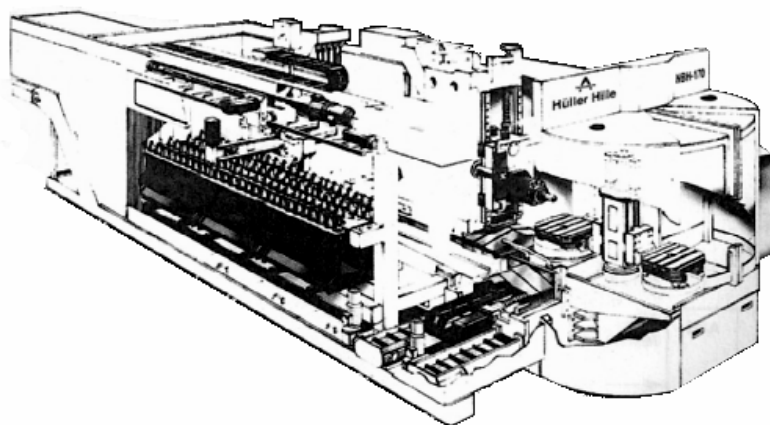
Na obr. 24 je zobrazený veľkoobjemový systém AVN s tzv. vežovými segmentovými zásobníkmi stroja CWK 400 nemeckej firmy Heckert. Na obr. 25 je vyobrazený pohľad na stroj NBH 170 firmy Hüller Hille s veľkoobjemovým zásobníkom lineárnym segmentovým, ktorý je obsluhovaný portálovým manipulátorom. Pri výmene celej sady nástrojov v zásobníku sa vymieňajú celé segmenty s nástrojmi, čím sa podstatne skracuje nutný prestoj stroja.



Obr. 23
Principiálna skica systému AVN
„zásobník – dopravný manipulátor – podávač – upínač“



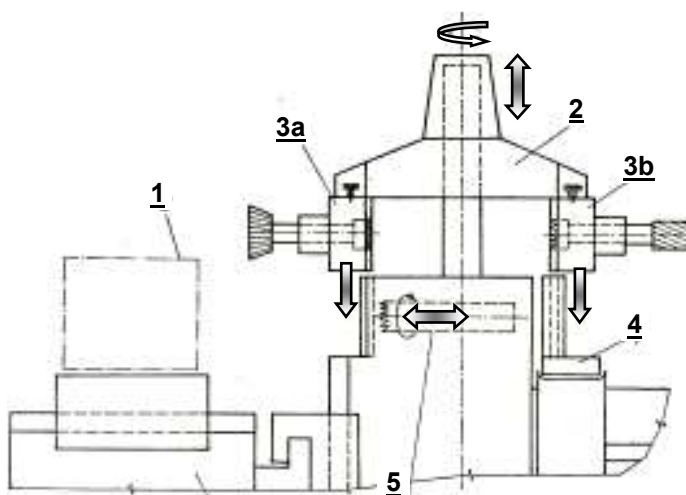
Obr. 24
Veľkoobjemový systém AVN s vežovými segmentovými zásobníkmi
na stroji CWK 400
(Heckert)



Obr. 25
Obrábacie centrum NBH 170 s veľkoobjemovým
lineárnym segmentovým skladovacím zásobníkom nástrojov
a portálovým dopravným manipulátorom
(Hüller Hille)

Systémy AVN s výmenou celých vreteníkov s nástrojmi vznikli vďaka snahe zaistiť pre typické operácie mechanického obrábania (frézovanie, vŕtanie atď.) s rozdielnym vzájomným rozložením rezných odporov optimálne uloženie vretena. Príklad riešenia takéhoto systému AVN je schematicky zobrazený na obr. 26. Ide o stroj firmy Diedesheim, u ktorého sú v pracovnom priestore s obrobkom **1** postupne dvojramenným manipulátorom **2** vymieňané celé vreteníky **3a**, resp. **3b** (vretenové kazety) s nástrojmi. Tieto vreteníky sú vyberané a znovu vkladané do skladovacieho reťazového zásobníka **4** umiestneného na zadnej strane stroja. Po výmene vreteníkov sa na vreteno vreteníka, ktorý sa dostal do pracovnej pozície privedie točivý moment od centrálneho náhonu **5** pomocou ozubenej spojky.

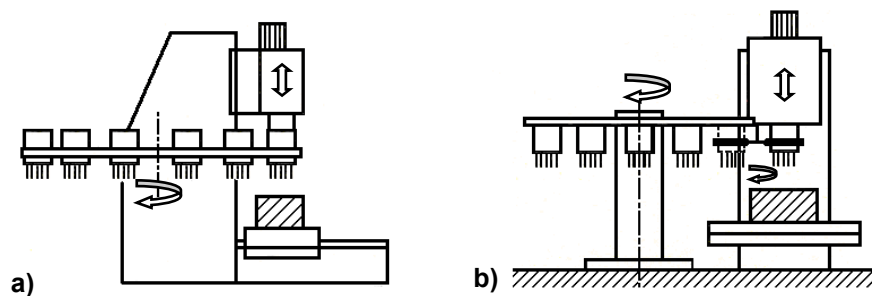
Výhodou tohto riešenia je, že pre každý nástroj je možné zvoliť optimálne vreteno. Každý vreteník pracuje len veľmi krátku dobu, takže ho netreba chladiť a ani neohrieva stroj. Vreteníky (kazety) sú upínané na stroj vo zvislých vodiacich plochách, na ktorých sa neudržia nečistoty, upnutie teda môže byť presné a tuhé. Nevýhodou celého systému je jeho určitá ťažkopádnosť vyplývajúca z mohutného zásobníka a manipulátora, ako aj relatívne vysoká cena stroja. Zastúpenie týchto systémov na jestvujúcich, resp. novo vyvíjaných strojoch je preto minimálne.



Obr. 26
Systém AVN s výmenou celých vreteníkov s nástrojmi

Systémy s výmenou viacvretenových operačných hláv zo skladovacieho zásobníka boli vyvinuté pre použitie v sériovej a veľkosériovej výrobe, kde stroje nimi vybavené môžu s výhodou nahradiť tvrdé automatické linky.

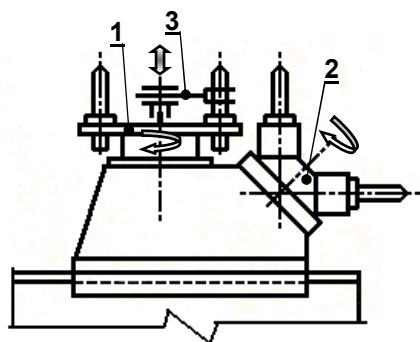
Dva príklady riešení sú schematicky vyobrazené na obr. 27. Viacvretenové operačné hlavy sú uložené v skladovacom zásobníku. Systém môže byť riešený buď princípom pick-up, teda bez podávača (pozri obr. 27a), alebo s podávačom – takýto príklad je na obr. 27b, kde zásobník je umiestnený na samostatnom stojane vedľa stroja. Po presunutí pod pracovný vreteník sa hlava upne a pripojí sa k nej pohon vretien.



Obr. 27

Systémy AVN s výmenou viacvretenových operačných hláv zo zásobníka

KOMBINOVANÉ SYSTÉMY AVN



Obr. 28
Kombinovaný systém AVN
s dvojpolohovou revolverovou hlavou

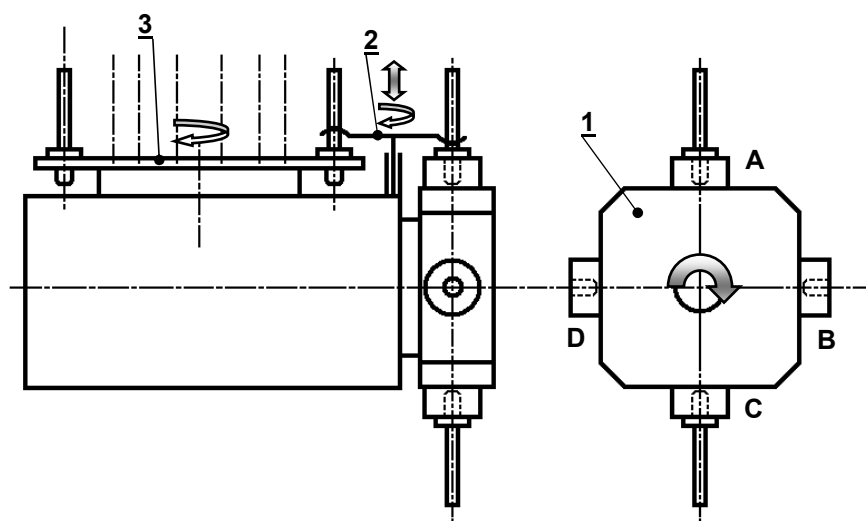
Kombinované systémy AVN sú vytvorené integráciou systému AVN so skladovacím zásobníkom a systému s nosným zásobníkom. Najjednoduchšie usporiadanie tohto typu predstavuje systém znázornený na obr. 28. Ide o systém s bubnovým skladovacím zásobníkom **1** a revolverovou hlavou **2** o minimálnom počte nástrojových miest, teda s dvojpolohovou revolverovou hlavou. Výhodou tohto systému je, že umožňuje dosiahnuť najkratšie možné časy pre výmenu nástroja priamo v pracovnom priestore stroja. V priebehu práce jedného nástroja je totiž z druhého nástrojového miesta v hlave použitý nástroj uložený naspäť

do skladovacieho zásobníka a na jeho miesto manipulátor **3** vsadí do hlavy nástroj pre nasledujúcu operáciu. Výmena nástroja v pracovnom priestore stroja sa vykoná otočením hlavy o 180° , čo trvá len 1 až 4 s. Nevýhodou tohto systému však je, že pri časovo krátkej operácii sa nestačí nástroj na druhej pozícii hlavy vymeniť. Potom sa musí čakať i 15 až 20 s, než sa výmena dokončí.

Túto nevýhodu odstraňujú kombinované systémy s viacmiestnymi revolverovými hlavami. Na obr. 29 je nakreslený kombinovaný systém AVN so štvorpolohovou revolverovou hlavou **1**, u ktorého sú nástroje vymieňané manipulátorom **2** zo skladovacieho zásobníka **3** iba v miestach **A** a **C**. Do zvyšných dvoch nástrojových polôh **B** a **D** revolverovej hlavy sa upínajú nástroje, ktoré sú buď príliš rozmerné a nevošli by sa do skladovacieho zásobníka, alebo sú určené pre časovo krátke operácie. Tak je možné dosiahnuť v porovnaní so systémom s dvojpolohovou hlavou úspory vedľajších časov, pretože nástroje pre časovo krátke operácie sú v hlave stále pripravené (teda netreba ich vymieňať) a v miestach **A** a **C** sa vymieňajú iba nástroje pre časovo dlhšie operácie.

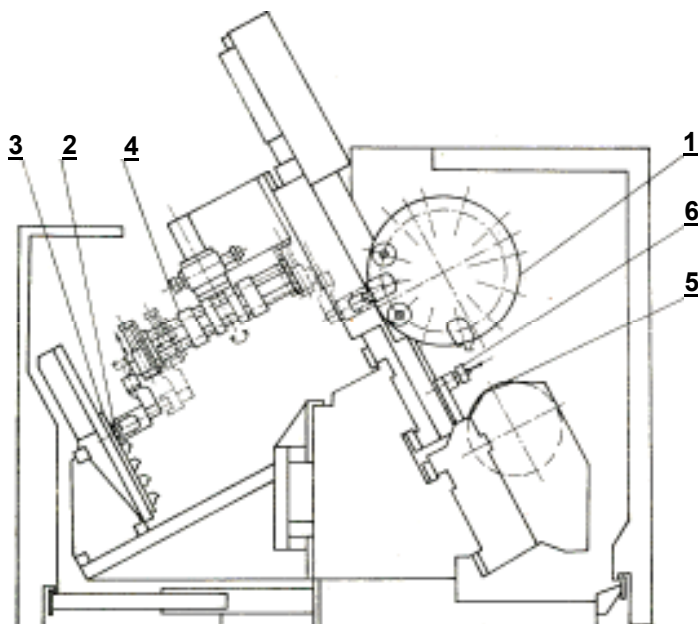
Kombinovaný systém AVN vhodný pre sústružnícke stroje je zobrazený na obr. 30. V revolverovej hlave **1** sústruhu (nosný zásobník) sú namiesto celých nástrojov s držiakmi automaticky menené iba nástrojové hlavice **2**, ktoré sú uložené v skladovacom zásobníku **3** nástrojových hlavíc. Výmenu nepotrebných nástrojových hlavíc za iné realizuje účelový manipulátor **4**. Takýmto spôsobom je možné značne rozšíriť počet nástrojov použitých na jednom obrobku **5**. Okrem toho je možné na revolverovej hlave automaticky vykonať výmenu opotrebených nástrojov za nové, alebo úplne zmeniť osadenie revolverovej hlavy nástrojmi potrebnými pre obrobenie iného obrobku. Pretože nástrojové hlavice majú malé rozmery, ani skladovací zásobník nástrojových hlavíc nemusí byť rozmerný i napriek relatívne veľkej kapacite. Na obrázku predstavený systém je vybavený aj

automatickou kontrolou dĺžky nástroja **6**, čo umožňuje aktualizovať nástrojové korekcie pred každým novým kontaktom príslušného nástroja s obrobkom.



Obr. 29

Kombinovaný systém AVN so štvorpolohovou revolverovou hlavou



Obr. 30

Kombinovaný systém AVN s výmenou nástrojových hlavíc zo skladovacieho zásobníka

UPÍNANIE A DRŽIAKY NÁSTROJOV

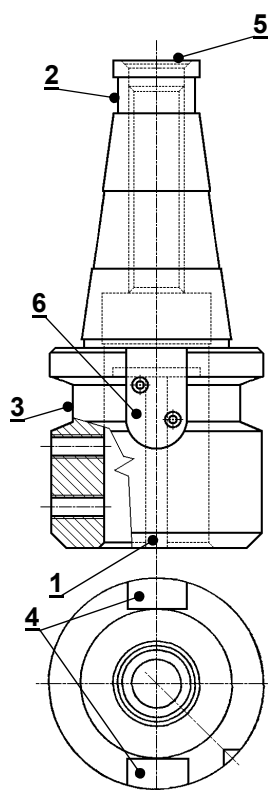
Každý držiak nástrojov použitý v systéme AVN so skladovacím zásobníkom musí spĺňať nasledujúce funkcie:

- musí umožňovať presné upnutie do vretena alebo na nosič nástrojov stroja. Pre tento účel je určená upínacia časť držiaka, ktorá môže byť valcová, kužeľová alebo zložená z rovinných, resp. valcových plôch. Táto časť držiaka musí tiež umožniť v prípade potreby jeho uchytenie upínacím alebo poistným zariadením.
- Ak nie je držiak nástroja schopný preniesť celé zaťaženie reznými odpormi trením v upínacích plochách alebo systémom týchto plôch, musia byť na ňom vytvorené plochy pre prenos týchto síl.
- Na držiaku musia byť vytvorené jednotné plochy pre uchopenie manipulátorom nástrojov pri automatickej výmene.
- Na držiaku nástrojov musí byť plocha (plochy), kde by bolo možné umiestniť kód pre identifikáciu nástroja.

U obrábacích centier s hlavným rezným pohybom nástroja sa zaužívali dva spôsoby upínania nástrojov, a to do valcových otvorov alebo do kužeľových otvorov. Vo vretene sú vždy vytvorené jednotné upínacie plochy, do ktorých sa upína štandardný držiak nástrojov, do ktorého sa rôznymi spôsobmi upevňujú nástroje, prípadne ktorý je integrovaný s nástrojom. Voľba typu držiaka závisí predovšetkým od požadovaných vlastností držiaka, ale aj na tradícii a sortimente strojov produkovaných výrobcom.

Držiaky s kužeľovou stopkou sú dvoch typov – s dlhým, resp. s krátkym kužeľom. Konštrukcia vývojovo starších držiakov s dlhým kužeľom má korene v upínaní frézovacích tyčí na frézovacích strojoch s vodorovnou osou vretena. U týchto strojov sa zaužívalo ukončenie vretena s vnútorným nesamosvorným kužeľom ISO s kužeľovitosťou 7:24, čomu zodpovedala i príslušná protiplocha na frézovacej tyči. Príslušná kužeľová plocha je relatívne dlhá, takže je schopná dostatočne spoľahlivo strediť nástroj sama o sebe a keďže kužeľ ISO je nesamosvorný, vyberanie nástroja z dutiny vretena nevyžaduje použiť násilie.

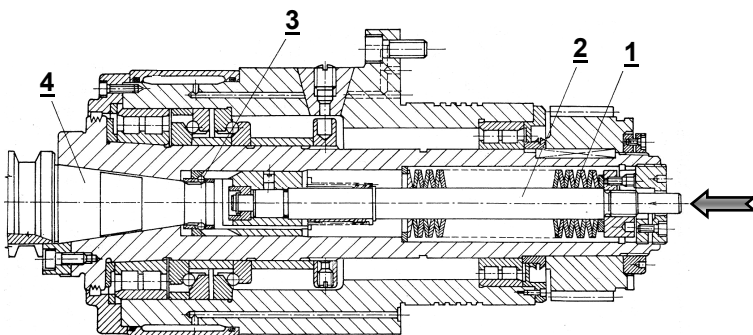
Štandardný držiak nástrojov s hlavnými upínacími plochami s ISO kužeľom je zobrazený na obr. 31. Nástroj sa do držiaka upína do vnútornej valcovej plochy pomocou skrutiek. Krútiaci moment z držiaka na nástroj sa prenáša perom v drážke 1, zápch 2 na konci kužeľovej časti držiaka je určený na zachytenie guľôčkového alebo klieštinového upínacieho zariadenia (pozri obr. 32 a obr. 33).



Obr. 31
Držiak nástrojov
s kužeľovou stopkou ISO

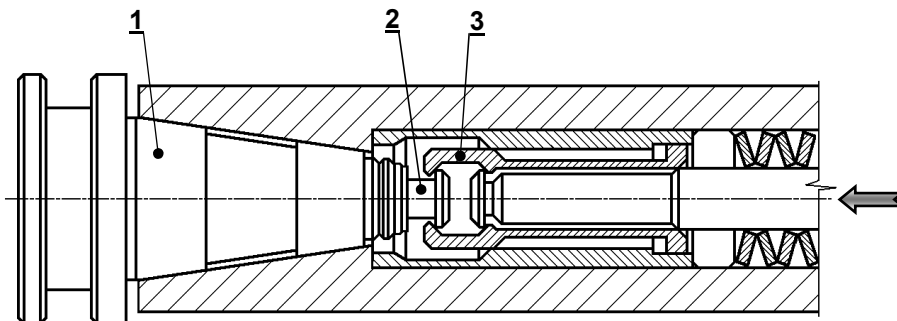
Drážka **3** je určená pre uchopenie držiaka manipulátorom. Krútiaci moment z vretena na držiak sa prenáša pomocou unášacích kameňov, ktoré zapadnú do drážok **4**. Na miestach **5** a **6**, prípadne aj inde na držiaku môže byť umiestnené označenie nástroja v určitom kóde.

Upínanie držiakov vo vretene sa realizuje rýchlopínacou jednotkou, ktorá musí byť samosvorná (pri výpadku elektrickej energie musí upínacia sila stále pôsobiť, aby nástroj nevypadol) a musí upínať všetky nástroje stále rovnakou silou, aby nedochádzalo k nepresnostiam v polohe nástroja. Príklad konštrukcie rýchlopínacieho zariadenia pre nástrojové držiaky ISO je vyobrazený na obr. 32 spolu s uložením vretena obrábacieho centra FWV 2. Nástroj je v upnutej polohe držaný ťahom tanierových pružín **1**, ktorý sa prenáša ťahlom **2** a špeciálnym guľôčkovým uzáverom **3** na držiak nástroja **4**. Uvoľnenie nástroja z upnutej polohy sa realizuje obvykle pohybom piesta priamočiareho hydromotora v smere šípky na pravý koniec ťahla **2**, čím dôjde k uvoľneniu guľôčkového uzáveru a držiak s nástrojom je možné vybrať.



Obr. 4.32

Upínanie držiaka s nástrojom vo vretene pomocou guľôčkového mechanizmu [7]



Obr. 4.33

Upínanie držiaka s nástrojom vo vretene pomocou klieštiny [7]

Iný spôsob uchytenia nástrojového držiaka pri upínaní je zobrazený na obr. 33. Na spojenie držiaka **1** s upínacím tiahom **2** je určená klieština **3** špeciálneho tvaru. Funkcia zariadenia vyplýva z obrázku, pričom na uvoľnenie držiaka je aj v tomto prípade potrebné premôcť silu v pružinách pôsobením externého zdroja sily (napríklad lineárneho hydromotora v smere šípky).

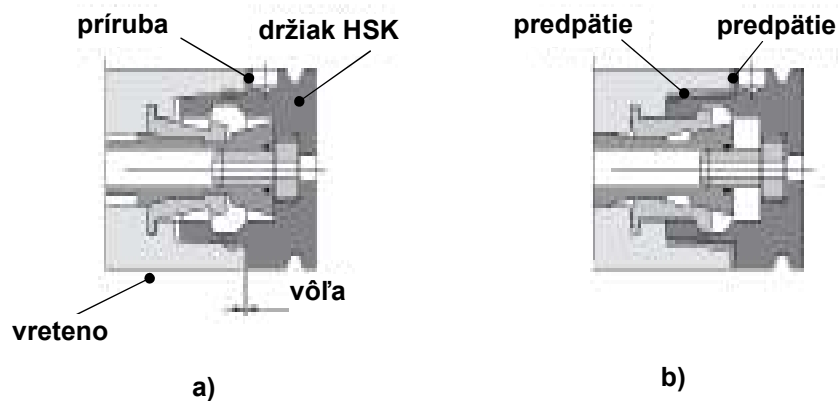
Určitou nevýhodou nástrojových držiakov s kužeľovou stopkou so strmým ISO kužeľom je náročná presná výroba kužeľových plôch držiaka i vretena a potreba pri každej výmene nástroja polohovať vreteno (kvôli unášacím kameňom). Ďalšou nevýhodou je obtiažne udržiavanie stopky v čistote, pretože tu sa musíme spoliehať iba na ich ofukovanie stlačeným vzduchom. Ak sa nečistoty dostanú medzi upínacie plochy na držiaku a v dutine vretena, vtláčajú sa do nich a poškodzujú ich. Nečistoty medzi upínacími plochami nepriaznivo ovplyvňujú aj presnosť upnutia držiaka a v konečnom dôsledku i presnosť práce stroja. Minimálne dosiahnuteľné hádzanie držiaka je podľa podmienok práce a presnosti vyhotovenia v rozsahu cca 0,03 až 0,006 mm [7].

Pre stroje určené na vysoko rýchlostné obrábanie (HSC – High Speed Cutting) je relatívne veľká dĺžka stopky nástroja s ISO kužeľom nevýhodou, pretože na vytiahnutie nástroja z vretena je potrebný relatívne dlhý časový úsek. Preto boli pre tieto stroje vyvinuté koncovky nástrojových **držiakov s krátkym kužeľom**, pre ktorý sa vžilo označenie **HSK** (Hohlschaftkegel). Prvý prototyp držiaka nástrojov s krátkym kužeľom vyrobila nemecká firma Diebold pre Univerzitu v Aachene, kde sa tento typ nástrojových držiakov vyvíjal a testoval. Zo začiatku sa nástroje s HSK koncovkami používali predovšetkým v transférových linkách automobilového priemyslu. V súčasnosti sú využívané stále častejšie, pretože v porovnaní s ISO kužeľom vyžadujú minimálny čas na výmenu vo vretene a vyznačujú sa ďalšími dobrými vlastnosťami.

Pretože krátky kužeľ nezaručuje sám o sebe dostatočné stredenie nástroja voči osi vretena, polohovanie nástroja bolo u týchto koncoviek doplnené ešte čelnou rovinnou plochou príruby (pozri obr. 34a). Tým sa značne zvýšila presnosť polohovania nástroja vo vretene, pretože držiak je pri upnutí s vretenom spojený s predpätím. Vysoká tvarová a rozmerová presnosť upínacích plôch zaručujú vysokú presnosť otáčania nástroja. Tolerancie medzi kužeľovou a rovinnou upínanou plochou držiaka HSK sú menšie než 0,002 mm. Dosadenie držiaka v čelnej rovinnnej ploche príruby na protiplochu vretena zvyšuje aj ohybovú tuhosť nástroja (podľa údajov fy Diebold 5 až 7 násobne v porovnaní s klasickými kužeľovými držiakmi rovnakých rozmerov [www.diebold-hsk.de]).

Koncovky HSK sú schopné prenášať vysoké krútiace momenty, pretože tieto sa prenášajú okrem unášacích kameňov aj trením medzi držiakom a kužeľovou dutinou vretena, nakoľko držiak je vo vretene upnutý s predpätím. Vhodnosť nástrojových držiakov s kužeľom HSK pre vysokorýchlostné stroje sa dá vysvetliť aj tým, že pri vysokých otáčkach vznikajúce odstredivé sily vytláčajú upínacie prvky smerom von, ale tým sa vlastne zvyšuje upínacia sila (pozri obr. 34b). U klasických držiakov s kužeľom ISO to nie je možné, držiak musí byť zasunutý hlboko do vretena a neustále držaný v zovretom stave.

V neposlednom rade treba spomenúť aj tú skutočnosť, že držiaky s HSK kužeľom umožňujú namontovať aj centrálny prívod procesného média (reznej kvapaliny) z vretena do nástroja bez toho, aby sa toto médium dostalo na upínacie plochy.

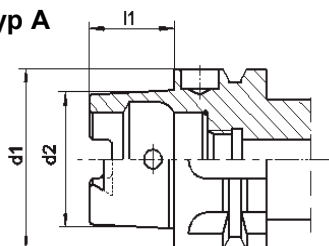


Obr. 34 Nástrojový držiak s kužeľom HSK [www.diebold-hsk.de]
 a) stav pred upnutím vo vretene, b) stav po upnutí vo vretene

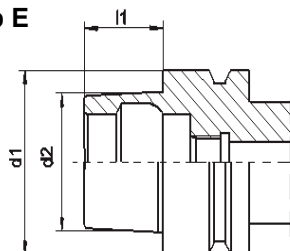
Na obr. 35 sú zobrazené niektoré štandardné koncovky nástrojov s kužeľom HSK podľa ponuky fy Diebold. Pritom základné vyhotovenie je označené ako typ A, ktoré je určené pre automatickú výmenu nástrojov, je vybavené drážkami pre unášacie kamene na konci kužeľa a umožňuje centrálny prívod procesného média do nástroja. Typ E je prednostne určený na použitie u vysoko rýchlostných strojov, pretože je navrhnutý ako extrémne rotačne symetrická konštrukcia bez drážok pre unášacie kamene.

Typ B je typický tým, že v porovnaní s malým kužeľom má relatívne veľký priemer prírubovej časti, v ktorej sú vytvorené aj drážky pre unášacie kamene a prívodný kanálik pre procesné médium.

Typ A

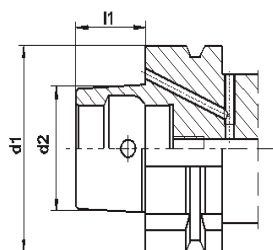


Typ E



Spoločné rozmery pre typy A a E		
Menovitý rozmer	Priemer kužeľa	Dĺžka kužeľa
d1 [mm]	d2 [mm]	l1[mm]
25	19	13
32	24	16
40	30	20
50	38	25
63	48	32
80	60	40
100	75	50
125	95	63
160	120	80

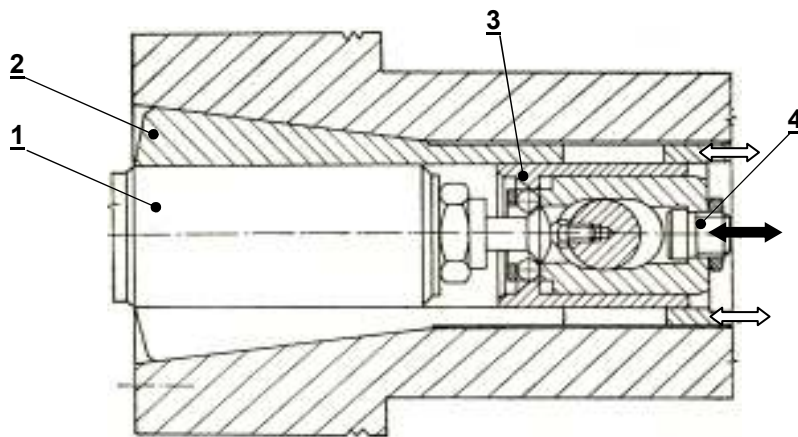
Typ B



Rozmery pre typ B		
Menovitý rozmer	Priemer kužeľa	Dĺžka kužeľa
d1 [mm]	d2 [mm]	l1[mm]
40	24	16
50	30	20
63	38	25
80	48	32
100	60	40
125	75	50
160	95	63

Obr. 35
Výber z ponuky nástrojových držiakov HSK firmy Diebold

Príklad **držiaka s valcovou upínacou plochou** je zobrazený na obr. 36, kde vidíme aj časť upínacieho zariadenia vo vretene. Valcové stopky nástrojových držiakov začali svojho času na číslícovo riadených strojoch používať japonské firmy. Držiak **1** je do vretene upnutý pomocou klieštiny **2** a poistený je pomocou guľôčkového mechanizmu **3** ovládaného tiahlom **4**. Valcová stopka má spravidla priemer 45 až 50 mm.



Obr. 36

Držiak nástrojov s valcovou stopkou upnutý vo vretene

Výhodou držiakov s valcovou stopkou je predovšetkým to, že sa jednoducho udržujú v čistote, čo prispieva k vysokej presnosti upínania (radiálne hádzanie držiaka býva 0,004 mm). Nečistoty sa odstraňujú prakticky pri každom zasúvaní do vretena i do zásobníka stieračom alebo stlačeným vzduchom, prípadne sa stierajú priamo puzdrom, prírubou či upínacou klieštinou. Preto opotrebenie upínacích plôch je minimálne. Ďalšou výhodou valcovej stopky držiaka je, že pri výmene nástroja vo vretene nie je nutné vreteno vždy presne polohovať. Upínacia sila vyvinutá klieštinou je pre ľahšie a menej namáhané nástroje dostatočná. Tím sa ušetrí čas potrebný na polohovanie vretena. Nástrojový držiak je vybavený unášacími kameňmi len u tých nástrojov, kde sa žiada presná poloha rezných klinov (napríklad u vyvrtávacích tyčí) alebo kde budú pri obrábaní vznikať veľké, resp. premenlivé krútiace momenty. Potom je ale samozrejme nutné i tu vreteno pred výmenou nástroja polohovať. Výhodou valcovej stopky držiaka je aj jej jednoduchšia výroba.

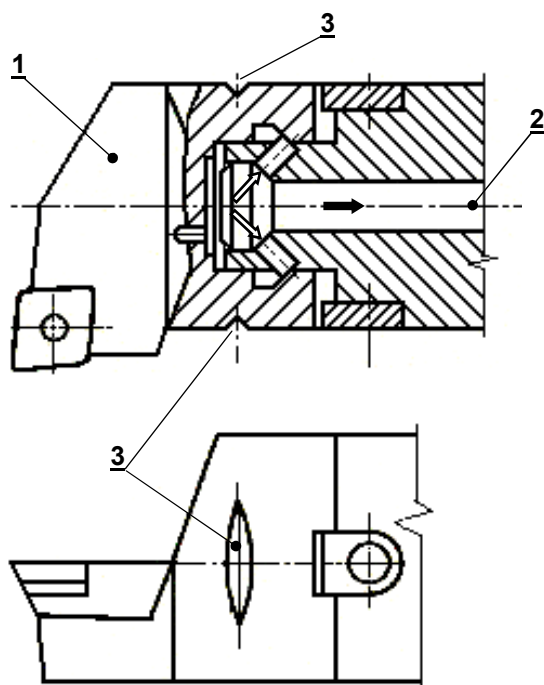
Nedostatkom je menšia tuhosť upnutia vo vretene. Medzi držiakom a vretenom je totiž ešte klieština, ktorá je v svojej podstate poddajný prvok znižujúci tuhosť celej sústavy. Aj konštrukcia upínacieho zariadenia je zložitejšia a náročnejšia na výrobu. Zariadenie potrebuje pre svoju činnosť dva samostatné upínacie a ovládacie mechanizmy - jeden je určený pre upínaciu klieštinu (jeho ovládanie je na obrázku schematicky znázornené bielou šípkou) a druhý je určený pre poistné zariadenie (na obrázku je jeho ovládanie znázornené čiernou šípkou),

ktoré zabezpečuje nástroj pred samovoľným vysunutím z vretena pri takých operáciách, pri ktorých má rezná sila tendenciu nástroj z vretena vytiahnuť.

Vyššie uvedené vlastnosti držiakov s valcovou stopkou ich predurčujú predovšetkým pre použitie na strojoch, u ktorých sa má dosahovať vysoká pracovná presnosť.

Na číslícovo riadených strojoch a obrábacích centrách s hlavným pohybom obrobku sa pre upínanie nástrojov používajú tiež vyššie spomínané držiaky s valcovou, resp. kužeľovou stopkou, alebo sa používajú držiaky s rôzne usporiadanými upínacími plochami (prizmatické drážky, rybinovité drážky, plochy s jemným žliabkovaním a pod.).

Princíp upínania nožových hlavíc do revolverovej hlavy a do voľných pozícií skladovacieho zásobníka v kombinovanom systéme AVN (bol uvedený na obr. 30) je vyobrazený na obr. 37. Nožová hlavica **1** je v upnutom stave držaná valčekmi, na ktoré tlačí v smere bielych šípok tiahlo **2**, ktoré je v tomto stave držané ťahom pružiny (na obrázku nie je zakreslená) v smere čiernej šípky. Pri výmene hlavice musíme externým zdrojom sily (napr. pneumatickým motorom) pôsobiť na tiahlo proti smeru čiernej šípky, aby došlo k roztvoreniu poistného valčekového mechanizmu. Drážky **3** sú určené pre zachytenie podávacím manipulátorom.



Obr. 37
Princíp upínania nožových hlavíc do revolverovej hlavy
v kombinovanom systéme AVN

Do nástrojových držiakov sa nástroje pred vložením do zásobníka upínajú a zoraďujú v nástrojárni na špeciálnych prípravkoch alebo na zoraďovacích prístrojoch. Stále častejšie sa však uplatňuje filozofia relatívne „hrubého“ zoradenia nástroja pri jeho upnutí do držiaka s tým, že tesne pred nasadením nástroja na konkrétnu operáciu na konkrétnom stroji a po konkrétnom upnutí (do vretena, revolverovej hlavy a pod.) sa pomocou meracieho zariadenia priamo na stroji zisťuje okamžitá poloha rezného klina, pričom výsledky merania sa okamžite využijú pre nastavenie nástrojových korekcií.

KÓDOVANIE NÁSTROJOV V SYSTÉMOCH AVN

Aby bolo možné programovať sled nástrojov potrebných na obrábanie určitého obrobku, musia byť nástroje alebo nástrojové pozície v zásobníku určitým spôsobom kódované. Každému nástroju (nástrojovej pozícii v zásobníku) potom je jednoznačne priradený určitý kód, na ktorý sa odvolávame pri volaní nástroja v príslušnom bloku programu slovom s adresou „T“.

Kódovanie teda môže byť v zásade dvoch druhov:

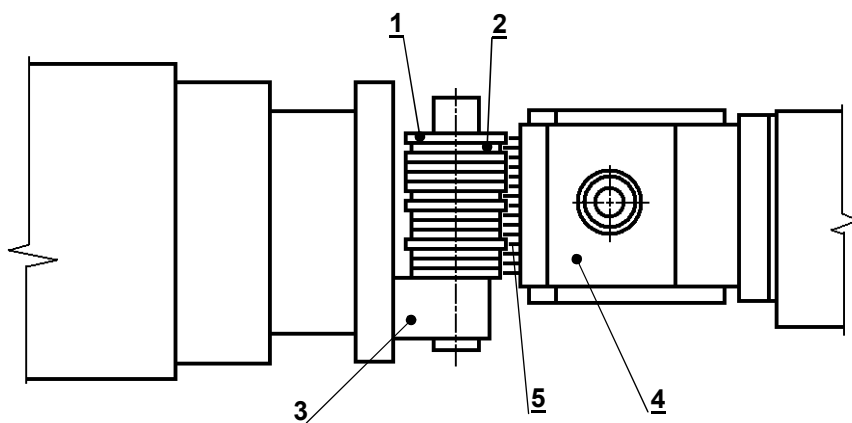
1. kódovanie pozície v zásobníku,
2. kódovanie samotného nástroja.

Kódovanie pozície v zásobníku je menej spoľahlivé, pretože v tomto prípade nie je kód na držiaku nástroja, ale na nástrojovej pozícii v zásobníku. Nástroje sa potom musia do zásobníka vkladať na pozície presne určené programom a po použití sa presne tam zase musia vrátiť. Vložením nesprávneho nástroja na príslušnú pozíciu v zásobníku môže dôjsť až k havárii stroja. Preto ak je použité kódovanie nástrojových pozícií, tak nástroje sa do zásobníka ukladajú spravidla v operačnom slede. Každý nástroj má priradené určité miesto v zásobníku, ktoré je očíslované. Výber nástrojov zo zásobníka prebieha potom tak, že na daný impulz sa uvedie zásobník do pohybu (rýchlosťou cca $0,5 \text{ m.s}^{-1}$) pričom jednotlivé kódy prechádzajú čítacím zariadením, ktoré vyšle impulz na zastavenie pohybu zásobníka až vtedy, ak sa prečíta kód naprogramovaného nástroja. Po zastavení sa zásobník ustaví do presnej polohy a až potom sa vykoná samotná výmena nástroja. Tok nástrojov na jednom technologickom pracovisku, prípadne i v zoskupení viacerých NC strojov, je možné sledovať i pomocou počítača, ktorý sleduje polohy nástrojov v zásobníku (zásobníkoch) i v celom systéme. V takomto prípade nástroje nemusia byť vybavené kódom na držiaku.

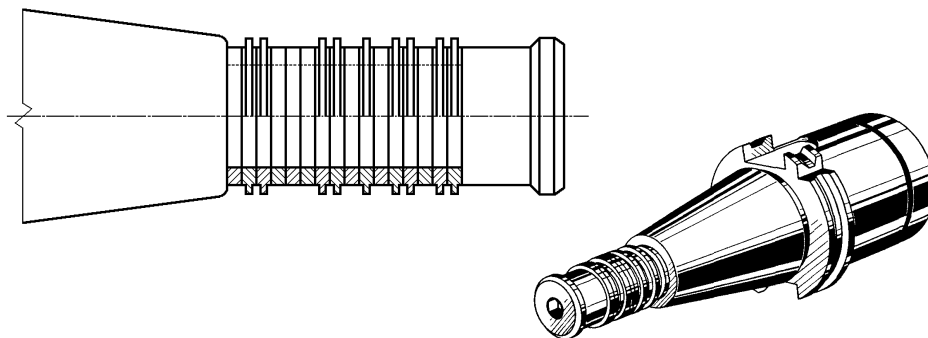
V prípade **kódovania nástroja** je nositeľom kódu samotný nástroj. Na držiaku nástroja sú na umiestnenie kódu určené miesta. Kód teda zostáva na nástroji aj vtedy, keď nástroj nie je v zásobníku, a preto v prípade kódovania nástroja nezáleží na poradí, v akom nástroje do zásobníku vkladáme. Tým, že nositeľom kódu je samotný nástroj, neprichádza do úvahy ani možnosť nechcenej zámeny nástrojov, a preto nemôže dôjsť k chybe pri práci stroja vložení nástroja na iné miesto, než sa predpokladalo. Tento systém kódovania umožňuje aj automatizovať výmenu nástrojov pri zmene typu obrobku. Napríklad kód s 15 krúžkami umožňuje zakódovať až 32 767 nástrojov, čo môže stačiť približne na objem celej menšej nástrojárne. Každý nástroj môže teda mať svoj nemenný kód po celú dobu svojho

života. Kód sa umiestňuje napríklad na stopke držiaka nástroja (pozri obr. 31 - pozície **5** a **6**) a sníma sa čítacím zariadením, ktoré môže byť mechanické, elektrické, optické prípadne iné. Príklady rôznych spôsobov kódovania nástrojov sú zobrazené na nasledujúcich obrázkoch.

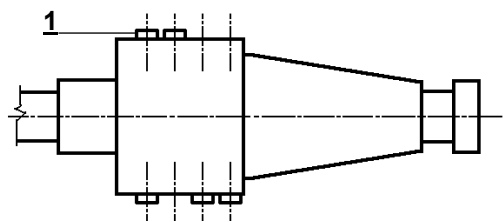
Na obr. 38 je schematicky znázornený princíp kódovania pomocou 15 krúžkov dvoch rôznych vonkajších priemerov **1** a **2**. Kódy sa vytvoria rôznou kombináciou ich zostavenia za sebou. Pri prechode nástrojového držiaka **3** okolo čítacieho zariadenia **4** krúžky väčšieho priemeru zatlačia príslušné kontakty **5**, ktoré zopnú príslušné elektrické obvody, podľa čoho potom riadiaci systém identifikuje o aký nástroj ide. Ako už bolo spomenuté, tento systém umožňuje zakódovať až 32 767 nástrojov. Na obr. 39 je zobrazený pohľad na umiestnenie kódovacích krúžkov na držiaku s kužeľovou stopkou. Vidíme, že valcová časť na konci držiaka je voči pôvodnej konštrukcii držiaka s ISO kužeľom predĺžená, čím bol vytvorený priestor pre umiestnenie sústavy krúžkov (porovnaj s obr. 31).



Obr. 38
Kódovanie nástroja pomocou sústavy 15 krúžkov



Obr. 39
Umiestnenie kódovacích krúžkov na držiaku s kužeľovou stopkou

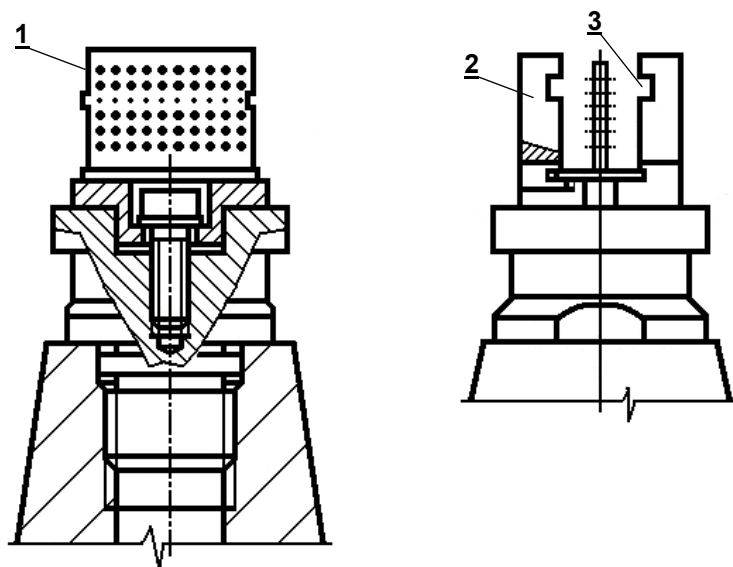


Obr. 40
Kódovanie nástroja pomocou sústavy skrutiek

Kódovanie nástroja pomocou sústavy skrutiek **1**, ktoré sa naskrutkujú na príslušné miesta nástrojového držiaka je zobrazený na obr. 40. Základný princíp čítania kódu je rovnaký ako v predchádzajúcom prípade. Kontakty čítacieho zariadenia sú ale ovládané hlavami skrutiek. Namiesto skrutiek môžu byť použité aj permanentné magnety,

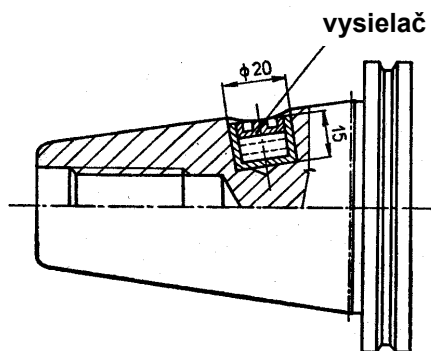
ale to iba v prípade obrábania nemagnetických materiálov (v opačnom prípade by magnety na stopku mohli priťahovať pri manipulácii triesky z rezného procesu. Kód nástroja sa číta snímacím zariadením citlivým na prítomnosť magnetického poľa.

V bývalom VÚOSO Praha (Výzkumný ústav obrábacích strojů a obrábění) bol pred viac ako 20 rokmi pre kódovanie nástrojov obrábacích centier československej výroby vyvinutý kódovací systém s veľmi dobrými parametrami a vlastnosťami. Kódovanie nástrojov sa u tohto systému realizuje pomocou BCD kódu v rozmeroch päťstopej diernej pásky s nepárnou paritou v každej dekáde. Nositeľom kódu je štítok **1** z čierneho plastu (obr. 41), na ktorom je umiestnených celkom 10 dekád, takže kódovacia kapacita je 10^{10} - 1 možností. Kódovacie otvory sú u nového štítku všetky zaslepené a pred umiestnením na držiak nástroja sa príslušné otvory uvoľnia. Kódový štítok je na nástrojovom držiaku pripevnený pomocou držiaka kódu **2**, v ktorom sú vytvorené vodiace drážky **3** pre vedenie čítacej hlavy. Kód zo štítku je snímaný fotoelektricky.



Obr. 41
Kódovanie nástrojov pomocou kódového štítku

Ďalší kódovací systém je zobrazený na obr. 42. Tento systém využíva mikročip, ktorý je vybavený miniatúrnym vysielateľom a je zabudovaný do držiaka nástroja. Vysielateľ nemá vlastný zdroj elektrického prúdu, ale ten sa v ňom indukuje vždy pri prechode okolo cievky čítacieho zariadenia. Vysielateľ potom okamžite vyšle do čítacieho zariadenia kódovanú impulzovú správu (spravidla je to 2-krát za sebou). Doba vysielania je cca 2 milisekundy. Prijímač čítacieho zariadenia správu dešifruje a zistí, o aký nástroj ide. Výhodou tohto systému je možnosť ukladania všetkých dát o nástroji (vrátane nástrojových korekcií) do pamäti čipu, čím sa nástroj stáva autonómny prvkom v celom výrobnom systéme, nezávislým napríklad ani na pamäti centrálného riadiaceho počítača.



Obr. 42
Kódovanie nástroja s mikročipom