



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF PRODUCTIONS MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## REŠERŠE NÁSTROJOVÝCH UPÍNACÍCH ROZHRANÍ FRÉZOVACÍCH STROJŮ

DESCRIPTION OF TOOL CLAMPING INTERFACE AT MILLING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

SLAVOMÍR MANK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN PAVLÍK

BRNO 2011



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2010/2011

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Slavomír Mank

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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

### **Rešerše nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů**

v anglickém jazyce:

### **Description of tool clamping interface at milling machines**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proveďte rešerši v současnosti používaných nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů (ISO, HSK,...), porovnání vlastností, užití a v návaznosti na to i rešerši upínačů pro malé frézovací nástroje s válcovým dříkem.

Cíle bakalářské práce:

Proveďte rešerši v současnosti používaných nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů (ISO, HSK,...), porovnání vlastností, užití a v návaznosti na to i rešerši upínačů pro malé frézovací nástroje s válcovým dříkem.

Seznam odborné literatury:

[www.gildemeister.com](http://www.gildemeister.com)

[www.mazak.com](http://www.mazak.com)

[www.okuma.com](http://www.okuma.com)

MAREK, J. Konstrukce CNC obráběcích strojů, 2006. ISBN 1212-2572

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Pavlík

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 3. 1. 2011

L. S.

---

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## **Abstrakt**

Táto práca sa zaoberá spôsobmi upínania nástrojov vo frézovacích strojoch. Je v nej obsiahnuté základné rozdelenie nástrojových upínačov a sú v nej popísané možné spôsoby upínania nástrojových upínačov vo vretene obrábacieho stroja. V nadväznosti na to sa zaoberá aj spôsobmi upínania malých frézovacích nástrojov.

## **Kľúčové slová**

Držiak nástrojov, nástroj, stopka, klieština, vreteno, fréza.

## **Abstract**

This thesis discusses the ways of clamping tools into milling machines. It is contained basic toolholders and describes possible types of clamping toolholders into tool spindle, as well as dealing with the options of clamping small milling tools.

## **Key words**

Toolholder, tool, shank, collet, spindle, milling cutter.

## **Bibliografická citácia :**

MANK, S. *Rešerše nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Pavlík.

## **Čestné prehlásenie**

Prehlasujem, že som túto prácu vypracoval samostatne, pod vedením vedúceho bakalárskej práce pána Ing. Jana Pavlíka a s použitím zdrojov uvedených v zozname použitých zdrojov.

V Brne, dňa 27.5.2011.

---

Slavomír Mank

## **Pod'akovanie**

Týmto by som chcel vyjadriť pod'akovanie vedúcemu mojej bakalárskej práce, Ing. Janovi Pavlíkovi za odborné vedenie a cenné rady pri tvorbe mojej záverečnej práce . Ďalej by som rád pod'akoval mojej rodine a kolektívu spolupracovníkov za porozumenie a podporu počas môjho vysokoškolského štúdia.



## Obsah

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Úvod.....                                                               | 10 |
| 2. Základný popis nástrojového držiaku .....                               | 11 |
| 3. Rozdelenie nástrojových držiakov.....                                   | 12 |
| 3.1 SK / ISO držiaky nástrojov.....                                        | 13 |
| 3.2 MAS BT držiaky nástrojov.....                                          | 15 |
| 3.3 CAT držiaky nástrojov.....                                             | 16 |
| 3.4 Upínací systém BIG-PLUS®.....                                          | 17 |
| 3.5 HSK držiaky nástrojov .....                                            | 19 |
| 3.6 R8 držiaky nástrojov .....                                             | 22 |
| 3.7 Nástrojové držiaky s Morse kuželom .....                               | 23 |
| 3.8 Držiaky nástrojov so systémom CAPTO .....                              | 25 |
| 4. Upínače nástrojov pre malé frézovacie nástroje s valcovou stopkou ..... | 28 |
| 4.1 Klieštinové upínače.....                                               | 28 |
| 4.2 Upínače Weldon a Whistle Notch .....                                   | 32 |
| 4.3 Silovo - deformačný upínací systém Tribos® .....                       | 33 |
| 4.4 Hydraulické upínače nástrojov.....                                     | 35 |
| 4.5 Univerzálne upínače Sino .....                                         | 37 |
| 4.6 Tepelné upínače nástrojov.....                                         | 38 |
| 4.7 Upínací systém Safe-lock .....                                         | 39 |
| 5. Záver.....                                                              | 41 |
| Zoznam použitých zdrojov .....                                             | 42 |
| Zoznam použitých obrázkov .....                                            | 45 |
| Zoznam použitých tabuliek .....                                            | 45 |
| Zoznam použitých skratiek a symbolov .....                                 | 46 |

## 1. Úvod

Technický pokrok a zvyšovanie nárokov na kvalitu výrobkov, zvyšuje nároky na používané technológie. Vzhľadom na to sa stále hľadajú nové spôsoby výroby a staré sa neustále vylepšujú.

Plnenie týchto požiadaviek si vyžaduje zlepšovanie kvality výrobných procesov. Jedným z dôležitých faktorov, ovplyvňujúcich presnosť výroby, produktivitu a životnosť nástroja, je aj spôsob upnutia nástroja v obrábacom stroji.

Aj napriek tomu, že investičné náklady na držiaky nástrojov nie sú v porovnaní s cenou stroja až také vysoké, v konečnom dôsledku výrazne ovplyvňujú kvalitu výrobného procesu.

Dnes je dostupné veľké množstvo rôznych nástrojových držiakov, ktoré sa od seba odlišujú spôsobmi vyvedenia upínacej sily, tvarom stykových plôch a presnosťou upínania. Pre každú aplikáciu je možné nájsť vhodný typ držiaku, ktorý by maximálne splnil požiadavky kladené na daný výrobný proces. Obmedzením býva existujúci strojový park a nutnosť zladenia používaných spôsobov upínania obrábacích nástrojov pre jednotlivé stroje.

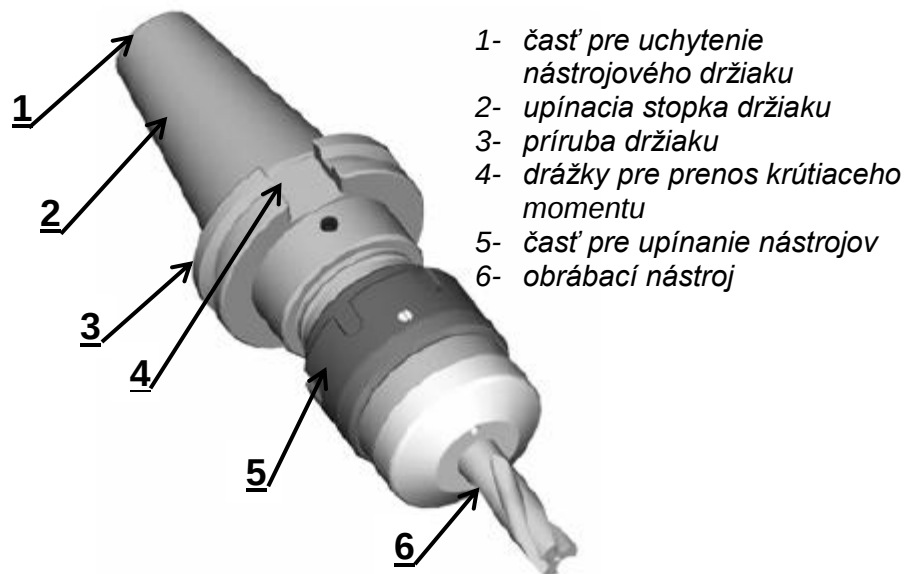
Hlavné požiadavky kladené na nástrojové držiaky sú[34]:

- dostatočná sila pre upnutie nástroja aj pri veľkých úberoch materiálu a vysokých otáčkach
- presnosť upnutia, hlavne obvodové hádzanie, ktoré má za následok nerovnomerné opotrebenie nástroja
- hodnota vyváženia nástrojového držiaku
- schopnosť tlmiť vibrácie nástroja, ktoré vznikajú pri obrábaní
- musí umožňovať presné upnutie do vretena stroja, prípadne na nosič nástrojov stroja.

Táto práca sa podrobnejšie zaoberá nástrojovým upínacím rozhraním frézovacích strojov. Ich rozdelením a bližším popisom jednotlivých typov s naznačením výhod aj nevýhod. V nadväznosti na to sa podrobnejšie zaoberá upínaním malých frézovacích nástrojov s valcovou stopkou. Tie sú popísané spôsobom upínania, použitím, výhodami a nevýhodami jednotlivých spôsobov upínania.

## 2. Základný popis nástrojového držiaku

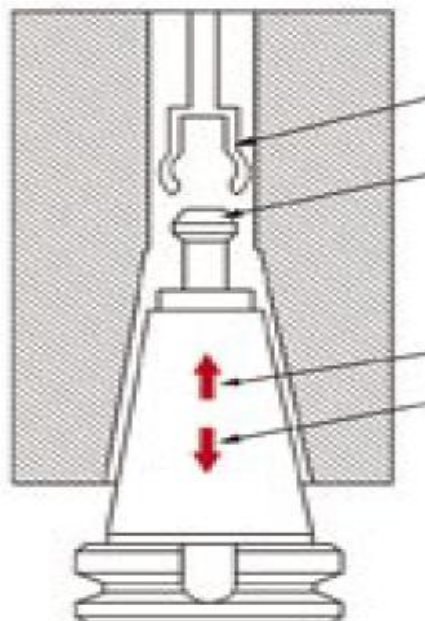
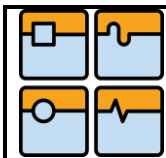
Pre lepšiu orientáciu v problematike je vhodné popísať základné časti nástrojových držiakov. Vyhotovenia jednotlivých typov sa vzájomne odlišujú, preto je pre popísanie základných častí použitý najbežnejší typ držiaku.



Obr. 1 Držiak nástrojov s kužeľovou stopkou [1]

Ak majú nástrojové držiaky používané vo frézovacích strojoch spoľahlivo plniť svoj účel, musia plniť nasledujúce funkcie :

- presné upnutie do vretena alebo na nosič nástrojov stroja. K tomu slúži upínacia stopka držiaka (poz.2 obr.1), ktorá môže mať rôzne tvary (valcová, kužeľová alebo kombinovaná z rovinných alebo valcových častí. Tieto sú normalizované podľa typu držiaku.
- dostatočne silné upnutie držiaku vo vretene stroja. To zabezpečuje časť k uchyteniu nástrojového držiaku upínacím alebo zaistovacím mechanizmom a je umiestená na konci upínacej stopky (poz.1 obr.1).
- schopnosť prenášať zaťaženie reznými odpormi. Ak nie je držiak schopný prenášať zaťaženie trením v upínacích plochách, sú potrebné dodatočné plochy pre zabezpečenie prenosu krútiaceho momentu (poz.4 obr.1).
- v prípade použitia držiaku pre stroje s automatickou výmenou nástrojov, musia byť na držiaku plochy prispôsobené pre uchopenie manipulátorom. Tieto plochy sú zvyčajne umiestnené na príruhe držiaku (poz.3 obr.1).
- presné a spoľahlivé upnutie nástroja (poz.6 obr.1), schopné prenášať rezné sily. To zabezpečuje časť pre upínanie nástrojov (poz.5 obr.1).



- 1- upínacie tiahlo
- 2- upínací čap
- 3- smer upínania
- 4- smer odopínania

Obr. 2 Schematické znázornenie upínania nástrojového držiaku [2]

### 3. Rozdelenie nástrojových držiakov

Pre delenie nástrojových držiakov je vhodné rozdeliť držiak na dve časti, a to rozhranie vreteno stroja - upínač a rozhranie upínač - nástroj. Pre upínanie nástrojov existuje množstvo spôsobov, ktoré sú kombinované so štandardizovanými upínacími stopkami nástrojových držiakov. Toto kombinovanie vytvára množstvo variácií nástrojových držiakov. Prakticky pre každý typ stopky existuje spôsob pre upnutie všetkých frézovacích nástrojov.

Vo vretene stroja sú vytvorené jednotné upínacie plochy, do ktorých sa upína normalizovaný držiak nástrojov, ktorý slúži pre upevňovanie nástrojov rôznymi spôsobmi. Pre rozdelenie nástrojových držiakov podľa upínacej stopky existuje niekoľko kritérií. Tieto nie sú presne určujúce, pretože sa navzájom prelínajú. Jedným z nich je tvar upínacej stopky držiaku. U frézovacích strojov sa zväčša používajú dva spôsoby upínania nástrojov. Jeden je do valcových otvorov a druhým spôsobom je upínanie do kužeľových otvorov. Možné spôsoby delenia nástrojových držiakov sú uvedené nižšie.

Podľa tvaru stopky:

- s valcovou stopkou
- s kužeľovou stopkou
- so stopkou polygonálneho tvaru
- iný tvar stopky

Podľa spôsobu vyvedenia upínacej sily

- samo svorné

- nesamo svorné

Držiaky s kuželovou stopkou môžeme deliť podľa dĺžky stopky na držiaky:

- s dlhou stopkou
- s krátkou stopkou

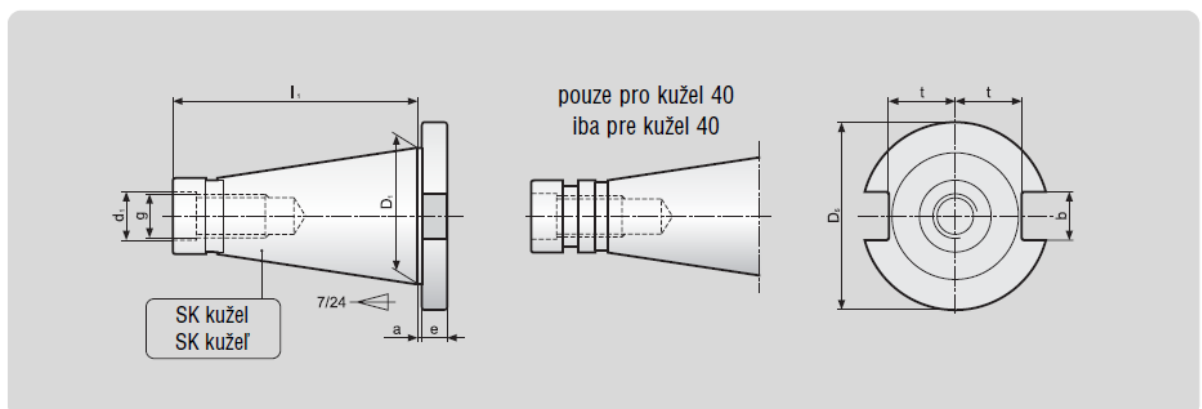
Podľa kužeľovitosti stopky:

- Morse kužel
- kužel 7:24
- 1:10
- 19:1 (20:1)
- R8
- iné typy kužeľov

### 3.1 SK / ISO držiaky nástrojov

SK / ISO držiaky patria medzi držiaky nástrojov s kuželovou stopkou s kužeľovitosťou 7:24, to znamená k držiakom s tzv. strmým kužeľom. „Označenie SK vychádza z nemeckého Steilkegel, v preklade strmý kužeľ“ [6]. Je to starší typ upínačov. Používajú sa hlavne na európskom kontinente. Určené sú pre stroje s ručnou výmenou nástrojov, ale aj pre stroje s automatickou výmenou nástrojov.

Držiaky pre ručnú výmenu nástrojov sa odlišujú od tých pre automatickú tým, že neobsahujú lichobežníkovú drážku na obvode príruby držiaku. Tá slúži na bezpečné uchopenie držiaku manipulátorom obrábacieho stroja. Ďalej neobsahuje vybranie na príрубе, ktoré slúži pre správne polohovanie držiaku v zásobníku nástrojov a počas manipulácie.



| Rozměry / Rozmery [mm] |                |                |                |      |    |                |      |      |     |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|------|----|----------------|------|------|-----|
| kužel<br>kužel         | D <sub>1</sub> | D <sub>5</sub> | l <sub>1</sub> | g    | e  | d <sub>1</sub> | t    | b    | a   |
| 40                     | 44,45          | 63             | 93,4           | M 16 | 10 | 17             | 22,5 | 16,1 | 1,6 |
| 50                     | 69,85          | 97,5           | 126,8          | M 24 | 12 | 26             | 35,3 | 25,7 | 3,2 |

Obr. 3 Nástrojových držiak DIN 2080 pre ručnú výmenu nástrojov [25]

A blue and white industrial machine, likely a laser cutting or engraving system. It features a main body with a blue base and white upper sections. A control panel with various buttons and a digital display is located on the right side. The machine is mounted on a blue base and has a white protective enclosure. The text "FAGLIA 40 A" is visible on the white section.

The technical drawing shows two views of nozzle tips. On the left, 'forma A' is shown as a simple conical tip with dimensions \$d\_1\$, \$9\$, \$D\_1\$, and \$D\_2\$. Below it, 'forma AD' is shown with a more complex internal profile, including a central bore with diameter \$d\_{int}\$ and outer diameters \$D\_1\$ and \$D\_2\$. A callout box indicates 'SK kužel' (SK cone) and 'SK kužel' (SK cone). Dimensions for 'forma AD' include \$l\_1\$, \$35\$, \$19,10 \pm 0,1\$, \$11,10 \pm 0,1\$, \$7/24\$, \$3,2\$, and \$15,9\$. On the right, 'forma A/AD/B' is shown from a side perspective, highlighting a \$35^\circ\$ angle and a base diameter \$d\_b\$.

Obr. 5 Nástrojových držiak DIN 69871 pre automatickú výmenu nástrojov [25]

SK / ISO držiaky sa vyrábajú v rôznych prevedeniach a veľkostiach, ktoré závisia na strojoch, pre ktoré sú určené, a nástrojoch, ktoré upínajú. Môžu byť s vnútorným chladením alebo bez neho. Štandardne sa vyrábajú v týchto šiestich veľkostiach, 30, 35, 40, 45, 50, 60[2]:

- 30, určené pre veľmi malé stroje
- 40, určené pre malé stroje
- 50, určené pre stredne veľké stroje
- 60, určené pre veľmi veľké stroje.

Dnes sa najčastejšie používajú nástrojové držiaky nemeckých noriem DIN 69871 pre automatickú výmenu nástrojov a DIN 2080 pre ručnú výmenu nástrojov. Tomu odpovedá česká štátna norma ČSN 220434.

Výhodou tohto typu držiaku je jednoduché nasadzovanie a uvoľňovanie z vretena. To spôsobuje veľká strmosť kužeľa stopky. Ďalšou výhodou je symetrická konštrukcia a tvarová jednoduchosť stopky, z čoho vyplývajú nízke výrobné náklady.

Nevýhodou je malá tuhosť uloženia vo vretene a nezaručená osová poloha. Tá nastáva pri rozšírení kužeľovej dutiny vretena vplyvom vysokých otáčok. Tým sa zmenší dotyková plocha upínania a zároveň klesne aj schopnosť prenášať rezné sily trením [8].

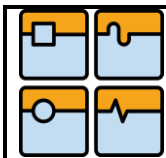
Vzhľadom k týmto skutočnostiam sa tento typ držiaku nepoužíva pre vysokorýchlostné obrábanie, ale je bežnejší u strojov určených pre klasické obrábanie. Rozsah otáčok, pre ktoré je daný typ držiaku použiteľný odpovedá jeho vyváženiu. To určuje každý výrobca pre svoje výrobné rady.

- Štandardná kvalita vyváženia činní [7] :
- SK 30: G 6,3 / 15 000 ot. min<sup>-1</sup>
- SK 40: G 6,3 / 15 000 ot. min<sup>-1</sup>
- SK 50: G 6,3 / 10 000 ot. min<sup>-1</sup>

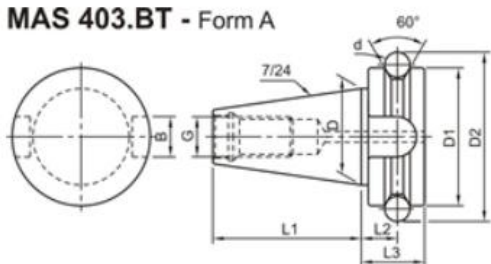
### 3.2 MAS BT držiaky nástrojov

Držiaky MAS 403-BT patria do skupiny držiakov s kužeľovou stopkou s kužeľovitostou 7:24. Pôvodne boli tieto držiaky vyvinuté v Japonsku. Normované sú podľa JIS B 6339. Používané sú hlavne v Ázii, ale postupným rozširovaním CNC obrábacích centier japonskej produkcie (Okuma, Mazak, Mori-Seiky atď.) došlo k ich rozširovaniu do celého sveta.

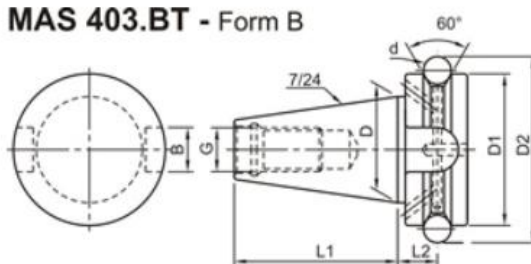
Tvarovo aj rozmerovo sú podobné držiakom SK / ISO. Medzi hlavné odlišnosti patrí dĺžka upínacej stopky, šírka a priemer príruby a rozmery drážky pre manipulátor. Taktiež drážky pre kamene nie sú prefrézované skrz celú prírubu.



MAS 403.BT - Form A



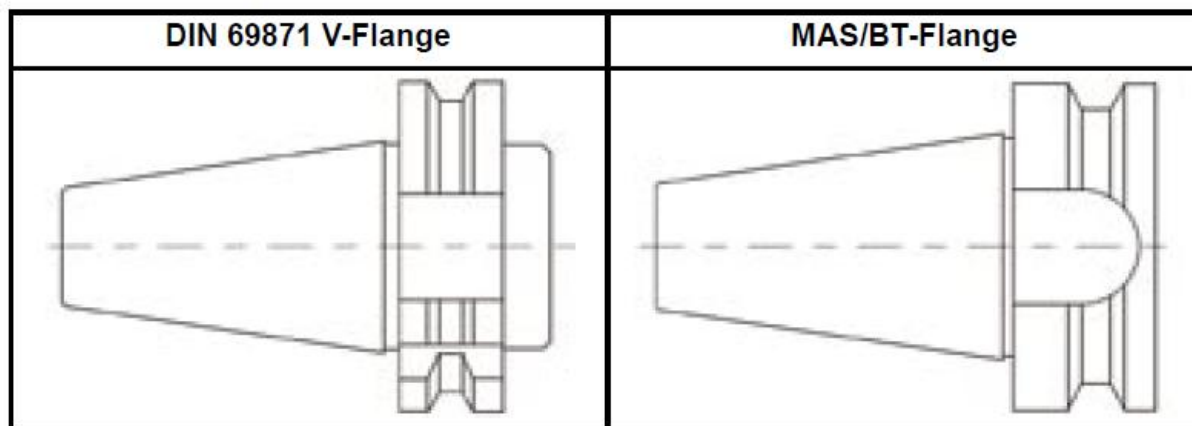
MAS 403.BT - Form B



| Machine Design          | Taper ISO | D     | D1  | D2     | L1    | L2   | L3 | d  | B    | G   |
|-------------------------|-----------|-------|-----|--------|-------|------|----|----|------|-----|
| MAS BT 403 (Form A / B) | 30        | 31.75 | 46  | 56.14  | 48.4  | 13.6 | 22 | 8  | 16.1 | M12 |
|                         | 35        | 38.1  | 53  | 61.97  | 56.4  | 14.6 | 24 | 9  | 16.1 | M12 |
|                         | 40        | 44.45 | 63  | 75.68  | 65.4  | 16.6 | 27 | 10 | 16.1 | M16 |
|                         | 50        | 69.85 | 100 | 119.02 | 101.8 | 23.2 | 38 | 15 | 25.7 | M24 |

Obr. 6 MAS 403 BT držiak nástrojov [35]

Použitie týchto upínačov je podobné ako u upínačov ISO / SK . Vhodné sú pre ručnú aj automatickú výmenu nástrojov a určené sú pre klasické obrábanie. Rozmerové označovanie je rovnaké ako u predchádzajúceho typu, najčastejšie sú používané vo veľkostiach 30, 40, 50. Parametre použiteľnosti sú podobné ako u držiakov ISO / SK. Maximálne otáčky do  $15\,000\text{ ot.min}^{-1}$ , stupeň vyváženia G6,3.

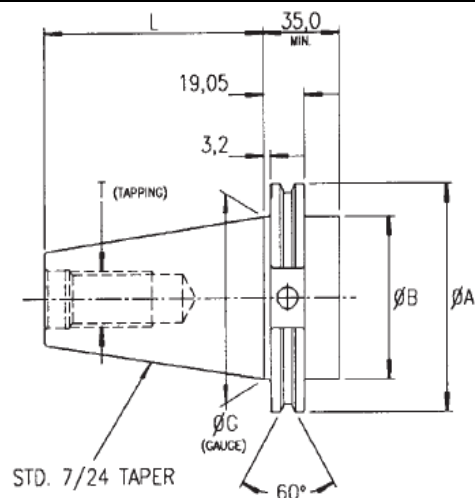


Obr. 7 Porovnanie upínačov ISO/SK a MAS BT [2]

### 3.3 CAT držiaky nástrojov

Držiaky CAT patria do skupiny držiakov s kužeľovou stopkou s kužeľovitostou 7:24. Pôvod držiakov nástrojov CAT je v severnej Amerike, kde ich vyvinula firma Caterpillar pre svoje CNC obrábacie stroje. Občas sú nazývané aj „V- príruha“. [9] Rozšírené sú hlavne v Amerike a Ázii kde sa rozšírili s distribúciou obrábacích strojov americkej produkcie. V Európe sa vyskytujú veľmi výnimočne.

| CAT/ANSI B5.50 |       |       |       |        |     |
|----------------|-------|-------|-------|--------|-----|
| Taper          | A     | B     | G     | L      | T   |
| CV40           | 63.50 | 44.45 | 44.45 | 68.25  | M16 |
| CV50           | 96.38 | 69.85 | 69.85 | 101.60 | M24 |



Obr. 8 Základný rozmerový popis držiaku CAT [10]

Základné rozmerové a tvarové charakteristiky sú podobné ako u upínačov so stopkou ISO / SK a MAS BT (viď obr. 8). Rozmery a tvar držiaku popisuje norma ANSI B5.50. Bežne sa vyrábajú v troch veľkostiach 40,50 a 60.

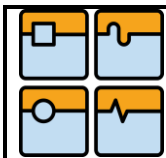
Z podobnosti týchto držiakov na predchádzajúce typy vyplýva aj rozsah ich použiteľnosti. Vhodné sú pre stroje s ručnou aj automatickou výmenou nástrojov, primárne sú určené pre klasické obrábanie. Používané sú do maximálnych otáčok 12 000 ot.min<sup>-1</sup>, a stupeň vyváženia G6,3.

### 3.4 Upínací systém BIG-PLUS®

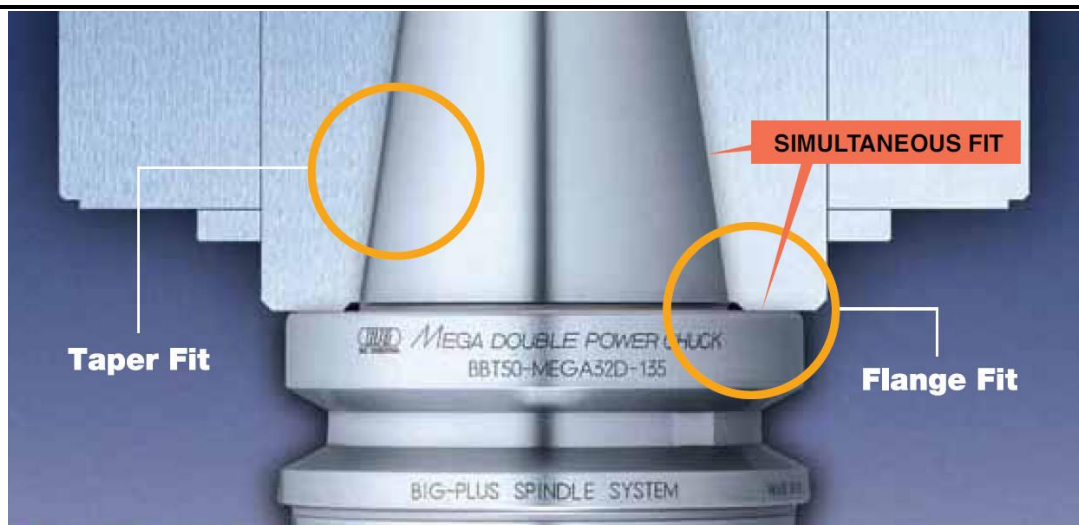
Nevýhody klasických držiakov nástrojov s kužeľovou stopkou 7:24 pri vysokých otáčkach viedli k vývoju modifikovaného spôsobu upínania. Riešením bolo použitie dvojitého kontaktu, na kužeľovej ploche stopky a aj na čelnej ploche príruby. To je možné zabezpečiť jedine presnou výrobou vretena stroja a aj upínacej stopky držiaku nástrojov a ich vzájomným zlíčováním. Vďaka pružnej deformácii dutiny vretena stroja je po vyvodení upínacej sily možné dosiahnuť tento dvojité kontakty, tak aby zanikla medzera medzi čelnou plochou vretena stroja a príruby držiaku (obr. 9) [11].

Upínací systém BIG-PLUS® je možné používať so všetkými typmi držiakov s kužeľovou stopkou 7:24 (ISO/SK, MAS BT, CAT).

Výhodou tohto upínacieho systému je vyššia tuhosť upnutia, väčšia axiálna opakovateľnosť upínania (až 1µm), zároveň skoro nedochádza k vibráciám medzi kužeľovou stopkou a dutinou vretena. Tento upínací systém taktiež obmedzuje vychýľovanie nástroja pôsobením odstredivých síl pri vysokorýchlostnom obrábaní ďalej len HSC (High speed cutting), tak ako je zobrazené na obr. 10 [11].

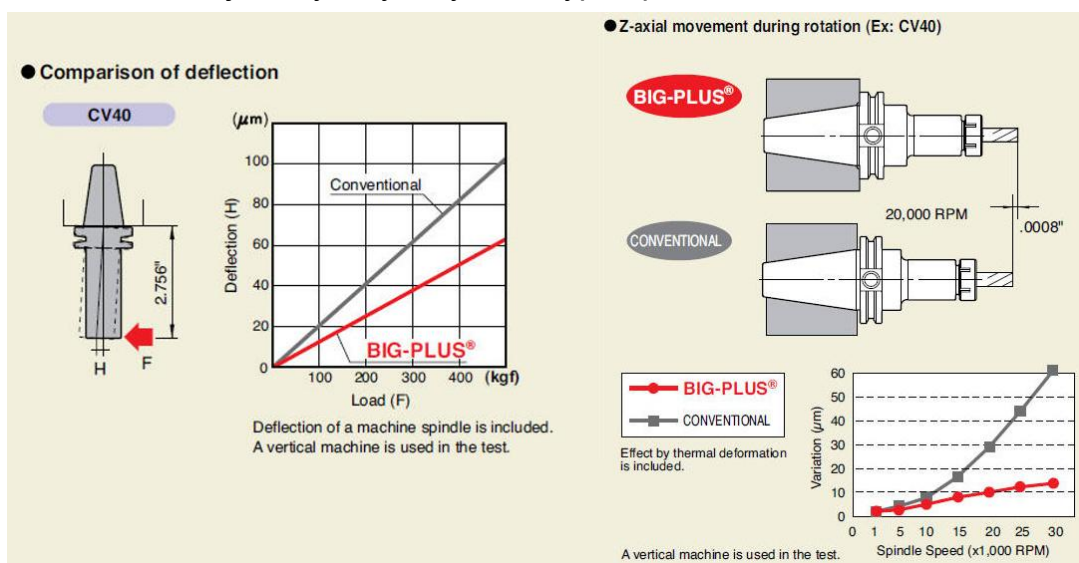


## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



Obr. 9 Princíp upínania BIG-PLUS® [11]

Hlavnou nevýhodou je nutnosť presnej výroby a vyvažovania, čo zvyšuje cenu držiaku a nekompaktibilnosť držiakov vyrobených pre jedno vreteno s inými strojmi. Tento systém je síce možné používať s vretenami neupravenými pre tento systém, ale strácajú sa tým výhody tohto typu upínania.



Obr. 10 Porovnanie konvenčného a BIG-PLUS® upínacieho systému [11]

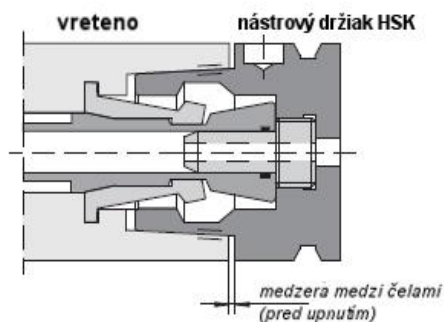
Primárne je tento systém určený pre CNC obrábacie stroje s pracovnými otáčkami vretena až 40 000 ot.min<sup>-1</sup>. Presné špecifikácie použitia určuje výrobca podľa typu držiaka a nástroja, ktorý tento držiak upína [11].

### 3.5 HSK držiaky nástrojov

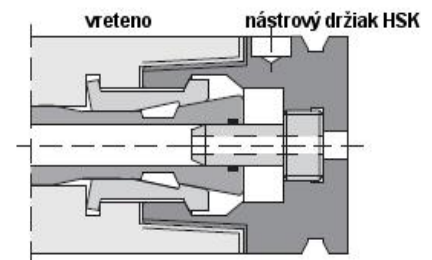
Držiaky nástrojov HSK patria do skupiny držiakov s nesamosvornými kužeľovými stopkami s kužeľovitosťou 1:10. Označenie HSK pochádza z nemeckého Hohlschaftkegel čo v preklade znamená dutý kužeľový upínač. Ako nám naznačuje pôvod označenia, tieto upínače boli vyvinuté v Nemecku. Štandardizované sú podľa normy DIN 69893. Keďže, sa jedná o pomerne nový typ upínania, tak najviac je rozšírený v Európe. Postupne sa, ale začína presadzovať aj v iných častiach sveta. K tomu prispieva hlavne vývoz európskych obrábacích strojov [12].

Princíp upínania je podobný ako u predchádzajúceho typu upínača. Aj tento typ upínacieho rozhrania upína dvojitým stykom. Jeden je kužeľová stopka s dutinou vretena, druhý je čelo príruby držiaku s čelom vretena. Ako ukazuje obr.11 držiak je upínaný za dutinu v stopke držiaku a to tak, že vťahuje jednu klieštinu do druhej klieštiny, ktorá sa následne roztiahne do dutiny držiaku. To vyvolá upínaciu silu, ktorá vťahuje stopku držiaku do dutiny vretena.

#### Poloha pred upnutím



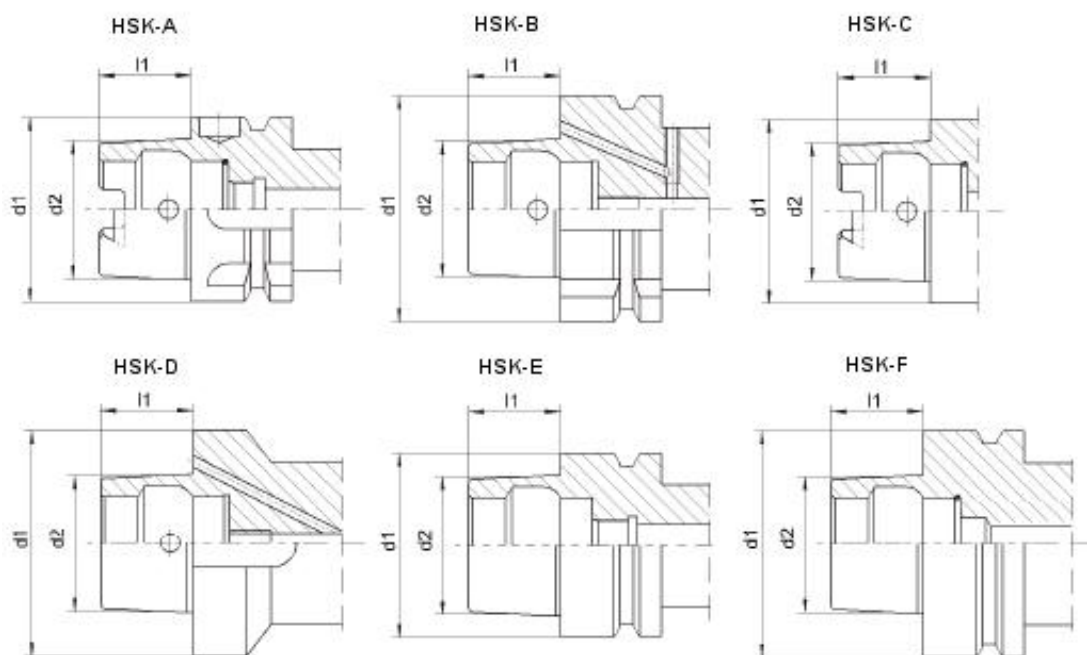
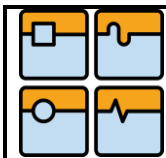
#### Poloha po upnutí



Obr. 11 Mechanizmus upínania HSK držiakov nástrojov [13]

Vývojári sa pri navrhovaní tohto typu upínacieho rozhrania snažili eliminovať nedostatky starších typov držiakov. Išlo hlavne o zvýšenie tuhosti, presnosti a opakovateľnosti upnutia, pri čo najmensej náročnosti výroby. Výsledkom vývoja je upínač, ktorý je cca. o 30% menší a má cca. o 50% menšiu hmotnosť. Nižšia hmotnosť umožnila rýchlejšiu a presnejšiu manipuláciu [12].

HSK upínače sa vyrábajú v šiestich typoch (A, B, C, D, E, F) a deviatich veľkostiach (25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160). Nevyrábajú sa však vo všetkých veľkostiach pre všetky typy. Táto variabilita poskytuje možnosť vybrať si presne ten typ držiaku, ktorý spĺňa maximálne požiadavky pre danú aplikáciu.



Obr. 12 Prehľad typov HSK držiakov nástrojov [14]

Typ HSK-A je určený pre použitie v obrábacích centrách s automatickou výmenou nástrojov, ďalej len AVN, pre malý krútiaci moment a stredné až vysoké otáčky vretena. Centrálné chladenie nástroja je realizované stredom držiaku a unášacie drážky sú na konci kužeľovej stopky.

Typ HSK-B je určený pre stroje s AVN, pre veľký krútiaci moment a stredné až vysoké otáčky vretena. Centrálné chladenie nástroja je realizované cez prírubu držiaku a unášacie drážky sú tiež na prírubu.

Typ HSK-C je určený pre manuálnu výmenu nástrojov, pre malý krútiaci moment a stredné až vysoké otáčky vretena. Centrálné chladenie nástroja je realizované stredom držiaku a unášacie drážky sú na konci kužeľovej stopky.

Typ HSK-D je určený pre manuálnu výmenu nástrojov, pre veľký krútiaci moment a stredné až vysoké otáčky vretena. Centrálné chladenie nástroja je realizované cez stred alebo prírubu držiaku a unášacie drážky sú tiež na prírubu.

Typ HSK-E je určený pre stroje s AVN, pre malý krútiaci moment a veľmi vysoké otáčky vretena, HSC obrábanie. Centrálné chladenie nástroja je realizované cez stred držiaku a unášacie drážky sú eliminované ku zvýšeniu symetrie upínania.

Typ HSK-F je určený pre stroje s AVN, pre malý krútiaci moment a veľmi vysoké otáčky vretena, HSC obrábanie. Centrálné chladenie nástroja je realizované cez stred držiaku a je bez unášacích drážok. [14]

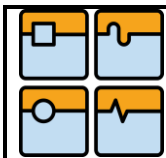
Tabuľka 1 Základná rozmerová charakteristika HSK držiakov nástrojov k obr. 11 [14]

| Veľkosť držiaku | HSK – A, C, E          |                        |                        | HSK – B, D, F          |                        |                        |
|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                 | d <sub>1</sub><br>[mm] | d <sub>2</sub><br>[mm] | l <sub>1</sub><br>[mm] | d <sub>1</sub><br>[mm] | d <sub>2</sub><br>[mm] | l <sub>1</sub><br>[mm] |
| 25              | 25                     | 19                     | 13                     | 25                     | -                      | -                      |
| 32              | 32                     | 24                     | 16                     | 32                     | -                      | -                      |
| 40              | 40                     | 30                     | 20                     | 40                     | 24                     | 16                     |
| 50              | 50                     | 38                     | 25                     | 50                     | 30                     | 20                     |
| 63              | 63                     | 48                     | 32                     | 63                     | 38                     | 25                     |
| 80              | 80                     | 60                     | 40                     | 80                     | 48                     | 32                     |
| 100             | 100                    | 75                     | 50                     | 100                    | 60                     | 40                     |
| 125             | 125                    | 95                     | 63                     | 125                    | 75                     | 50                     |
| 160             | 160                    | 120                    | 80                     | 160                    | 95                     | 63                     |

Výhodami tohto upínacieho rozhrania oproti ISO/SK držiakom je hlavne axiálna presnosť a tuhosť upnutia. Ďalšie výhody sú rýchlejšia výmena nástrojov a vysoká opakovateľnosť upnutia, použiteľnosť pre HSC obrábanie. Nezanedbateľné je aj to, že sa nepoužívajú upínacie čapy a doťahovacie skrutky. Výhodou je bezpečnostný aspekt tohto typu upínania. Pri kolízii nástroja s obrobkom, alebo časťou upínacieho systému obrobku, sa nástrojový držiak odpojí z klieštiny v dutine vretena stroja. Tak ochráni pred poškodením ďalšie mechanické časti stroja.

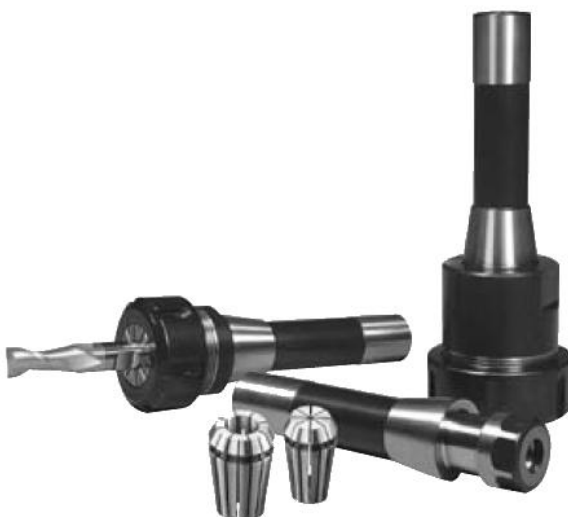
Nevýhodou je hlavne vyššia nákupná cena vzhľadom k náročnejšej výrobe. Ďalej sú to vyššie nároky na údržbu. Ak chceme dosiahnuť deklarovaných presností upínania je nutné udržiavať držiaky aj vreteno v čistote. Pri držiakoch určených pre HSC obrábanie je potrebné aj kvalitné vyváženie, dokonca aj nečistoty v chladiacich kanálikoch a dutine držiaku môžu spôsobovať nevyváženosť. Nevýhodou je aj ťažšia renovácia nástrojových držiakov po opotrebení alebo poškodení. Prípadná reparácia kladie vysoké nároky na vybavenie vhodnou technológiou, ale aj skúseným personálom.

Vzhľadom k vyššie uvedeným vlastnostiam je zrejme aj použitie týchto držiakov. Určené sú predovšetkým pre obrábacie stroje pre presné a HSC obrábanie, pre hromadnú výrobu zložitých komponentov, kde sa využijú kratšie časy pre výmenu nástrojov, presné upnutie a veľmi dobrá opakovateľnosť upínania. Používajú sa pre maximálne otáčky vretena až 40 000 ot.min<sup>-1</sup>.



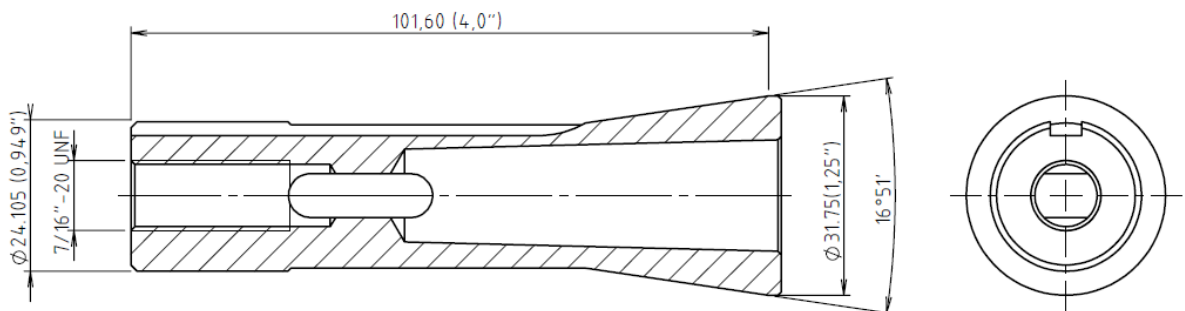
### 3.6 R8 držiaky nástrojov

Držiaky nástrojov R8 Bridgeport patria medzi menšinové typy držiakov nástrojov frézovacích strojov. Tento držiak bol navrhnutý v USA firmou Bridgeport Machines Inc., pre ich klasické frézky. Z toho je zrejmá aj oblasť jeho rozšírenia, ktoré je predovšetkým na americkom kontinente. V európskych krajinách sa vyskytuje veľmi zriedkavo, stroje sa tu dostávajú predovšetkým s príchodom amerických firiem do Európy. Stroje s týmto upínacím rozhraním boli vyrábané predovšetkým v 20. storočí [15].



Obr. 13 Vertikálna frézka Bridgeport Series 1 s vretenom R8 a držiaky R8 [16].

Tento typ držiaku je kombinovaný z valcovej a kužeľovej časti. Kužeľ patrí medzi nesamosvorné kužele, uhol kužeľovej časti je  $16^{\circ}51'$ . Preto je nutné používať ďalšiu silu pre zabezpečenie prenosu krútiaceho momentu. To je zabezpečené utiahnutím upínacou skrutkou, ktorá je na jednej strane zaskrutkovaná do držiaku a na druhej strane vychádza na vrchu vretenníka. Tento systém sa skoro výlučne používa pri manuálnej výmene nástrojov. Strojová výmena nástrojov je veľmi zriedkavá. Pootáčaním pri upínaní a odpínaní zabráňuje unášania drážka na valcovej časti držiaku. Rezané sily sa však prenášajú prostredníctvom trenia medzi kužeľovou časťou a dutinou vretena, nie cez drážku. Držiak môže upínať nástroje do priemeru stopky 19mm [15].



Obr. 14 Základné rozmery držiaku R8 Brigeport

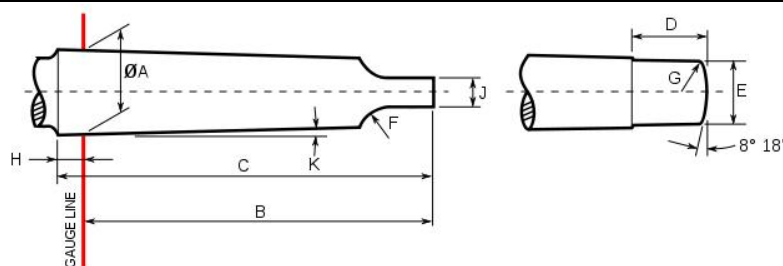
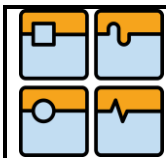
Použitelnosť R8 nástrojových držiakov je podobná ako pri držiakoch so stopkou s Morse kužeľom, primárne je určený pre upínanie malých nástrojov, pre malé úbery materiálu a skôr pre vŕtanie než pre výkonne frézovanie. Určené sú pre klasické obrábanie, určite nie HSC obrábanie. Rozsah otáčok vretena je do 8 000 ot.min<sup>-1</sup>.

### 3.7 Nástrojové držiaky s Morse kužeľom

Morse kužeľ je jedným z najstarších spôsobov upínania nástrojov v stroji. Vynašiel ho Stephen A. Morse okolo roku 1860 ako stopku skrutkovitých vrtákov, ktoré tiež vynašiel. Od tej doby sa Morse kužeľ stal štandardom pre upínanie v mnohých medzinárodných organizáciách pre štandardizáciu (ISO 296, DIN 228-1) a rozšíril sa do celého sveta [17].

Morse kužele sú zástupcovia samosvorných kužeľov. Samosvornosť znamená, že u tohto typu kužeľa dokáže trenie, medzi vonkajšou plochou kužeľa a kužeľovou dutinou vretena, zabrániť držiaku v pohybe. Kužeľovitost' tohto typu stopky je okolo 1:20 (líši sa podľa veľkosti). Vyrába sa v ôsmich veľkostiach od 0 do 7 (obr. 15) a pôvodne bol určený len pre upínanie vŕtacích nástrojov.

Neskoršie sa vyvinulo aj rozhranie pre upínanie nástrojových držiakov. Pri tomto rozhraní sa začala používať ešte prídavná upínacia sila pre zlepšenie tuhosti upnutia pri frézovaní. Tou je pritiahnutie upínacou skrutkou, naskrutkovanou do závitú na konci kužeľovej stopky, do vnútra dutiny vretena stroja, podobne ako u R8 držiakov. Unášač na konci kužeľovej stopky v tomto prípade nahrádza vnútorný závit. Unášanie je potom riešené rovnobežnými ploškami umiestnenými na prírube na začiatku stopky.

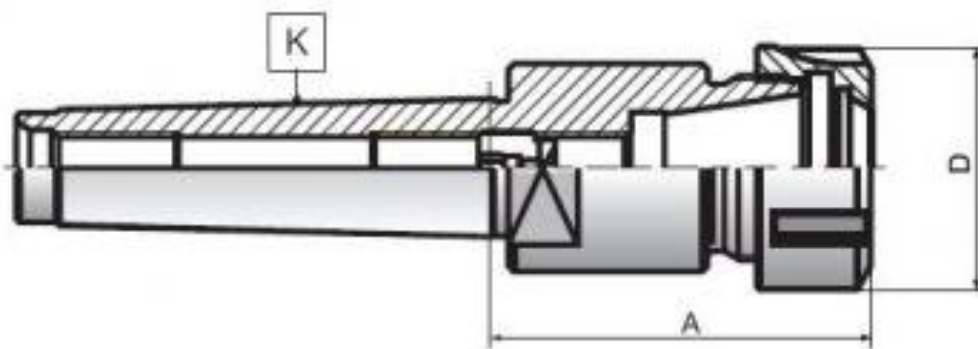


Kužel Morse Rozměry (mm)

| Kužel Morse číslo | Kužel    |        | B (max) | C (max) | D (max) | E (max) | F  | G     | H   | J    | K           |
|-------------------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|----|-------|-----|------|-------------|
| 0                 | 19.212:1 | 9.045  | 56.5    | 59.5    | 10.5    | 6       | 4  | 1     | 3   | 3.9  | 1° 29' 27'' |
| 1                 | 20.047:1 | 12.065 | 62      | 65.5    | 13.5    | 8.7     | 5  | 1.2   | 3.5 | 5.2  | 1° 25' 43'' |
| 2                 | 20.020:1 | 17.780 | 75      | 80      | 16      | 13.5    | 6  | 1.6   | 5   | 6.3  | 1° 25' 50'' |
| 3                 | 19.922:1 | 23.825 | 94      | 99      | 20      | 18.5    | 7  | 2     | 5   | 7.9  | 1° 26' 16'' |
| 4                 | 19.254:1 | 31.267 | 117.5   | 124     | 24      | 24.5    | 8  | 2.5   | 6.5 | 11.9 | 1° 29' 15'' |
| 5                 | 19.002:1 | 44.399 | 149.5   | 156     | 29      | 35.7    | 10 | 3     | 6.5 | 15.9 | 1° 30' 26'' |
| 6                 | 19.180:1 | 63.348 | 210     | 218     | 40      | 51      | 13 | 4     | 8   | 19   | 1° 29' 36'' |
| 7                 | 19.231:1 | 83.058 | 285.75  | 294.1   | 34.9    | -       | -  | 19.05 | -   | 19   | 1° 29' 22'' |

Obr. 15 Rozměry nástrojových stopiek s Morseho kuželem [15].

V súčasnosti sa od tohto typu nástrojových držiakov ustúpilo a považuje sa za zastarané. Nástrojové držiaky sa však stále vyrábajú pre staršie stroje, ktoré sú ešte stále v prevádzke. Nástroje sa bežne používajú a vyrábané sú v hojnej miere. Kuželové spojenie s Morse kuželom sa v dnešnej dobe vyskytuje prevažne na nástrojovej strane držiakov nástrojov. Tam je používaná ako redukcia z iných typov dutín.



Obr. 16 Klieštinový upínač ER s Morse kuželem pre frézy valcovou stopkou [18]

Výhodou tohto typu držiaku je jednoduchosť upnutia, ktoré sa prevedie narazením do dutiny, prípadne ešte utiahnutím upínacou skrutkou. To však prináša aj komplikácie s odopínaním, keďže samosvorný kužel musíme z dutiny vyraziť.

Nevýhodou je hlavne nevhodnosť pre AVN a malá tuhosť tohto upínacieho rozhrania. To spôsobuje, že tieto držiaky sú vhodné predovšetkým pre vŕtanie

a vystružovanie, menej vhodné sú pre frézovanie, len pre menšie úbery materiálu. Rozsah použiteľných otáčok je v rámci klasického obrábania. Nie sú vhodné pre HSC obrábanie.

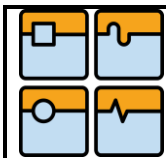
### 3.8 Držiaky nástrojov so systémom CAPTO

Nástrojové držiaky Capto sú zástupcami tvarového spôsobu upínania, ktoré patria medzi relatívne nové spôsoby upínania nástrojových držiakov vo vretene obrábacieho stroja. Upínací systém nástrojových držiakov Coromant Capto bol vyvinutý firmou Sandvik Coromant Co. s cieľom zabezpečiť čo najväčšiu modulárnosť, univerzálnosť a opakovateľnosť upínania. Firma Sandvik Coromant dokončila prvý prototyp v roku 1989 a finálny produkt predstavila na IMTS 1990 v Chicagu. Po skončení platnosti patentu, v roku 2008, bol štandardizovaný ako ISO 26623 [20].



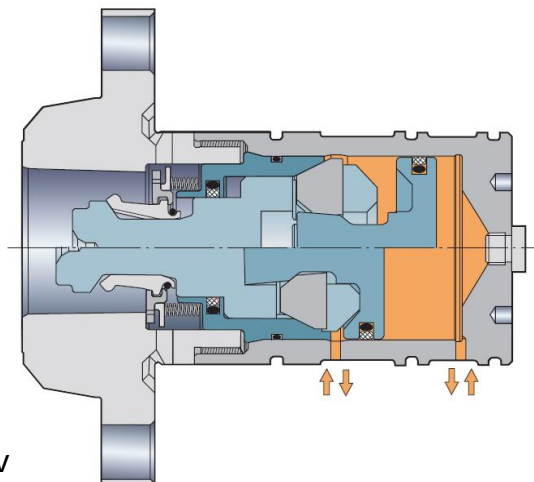
Obr. 17 Rozhranie obrábacích strojov a presný modulárny nástrojový systém [21]

Upínací systém CAPTO je zaujímavým riešením pre presné upínanie nástrojových držiakov, ktoré sa pokúša vyriešiť nevýhody klasických stopiek nástrojových držiakov ISO/SK, MAS BT a CAT. Základný princíp je podobný ako u HSK držiakov nástrojov. Kužeľovitá stopka má však polygonálny tvar. Trojboký polygón s kužeľovitosťou 1:20 zabezpečuje vynikajúcu stabilitu, dobrý prenos



krútiaceho momentu a presné radiálne natočenie. Využívaním dvojitého styku (čelo a polygón) dosahuje opakovateľnosť upnutia až 2  $\mu\text{m}$  [20].

Upnutý stav



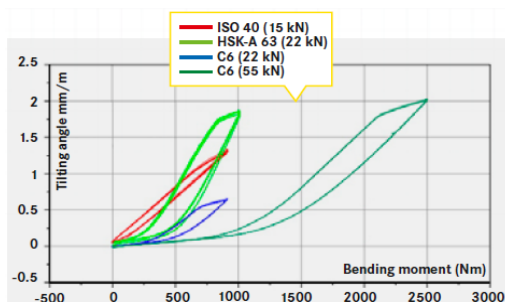
Rozopnutý stav

Obr. 18 Hydraulická upínacia jednotka CAPTO [19]

U klasických držiakov nástrojov slúži kužeľová stopka hlavne pre centrovanie stopky v dutine vretena. U Capto upínačov sa k tejto funkcii pričleňuje aj fixácia radiálneho natočenia držiaku a následne aj prenos krútiaceho momentu. Upínanie prebieha obdobným spôsobom ako u HSK držiakov, klieštinový mechanizmus z vnútra držiaku priťahuje držiak do dutiny vretena stroja.

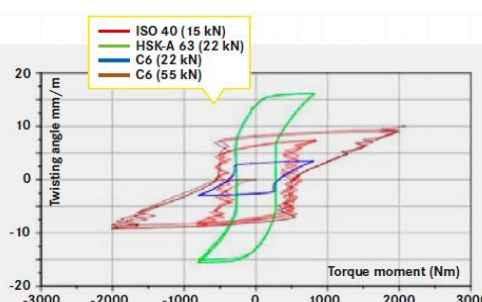
Výhodou je, že Systém Capto ponúka mimoriadnu kombináciu vlastností [21]:

- schopnosť prenosu vysokých krútiacich momentov
- vysoká ohybová tuhosť
- vyváženie a súososť
- samostrediacia funkcia
- vysoká základná stabilita a presnosť
- flexibilita s vysokým stupňom modulárnosti
- rýchlosť výmeny a automatická výmena nástrojov
- vnútorný prívod reznej kvapaliny nástrojom - zo stroja až na brit



#### BENDING CHARACTERISTICS

The graph shows that Coromant Capto C6 has 1.65 times better interface stiffness than HSK 63. The toppling of the face contact was 2.88 times better. Corresponding figures for Coromant Capto C10 were 1.51 for the interface stiffness and 2.15 for the toppling of the face contact.



#### TORSIONAL CHARACTERISTICS

The graph shows that Coromant Capto C6 has 2.29 times better torque resistance than HSK 63. The twisting angle was 7.08 times better. Corresponding figures for Coromant Capto C10 were 1.85 for the torque resistance and 4.0 for the twisting angle.

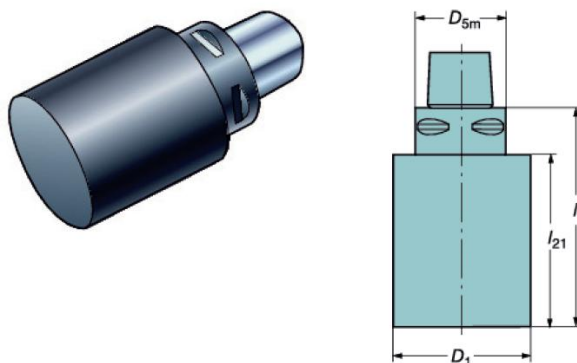
Obr. 19 Porovnanie tuhosti držiakov nástrojov ISO, HSK a Capto [22]

Capto držiaky nástrojov sú vhodné pre všetky druhy CNC obrábacích strojov, teda aj sústružnícke a viacúčelové obrábacie stroje a obrábacie centrá.

Nevýhodou je hlavne vysoká nákupná cena, ktorá mnohých potencionálnych zákazníkov odradzuje od nákupu tohto typu nástrojového držiaku. Rozhodujú sa pre neho zákazníci, ktorý plánujú nákup viacerých strojov s týmto nástrojovým rozhraním a tým dokážu využiť všetky možnosti modulárneho systému Capto.

Nástrojové držiaky Capto boli spočiatku vyrábané v šiestich veľkostiach C3, C4, C5, C6, C8 a C10. Neskôršie boli doplnené o veľkosť C8x. Základným rozoznávacím znakom je priemer príruby (pozri obr. 19). Ako je vidieť z tohto obrázku, systém neobsahuje tak veľa variácií typov a veľkostí stopky ako u HSK.

| Veľkosť upínacej stopky | Priemer príruby $D_{5m}$ [mm] |
|-------------------------|-------------------------------|
| C3                      | 32                            |
| C4                      | 40                            |
| C5                      | 50                            |
| C6                      | 63                            |
| C8                      | 80                            |
| C8x                     | 100                           |
| C10                     | 100                           |



Obr. 20 Polotovar upínacej jednotky Coromant Capto [21]

Primárne je tento systém určený pre stroje pre HSC obrábanie, až do 40 000 ot.min<sup>-1</sup>. Využíva sa tak pre sústružnícke ako aj pre frézovacie obrábacie centrá. Poskytuje aj možnosť aplikovať ich do už používaných obrábacích strojov bez vretena Capto. K tomu sú určené základné držiaky, fungujúce ako redukcia medzi stokami ISO, MAS BT, HSK a držiakmi Capto. Po skončení platnosti patentu firmy Sandvik Coromant Co., začali tieto držiaky vyrábať aj iné svetové firmy zaoberajúce sa výrobou nástrojových držiakov ako Seco, Iscar, BIG Kaiser Precision Tooling atď.

## 4. Upínače nástrojov pre malé frézovacie nástroje s valcovou stopkou

V prvej časti je urobený prehľad nástrojových držiakov podľa typu rozhrania stroj - držiak, teda upínacej časti držiaku. Nástrojová časť držiakov, teda rozhranie držiak – nástroj poskytuje taktiež mnoho variácií, ktoré sa musia vyrovnávať s rôznymi požiadavkami na upínanie nástrojov. V podstate ku každému typu upínacej stopky držiaku je možné nájsť adekvátnu upínaciu časť pre upnutie požadovaného nástroja.

V nadväznosti na to si v ďalšej časti tejto práce rozoberieme dostupné spôsoby v upínaní malých frézovacích nástrojov s valcovou stopkou, ktoré sú v súčasnosti dôležitou súčasťou technologického procesu.

Pre upínanie malých frézovacích nástrojov sú dôležitou požiadavkou presnosť upínania a jeho tuhosť. Pri nesplnení týchto požiadaviek dochádza k výraznému skráteniu životnosti nástroja, nekvalitnému opracovaniu obrábaných povrchov a tým aj k zníženiu presnosti výroby. Častým problémom tiež býva vyťahovanie nástrojov z držiaku vplyvom síl vznikajúcich na skrutkovici nástroja pri odoberaní triesky. K tomu slúži mnoho spôsobov upínania valcových stopiek nástrojov, ktoré sa s tým vyrovnávajú s využitím rôznych fyzikálnych princípov.

Podľa týchto princípov sa dajú držiaky nástrojov rozdeliť do troch základných skupín :

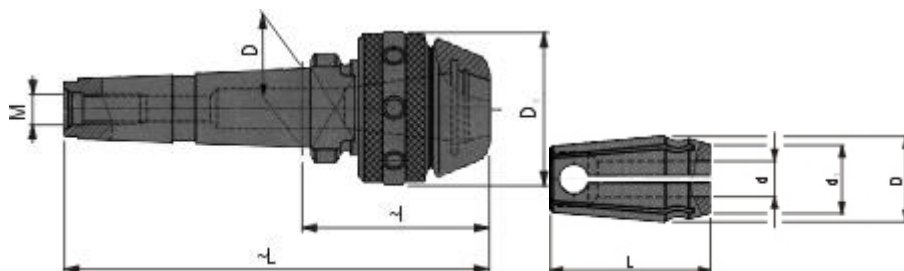
- mechanické upínanie
- hydraulické upínanie
- tepelné upínanie

S postupom vývoja upínačov sa však vyskytujú aj kombinácie jednotlivých princípov.

### 4.1 Klieštinové upínače

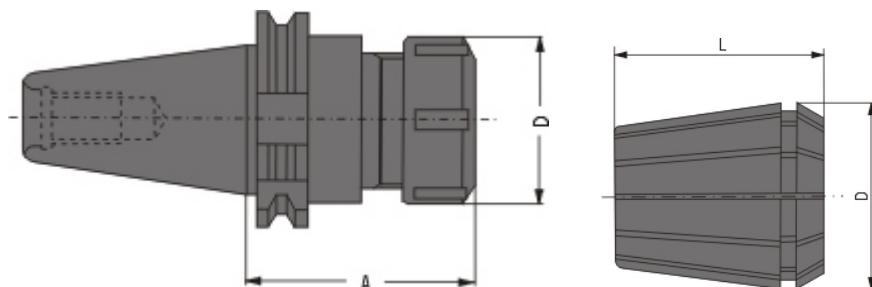
Klieštinové upínače patria do skupiny mechanických upínačov. Sú najrozšírenejším ale aj najdlhšie používaným spôsobom upínania malých stopkových fréz. Základom je klieština, ktorá ma za úlohu čo najlepšie obopnúť valcovú stopku nástroja. Upínacia sila je vyvedená skrutkovaním matice upínača oproti kužeľovým plochám na klieštine a upínači. Pružnou deformáciou klieštiny dochádza k stlačeniu stopky nástroja a tým aj jeho vystredeniu a upnutiu. Riziká sú spojené hlavne s presnosťou výroby klieštiny a tým, že klieština nedokáže

zabezpečiť presnú radiálnu fixáciu nástroja. Vzhľadom na to, že klieština má obmedzený rozsah upínaných priemerov stopiek, potrebujeme celú sadu klieštin pre upínanie rôznych priemerov. Ďalším negatívom je vonkajší rozmer upínača, ktorý je v niektorých prípadoch limitný pri výrobe odsadených plôch. To malo za následok, že vzniklo niekoľko veľkostí klieštin.



Obr. 21 Upínacie puzdro a vložka pre upínanie nástrojov s valcovou stopkou [23]

Na obr. 21 je zobrazený jeden z najstarších klieštinových upínačov, ktorý je rozšírený na území bývalého Československa. Určený je predovšetkým pre klasické frézky, u CNC obrábacích strojov sa nevyskytuje. Vyrába sa v dvoch veľkostiach vonkajšieho priemeru klieštiny a to 16 a 28 mm. Rozsah možných priemerov od 2 až do 20mm odstupňovaných po 1mm. Upínacia matica je v zadnej časti nástrojovej časti a ťahuje sa hákovým kľúčom. Vyznačuje sa menšou silou a presnosťou upnutia a malým rozsahom upínaného priemeru pre jednu klieštinu (cca  $\pm 0,2\text{mm}$ ). Nie je vhodný pre HSC obrábanie.



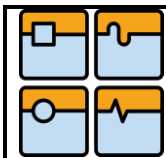
Obr. 22 Klieštinový upínač DIN 69871-A a klieština ER/ESX DIN 6499 Tvar B [23]

Klieštinové upínače typu ER patria k veľmi rozšíreným typom a používajú so všetkými typmi držiakov nástrojov. Upínacia matica je v prednej časti nástrojovej časti upínača a pre ťahovanie sa používa hákový kľúč. Vyznačujú sa zlepšeným rozsahom upínania oproti predchádzajúcemu typu.

Rozsah upínacích priemerov u klieštin [23]:

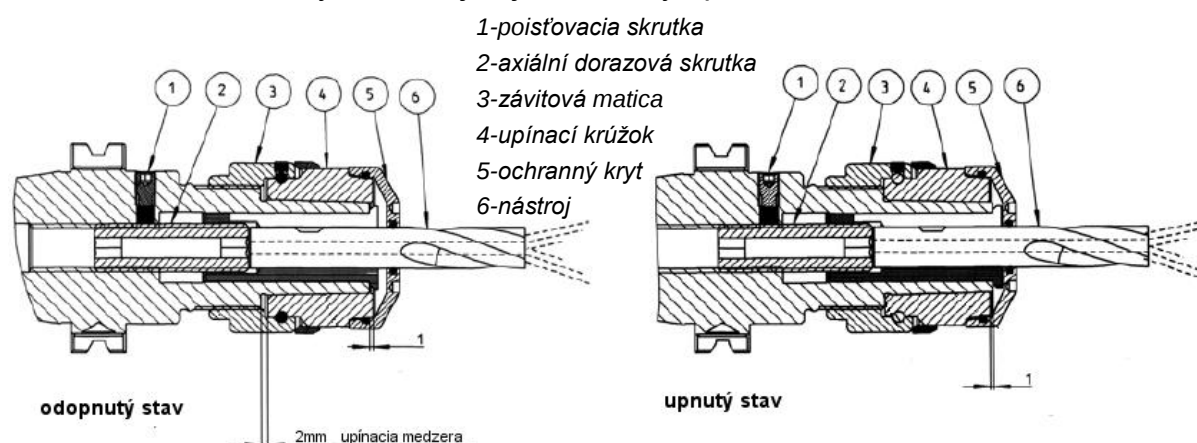
- 0,5mm, pre klieštiny podľa DIN 6388 tvar A a B a DIN 6499 tvar B
- 0,5mm, pre ostatné typy do priemeru 2,5mm
- 1,0mm, pre ostatné typy od priemeru 3mm

U týchto klieštin je udávaný maximálny upínací priemer. Vyrábajú sa siedmich veľkostiach označovaných ER8, ER11, ER16, ER20, ER25, ER32, ER40



s odstupňovaním upínacích průměrů podle rozsahu upínání tak aby boli schopné upínat akýkoľvek priemer v rozsahu 1 až 26mm. Pre typ DIN6388 od 1 až do 40mm. Štandardné klieštinové upínače majú chybu obvodového hádzania okolo 0,01mm. Sú však aj presnejšie klieštiny [23].

S rozvojom vysokorýchlostného obrábania vznikla potreba zvýšiť presnosť a tuhosť upnutia v klieštinových upínačoch. Vniklo niekoľko spôsobov ako zlepšiť tieto vlastnosti. Jedným z nich je aj klieštinový upínač S.C.M. Weler, obr. 23.

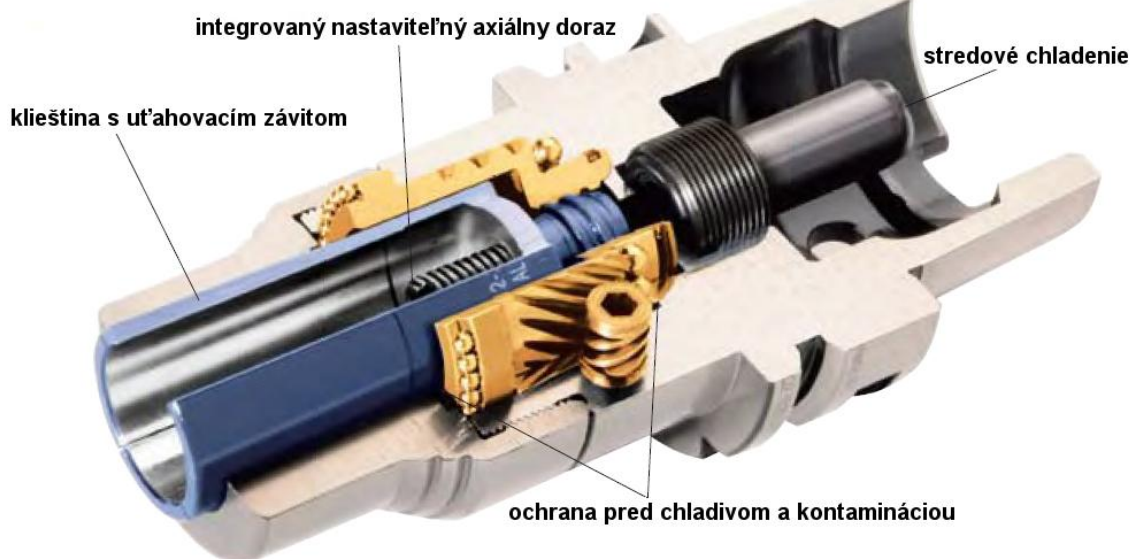


Obr. 23 Klieštiný upínač S.C.M. Weler [1]

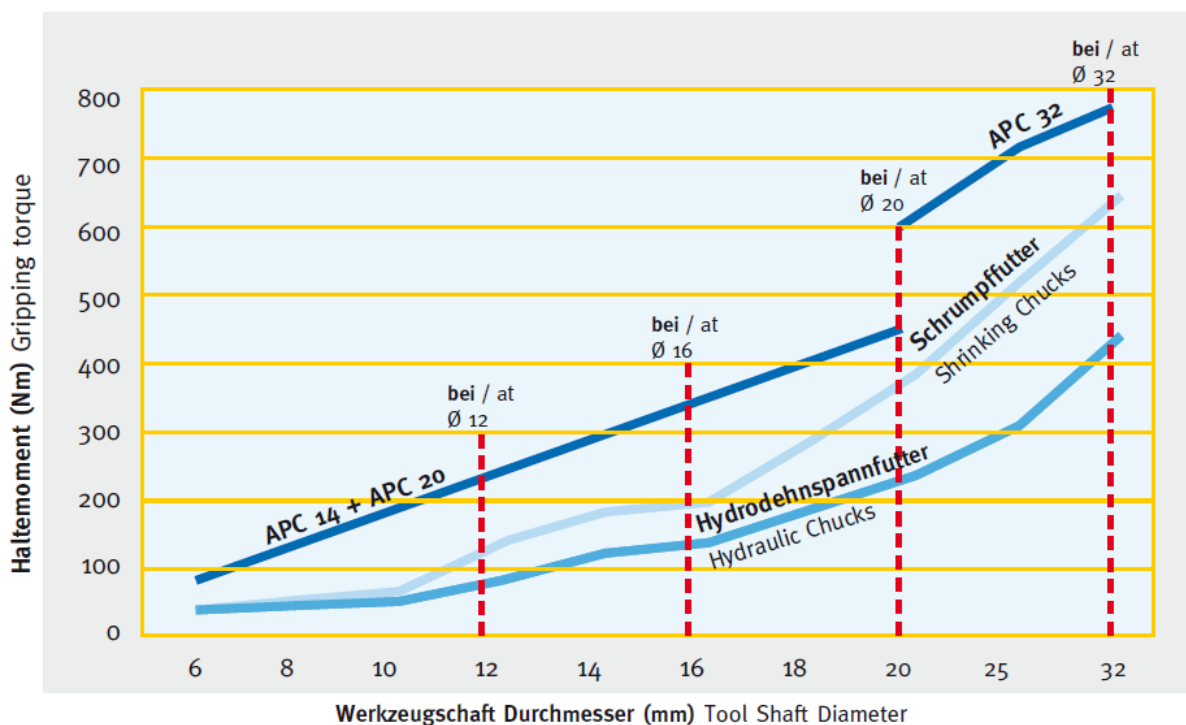
Charakteristika upínača [1]:

- zmenšenie rozmerov (dĺžka a vonkajší priemer) a lepšie vyváženie ( $G\ 2,5$  až na  $20,000\ \text{ot.min}^{-1}$ )
- vysoká tuhosť skľučovadla pre lepší výkon práce
- perfektné centrovanie nástrojov ( $0,003\ \text{mm}$ ) - dvojnásobná životnosť vložiek
- veľký upínací moment, viac než  $500\ \text{Nm}$
- vhodné pre frézovacie nástroje s valcovou, Weldon a Whistle Notch stopkou a pre vrtáky z tvrdokovu
- nastavenie axiálneho dorazu nástrojov s poistením polohy.

Ďalším zástupcom novodobých klieštinových upínačov je systém Albrecht APC od firmy Albrecht Präzision GmbH & Co.KG. Tu je dosahovaná vysoká upínacia sila uťahovaním závitovej klieštiny pomocou matice so šnekovým prevodom (obr. 24). Tento upínač sa tiež vyznačuje vysokou presnosťou upnutia, obvodové hádzanie až  $0,003\text{mm}$ . V grafe na obr.25 je porovnanie upínacieho momentu upínača APC s hydraulickým a tepelným upínačom, v závislosti od upínacieho priemeru stopky frézovacieho nástroja.

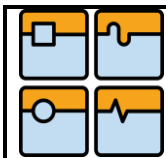


Obr. 24 Klieštinový upínač Albrecht APC [24]



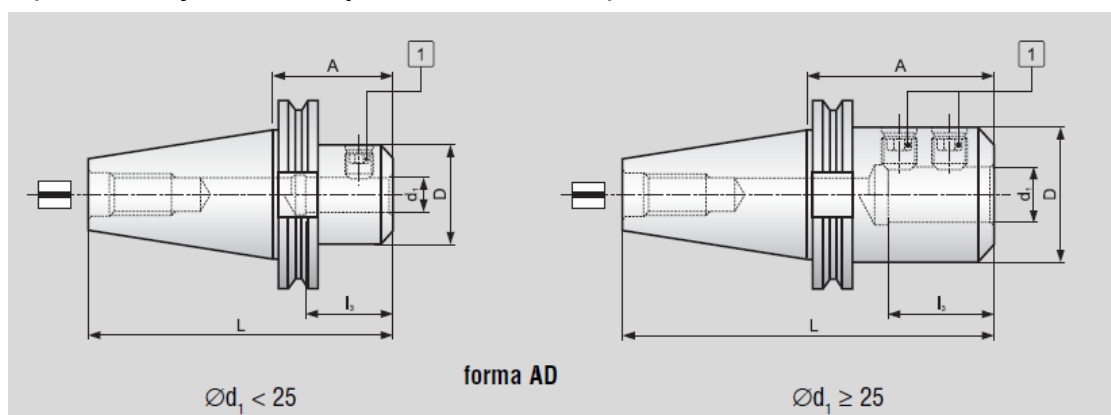
Obr. 25 Porovnanie upínacieho momentu upínača Albrecht APC [24].

Vysoká upínacia sila dovoľuje až trojnásobnú hĺbku záberu oproti tepelnému a 1,5 násobnú oproti hydraulickému spôsobu upínania, pri konštantných rezných podmienkach a pri tom istom nástroji.

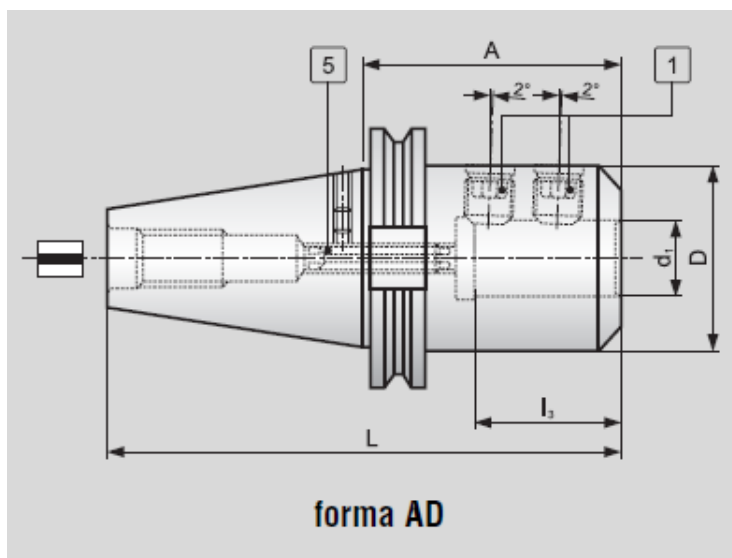


## 4.2 Upínače Weldon a Whistle Notch

Upínače typu Weldon a taktiež aj Whistle Notch patria medzi jednoduchšie, ale menej presné spôsoby upnutia nástroja. Pre upnutie týmito spôsobmi je však nutné mať prispôsobenú aj stopku nástroja, ktorá musí mať upínaciu plošku alebo aj viac plošiek. Upínač Weldon má plošku rovnobežnú s osou nástroja, ktorá slúži na radiálnu aj axiálnu fixáciu nástroja. Upínač Whistle Notch má šikmú plošku (uhol  $2^\circ$  s osou nástroja), ktorá slúži pre radiálnu fixáciu a zároveň aj dotláča stopku nástroja na axiálny doraz vo vnútri upínača.



Obr. 26 Držiak nástrojov DIN69871 s upínaním Weldon[25]



Obr. 27 Držiak nástrojov DIN69871 s upínaním Whistle Notch [25]

Výhodou týchto spôsobov upínania nástrojov je ich jednoduchosť, radiálna fixácia nástroja, bezpečnosť upnutia aj pri veľkých krútiacich momentoch a rýchlosť výmeny nástrojov. Nezanedbateľnou výhodou je aj nízka nákupná cena týchto upínačov.

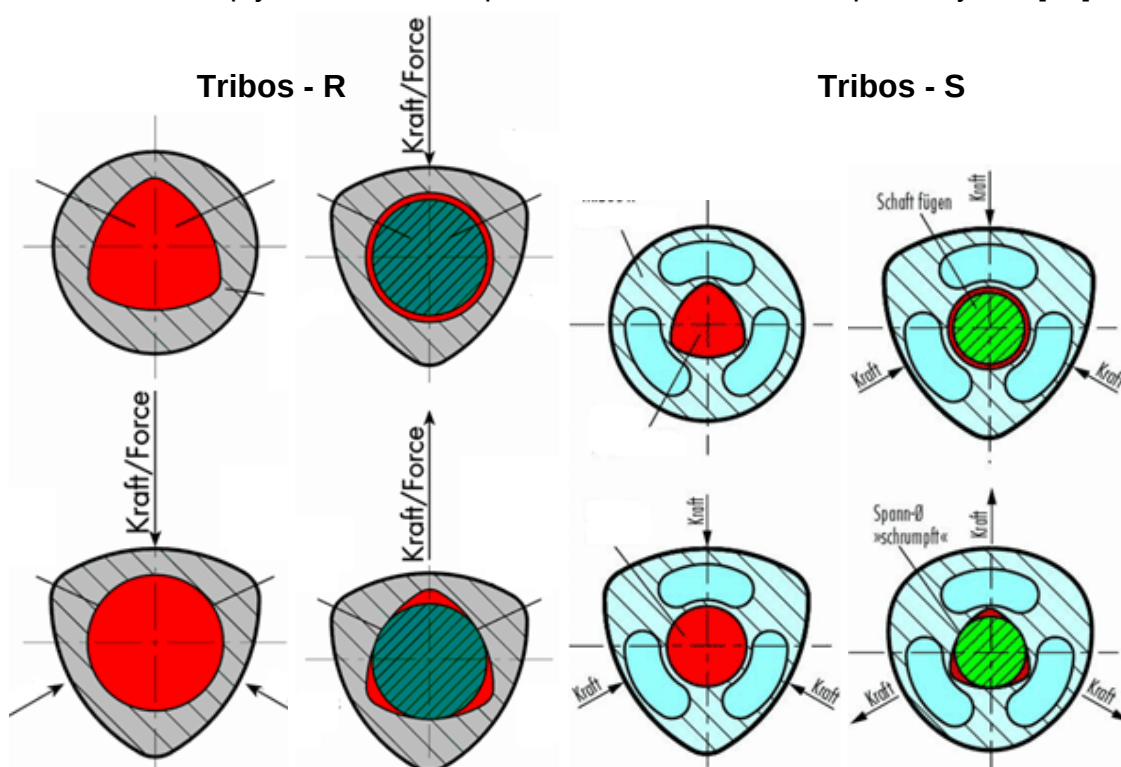
Nevýhodou je hlavne nižšia presnosť upnutia, obvodové hádzanie 0,01 až 0,02mm, a nároky na úpravu stopky nástroja. Stopky musia byť vyrobené v presných odstupňovaniach v akých sú upínače vyrábané. Aj vyváženosť týchto upínačov je nízka a pohybuje sa na úrovni G16 / pri 8 000ot.min<sup>-1</sup>. Pre lepšie vyváženie sa musí celý držiak aj s nástrojom dovažovať. Z toho vyplýva, že tieto držiaky nie sú vhodné pre HSC obrábanie.

Napriek tomu sú upínače Weldon a Whistle Nocht hojne používané, hlavne pre klasické obrábanie na klasických aj CNC obrábacích strojoch. Aj výrobcovia nástrojov ponúkajú celú paletu nástrojov so stopkami prispôbených týmto upínačom.

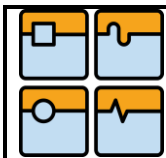
### 4.3 Silovo - deformačný upínací systém Tribos®

Potreba minimalizácie vonkajších rozmerov upínača nástrojov, pri súčasnom zachovaní tuhosti a presnosti upnutia, viedla k vyvinutiu polygonálneho upínacieho systému Tribos®.

Princíp polygonálneho upínania patrí k vysoko sofistikovaným princípom, ktoré sú však prekvapivo jednoduché. Princíp upínania je v reze schematicky znázornený na obr. 28. Vlastná deformácia upínača sa deje iba v oblasti pružnej (elastickej) deformácie, pri ktorej nedochádza k žiadnym molekulárnym zmenám v materiáli. Postup je teda možno opakovať bez obmedzenia počtu cyklov [26].



Obr. 28 Zobrazenie postupu upínania systémom Tribos® [26]



Upínače Tribos® sa vyrábajú v piatich typových radách. Tribos-S je typ, ktorý poskytuje upnutie z najmenšou vonkajšou zástavbou. Tribos-R je typ, ktorý dokáže prenášať najväčší krútiaci moment, až 350 Nm. Zároveň má najlepšie tlmiace účinky vďaka plastovým vložkám. Tribos-RM je typ, ktorý je kombináciou typu S a R, je vhodný pre HSC obrábanie kde nie je potrebné prenášať veľký krútiaci moment, ale je potrebné tlmiť vibrácie. Ďalším typom je Tribos-SVL. Tento typ je predĺženou verziou typu S. Poskytuje možnosť obrábania vo väčších hĺbkach. Posledným typom je Tribos-Mini, ktorý je podobný typu RM, ale je vhodný pre upínanie veľmi malých nástrojov pre mikroobrábanie. Najmenší možný priemer upínanej stopky je len 0,3 mm [28].



Obr. 29 Upínače Tribos, zľava typ S, R, RM a Mini [28]

Tabuľka 2 Používateľské vlastnosti upínačov Tribos® [28]

|                           | Tribos-R     | Tribos-RM   | Tribos-S     | Tribos-SVL   | Tribos-Mini  |
|---------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Upínací rozsah            | 6 - 32 mm    | 3 - 16 mm   | 6 - 32 mm    | 6 - 20 mm    | 0.3 - 5 mm   |
| Obvodové hádzanie         | < 0.003 mm   | < 0.003 mm  | < 0.003 mm   | < 0.003 mm   | < 0.003 mm   |
| Rozsah otáčok             | 55000 1/min  | 60000 1/min | 85000 1/min  | 85000 1/min  | 60000 1/min  |
| Prenášaný krútiaci moment | up to 350 Nm | up to 50 Nm | up to 280 Nm | up to 150 Nm | up to 3.5 Nm |

Vonkajší priemer nástrojovej časti sa musí stláčať v externom zariadení. Zariadenie je buď manuálne alebo automatické hydraulické skľučovadlo, ktoré stlačí držiak a tým akoby vyrovná priemer upínacieho otvoru. Dôjde k zväčšeniu vnútorného priestoru aby bolo možné stopku nástroja. Po uvoľnení vonkajšej sily dôjde k opätovnej deformácii otvoru a tým aj stlačeniu stopky nástroja. Upínací tlak sa u niektorých typov pohybuje až okolo 35 MPa. Tlak určený pre každý typ upínača a je vyznačený na telese upínača.

Výhody upínacieho systému Tribos® spočívajú vo [28]:

- vysokej presnosti upnutia, obvodové hádzanie menej ako 0,003 mm
- možnosti použitia pre vysoké otáčky, testované až na 205 000 ot.min<sup>-1</sup>
- rýchlej výmene nástroja
- stabilita pri vysokých rýchlostiach
- precízne vyváženie, G2,5 / 25 000 ot.min<sup>-1</sup>

- malých vonkajších rozmeroch
- malé nároky na údržbu

Nevýhodou je hlavne nutnosť nákupu externého zariadenia pre upínanie nástrojov.

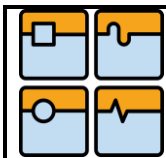


Obr. 30 Upínacie zariadenie od fy. Schunk, SVP-2D a detail upnutia držiaku[27]

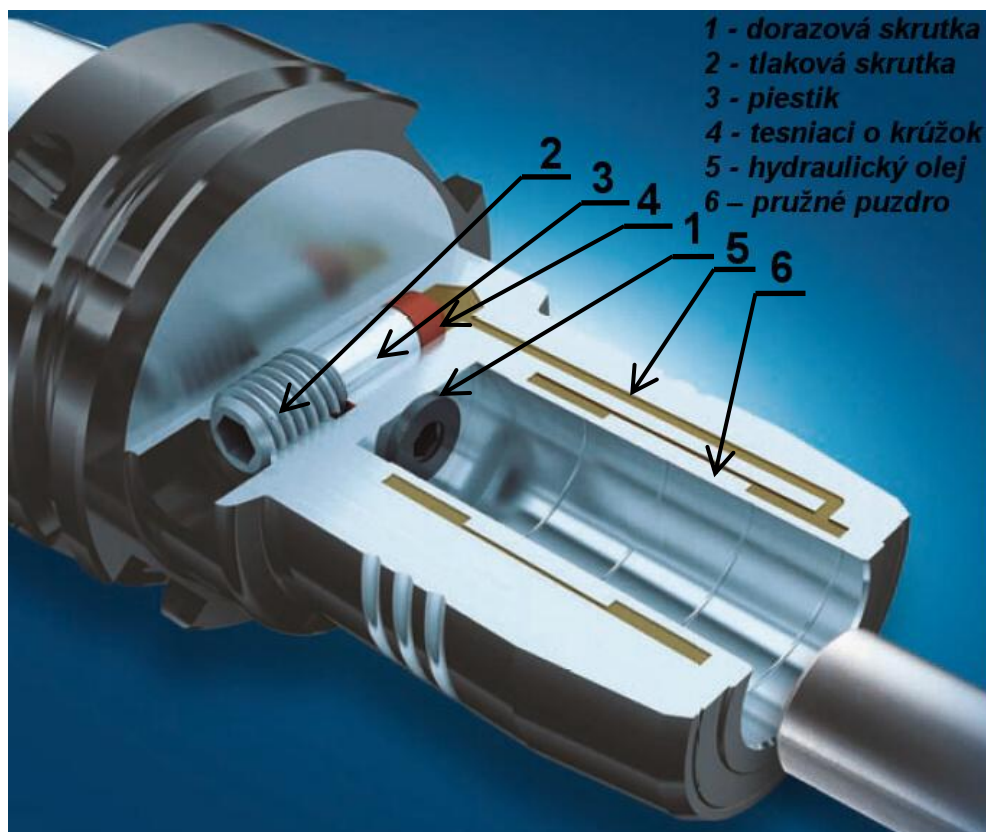
#### 4.4 Hydraulické upínače nástrojov

Hydraulické upínacie systémy pre upínanie frézovacích nástrojov s valcovou stopkou kombinujú vysokú upínaciu silu a dobrú presnosť upnutia s veľmi dobrými tlmiacimi účinkami držiakov nástrojov. Kvapalina sa nevyužíva priamo ako upínací element, ale slúži ako prostriedok pre prenos a rovnomerné rozloženie upínacej sily. Keďže sa tento princíp stal dosť rozšírený, ponúkajú ho v rôznych variantoch všetci svetový výrobcovia.

Ako je zobrazené na obr. 31, upínanie prebieha za pomoci prvku, ktorého pôsobením sa zvýši tlak, a dôjde k upnutiu nástroja. V tomto prípade je to skrutka, ktorú keď zaskrutkujeme, tak zatlačíme na piestik. Piestik zvýši tlak v hydraulickom oleji a ten tlačí na steny dutiny držiaku. Pružné puzdro sa pôsobením tlaku oleja deformuje a tlačí na stopku nástroja. Sila vyvinutá takýmto hydromechanickým systémom je veľká, pretože pomer plochy pružného puzdra je oproti ploche piestika veľký. Teda aj prevodový pomer je dosť veľký. Ľahšiemu upínaniu prispieva aj použitie skrutky pre vyvinutie upínacej sily, kde skrutkovica



uľahčuje stláčanie piestika. Úniku oleja zabráňuje tesniaci krúžok, ktorým je utesnený piestik. Únik oleja a prípadné zníženie tlaku, by mali za následok menšiu silu upnutia nástroja a tým aj riziko jeho poškodenia pri obrábaní. Pri odopínaní je proces opačný. Odskrutkovaním skrutky dôjde k zníženiu tlaku a uvoľneniu pružného puzdra. To umožňuje, že deformácia pri stlačení pružného puzdra je len v oblasti pružnej deformácii.



Obr. 31 Hydraulický upínač fy. Schunk, Tendo-E [29]

Výhodou hydraulického upínania je hlavne jednoduchosť obsluhy, vysoká presnosť upínania (obvodové hádzanie cca 0,003mm), veľká sila upnutia a bez údržbová prevádzka. Výhodou je možnosť upínať nie len hladké stopky, ale aj stopky Weldon a Whistle Notch.

Nevýhodou je zložitosť výroby, hlavne kvôli nárokom na tesnosť celého upínača a presnosť jednotlivých dielov. Ďalšou nevýhodou je aj asymetrická konštrukcia a tým väčšie nároky na vyváženie upínača. Použiteľné sú do maximálnych otáčok 25 000 ot.min<sup>-1</sup>. [30]

Odlišný spôsob využitia kvapaliny pre upínanie je systém CoroGrip®, fy. Sandvik Coromant Co. Tu sa tlak kvapaliny využíva naopak uvoľneniu upnutia. Systém využíva externé zariadenie pre vyvedenie tlaku kvapaliny, ku ktorému sa pripojí držiak nástrojov. Následne je držiak naplnený kvapalinou a natlakovaný. Vtedy dôjde k uvoľneniu upnutia nástroja. Po zrealizovaní výmeny nástroja sa

uvoľní tlak kvapaliny a dôjde k upnutiu stopky nástroja. Potom sa kvapalina odčerpá a držiak už nie je pod tlakom. Samotné upínanie zabezpečujú samosvorné čeluste s malým uhlom kužeľa, cca 2°, a poistný krúžok, ktorý má za úlohu zabezpečiť upnutie aj po odčerpaní kvapaliny.[30]



Obr. 32 Schematické zobrazenie upínača CoroGrip® [30]

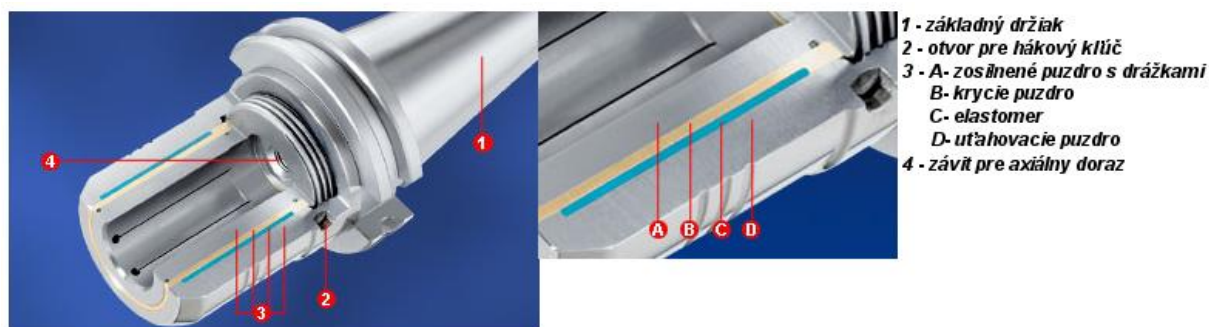
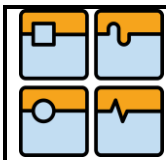
Výhodou tohto systému oproti klasickým hydraulickým systémom je vyvážený dizajn a tým aj možnosť použitia pre vyššie otáčky, max. 40 000 ot.min<sup>-1</sup>. Ďalšou výhodou je dosiahnutie vysokých upínacích tlakov vplyvom použitia externého zariadenia pre vyvedenie tlaku. Tu je možné dosiahnuť tlak až 70 MPa.[30]

Nevýhodou tohto upínacieho systému je nutnosť zakúpenia externého zariadenia pre výmenu nástrojov v držiakoch a zložitejší mechanizmus vo vnútri upínača.

Hydraulické upínače vcelku ponúkajú dobré možnosti pre upínanie nástrojov s valcovou stopkou, hlavne v oblasti tuhosti a presnosti upnutia a tlmenia vibrácií. To ich predurčuje pre širokospektrálne použitie od hrubovacích operácií až po dokončovacie frézovanie, a to pre klasické tak aj HSC obrábanie.

#### 4.5 Univerzálne upínače Sino

Upínače Sino od fy. Schunk využívajú kombináciu mechanického upínania s vlastnosťami hydraulických upínačov. Pôvodne boli vyvinuté ako náhrada klasických klieštinových upínačov a upínačov Weldon a Whistle Notch.[31]



Obr. 33 Rez držiakom Sino-R [31]

Princíp upínania je založený na stláčaní veľmi mäkkého elastomeru, ktorý funguje ako kvapalina u hydraulických upínačov. Stláčanie sa deje pri ťahovaní vonkajšieho puzdra za pomoci hákového kľúča (podobne ako u klieštinových upínačov). Stlačovaný elastomer pôsobí rovnomerným tlakom na steny pružnej dutiny pre upínanie stopky nástroja, ktorá sa pružne deformuje a tým upína nástroj. Obvodové hádzanie pri tomto type upínania je pod 0,005mm.



Obr. 34 Porovnanie obrobených povrchov[31]

Výhodou tohto systému upínania je hlavne veľmi dobré tlmenie vibrácií, veľký upínací moment (až 850Nm), možnosť presného axiálneho dorazu ( $\pm 0,005\text{mm}$ ), dobré vyváženie, ktoré umožňuje použitie až do 40 000 ot.min<sup>-1</sup>. Výhodou je aj jednoduché upínanie bez nutnosti externých zariadení. Pre upínanie rôznych priemerov je možné použiť redukčné puzdra.[31]

#### 4.6 Tepelné upínače nástrojov

Rozšíreným používaním HSC obrábania a obrábania malými frézovacími nástrojmi vznikla potreba veľmi presného a dobre vyváženého upínacieho systému. Tieto požiadavky splnil princíp zmršťovacích upínačov, ktoré fungujú na základe ohrevu držiaku nástrojov a jeho zmrštením následkom schladenia. Pre tieto systémy sa dnes zaužívali pomenovania tepelné upínače nástrojov alebo zmršťovacia upínacia technika.



Obr. 35 Upínací systém Celsio od fy. Schunk [32]

Vysoká presnosť (obvodové hádzanie cca. 0,003mm) a tuhosť upínania (max. prenášaný krútiaci moment až 500Nm, malé vonkajšie rozmery, symetrická a jednoduchá konštrukcia sú hlavné výhody tohto systému upínania. Tieto vlastnosti ho predurčujú pre HCS obrábanie, použiteľné až do 50 000 ot.min<sup>-1</sup>. [32]

Princípom zmršťovacích systémov je rýchly indukčný ohrev upínacej časti držiaku. Pri ohreve na teplotu 250 až 300°C dôjde k zväčšeniu objemu materiálu a tým aj k zväčšeniu otvoru pre upnutie stopky nástroja. Po vložení nástroja do dutiny držiaku dôjde k schladeniu a tým aj zmršteniu upínacej časti držiaku. Pri výmene nástrojov dochádza k ohrevu držiaku, ale aj nástroja. Preto musí byť dodržaná podmienka rozdielnej tepelnej rozťažnosti materiálu držiaku a stopky nástroja.

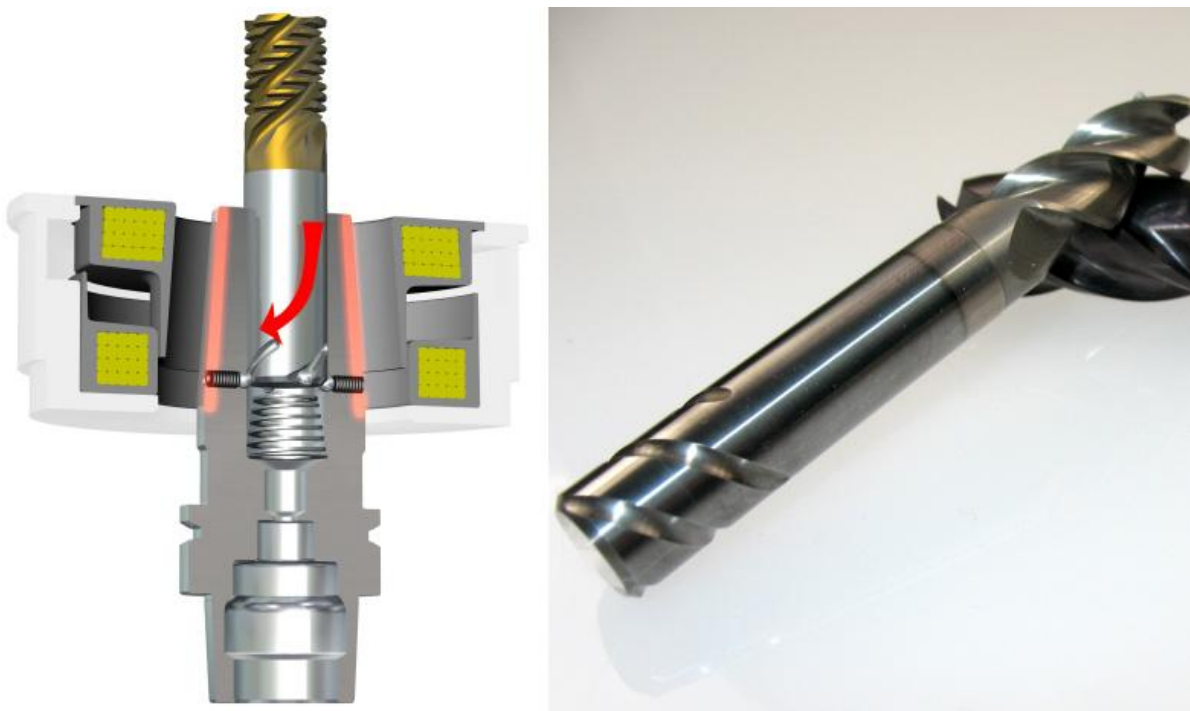
Táto metóda je vhodná pre upínanie nástrojov s hladkou stopkou ale aj stopkou pre upínanie v držiakoch Weldon a Whistle Notch. Upnutie je rovnomerné po celej dĺžke stopky nástroja a upíňať je možné stopky od priemeru 3mm. [32]

#### 4.7 Upínací systém Safe-lock

Upínací systém Safe-Lock je kombináciou tepelného upínania a mechanického zabezpečenia proti vytiahnutiu frézy počas odoberania veľkých úberov materiálov. Tento systém vyvinula fy. Haimer pre potreby leteckého priemyslu, kde je potrebné odoberať veľké množstvo materiálu z ťažko- obrobiteľných zliatin titánu a hliníku. [33]

Princíp tohto systému tkvie v mechanickom zabezpečení pomocou systému závitových drážok v stopke nástroja a odpružených guľčiek v držiaku nástrojov, zapadávajúcich do týchto drážok. Nástroj je upnutý za pomoci tepelného upínania. Systém začne fungovať až vtedy keď dôjde k prekročeniu upínacej sily tepelného

upínača. Tým, že nástroj má snahu sa pretáčať sa v upínači dochádza k prenášaní krútiaceho momentu guľičkami v závitových drážkach. Podmienkou funkčnosti je samozrejme súhlasný smer stočenia skrutkovice drážok na stopke nástroja a skrutkovice rezných hrán nástroja.



Obr. 36 Upínací systém Safe-Lock od fy. Haimer [33]

Systém Safe-Lock je doplňujúcim systémom k tepelnému upínaniu, ale v podstatnej miere zlepšuje vlastnosti tepelných upínačov. Prináša pozitíva mechanických upínacích systémov Weldon a Whistle Notch a kombinuje ich s presnosťou tepelných upínačov. Keďže drážky na stopke nástrojov sú vyrobené symetricky nedochádza k nevyváženosti. To umožňuje používať ich pre HSC obrábanie.[33]

## 5. Záver

Nástup moderných výrobkov si v dnešnej dobe vyžaduje aj prispôsobenie technológie. Miniaturizácia a nové materiály spôsobili rozvoj vysokorýchlostného obrábania. Takže nie len stroje, ale aj nástroje prešli svojim vývojom. Tomuto vývoju sa museli prispôbiť aj držiaky nástrojov.

Touto prácou som chcel priblížiť súčasný stav v oblasti upínania nástrojov vo frézovacích strojoch. Popísal som v nej upínače používané v klasických frézovacích strojoch, ale hlavne na najnovšie trendy v oblasti CNC obrábacích strojov a držiakov nástrojov určených pre HSC obrábanie.

Hlavným cieľom bolo vytvoriť logický prehľad možných spôsobov upínania nástrojov, tak aby aj človek, ktorý sa nepohybuje v tejto oblasti strojárstva, získal po preštudovaní tejto práce základný prehľad držiakov nástrojov pre frézovacie stroje. V prípade potreby by sa mal vedieť rozhodnúť aký stroj alebo aký typ upínacieho rozhrania, by bol pre jeho výrobky najvhodnejší. Mal by vedieť zhodnotiť to z technologického, ale aj ekonomického hľadiska.

V prvej časti som sa venoval základnému opisu držiaku nástrojov. Základnému názvosloviu, tak aby nasledujúcich častiach bolo zrejmé čo popisujem.

V ďalšej časti som urobil prehľad držiakov nástrojov podľa typu upínacej stopky držiaku, teda rozhraniu vreteno- držiak nástrojov. Snažil som sa zhodnotiť prínosy, ale aj nevýhody jednotlivých spôsobov upínania nástrojových držiakov vo vretene stroja. Popísal som aj možnosti a oblasti použitia jednotlivých typov.

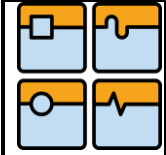
V poslednej časti som podrobnejšie rozobral základné spôsoby upínania malých frézovacích nástrojov s valcovou stopkou, teda rozhranie držiak nástrojov- nástroj. Zhodnotil som ich klady a zápory, naznačil ich najvhodnejšie použitie a možnosti.

V princípe nie je možné vybrať najlepší upínací systém, ktorý by vyhovoval pre všetky aplikácie. Každý z uvedených spôsobov upínania je určený pre svoj rozsah použitia a v tejto oblasti je najvhodnejší. Potenciálny zákazník si musí sám zhodnotiť technologický prínos, ale aj ekonomickú náročnosť zavedenia ktoréhokoľvek upínacieho systému.

## Zoznam použitých zdrojov

1. *WELER vysokotlaký upínač : SELOS - kovoobrábacie stroje a servis strojov*: [on-line]. 2010 [cit. 2011-03-30]. Dostupné z WWW: <<http://www.kovo-stroje.sk/public/media/3227/weler.pdf>>.
2. *Welcome to New Dormer Site* [on-line]. 2010 [cit. 2011-04-13]. Toolholding. Dostupné z WWW: <<http://www.dormertools.com/sandvik/2531/internet/s003591.nsf?OpenDatabase>>.
3. *Kintek\_catalogo\_1\_163.pdf* [online]. 2008 [cit. 2011-04-13]. KINTEK 2008 verze 06-08/1. Dostupné z WWW: <[http://tgs.cz/cs/download/kintek\\_catalogo\\_1\\_163.pdf](http://tgs.cz/cs/download/kintek_catalogo_1_163.pdf)>.
4. *Frézky* [online]. 2007 [cit. 2011-04-13]. Frézky- STROJE-BOST SK, a.s. Dostupné z WWW: <<http://stroje.bost.sk/katalog/frezky>>.
5. *DMU 50* [online]. 2010 [cit. 2011-04-13]. DMG|DECKEL MAHO| GILDEMEISTER - Univerzal Fräsmaschine. Dostupné z WWW: <[http://www.dmg.com/de\\_fraesmaschinen\\_dmu50nd?opendocument](http://www.dmg.com/de_fraesmaschinen_dmu50nd?opendocument)>.
6. *Steilkegel*. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2006, last modified on 2008 [cit. 2011-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://de.wikipedia.org/wiki/Steilkegel>>.
7. *Pilana* [online]. 2011 [cit. 2011-04-17]. Pilana MCT| Vyzvažování. Dostupné z WWW: <<http://www.pilanamct.cz/cz/sluzby/vyzvazovani>>.
8. Garant. *Příručka obrábění*. [Německo] : [s.n.], [2006]. 640 s.
9. *Toolholders Information on GlobalSpec* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. GlobalSpec. Dostupné z WWW: <[http://www.globalspec.com/LearnMore/Manufacturing\\_Process\\_Equipment/Machine\\_Tool\\_Accessories/Tool\\_Holders](http://www.globalspec.com/LearnMore/Manufacturing_Process_Equipment/Machine_Tool_Accessories/Tool_Holders)>.
10. *Coventrytoolholders* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. Technical Information. Dostupné z WWW: <<http://www.coventrytoolholders.co.uk/pdfs/A6-A10.pdf>>.
11. *BIG-PLUS tooling system* [online]. 2011 [cit. 2011-04-19]. BIG-PLUS Tooling System EXi48-4. Dostupné z WWW: <<http://www.bigkaiser.com/pdfs/BIG-PLUS%20Tooling%20System%20EXi48-4.pdf>>.
12. *Hohlschaftkegel*. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2006, last modified on 2011 [cit. 2011-04-24]. Dostupné z WWW: <<http://de.wikipedia.org/wiki/Hohlschaftkegel>>.

13. *HSK tool holders* [online]. apríl 2011 [cit. 2011-04-19]. Diebold HSK. Dostupné z WWW: <<http://www.diebold-hsk.de/pdfs/05.pdf>>.
14. *HSK\_FormData* [online]. 2011 [cit. 2011-04-20]. Characteristics of different forms. Dostupné z WWW: <[http://www.ame.com/fileadmin/user\\_upload/PDFs/03\\_OTTSIG\\_PDF/HSK\\_FormData.pdf](http://www.ame.com/fileadmin/user_upload/PDFs/03_OTTSIG_PDF/HSK_FormData.pdf)>.
15. Machine taper. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2005, last modified on 2006 [cit. 2011-04-24]. Dostupné z WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Machine\\_taper](http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_taper)>.
16. *Brigeport Milling Machines* [online]. 2011 [cit. 2011-04-21]. Products. Dostupné z WWW: <<http://www.bpt.com/index.asp?pageID=63&prodID=84>>.
17. *Morse Cutting Tools* [online]. 2008 [cit. 2011-04-23]. About us. Dostupné z WWW: <[http://www.morsecuttingtools.com/cgi/CGPTABOUT?PAMENU=7\\_1](http://www.morsecuttingtools.com/cgi/CGPTABOUT?PAMENU=7_1)>.
18. *Nástroje.biz* [online]. 2011 [cit. 2011-04-23]. Držiaky s MK kuželom. Dostupné z WWW: <<http://www.nastroje.biz/puzdra/upin-trn-2>>.
19. *Coromat\_Capto* [online]. 2008 [cit. 2011-04-23]. Capto\_2008. Dostupné z WWW: <[http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/Capto\\_2008.pdf](http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/Capto_2008.pdf)>.
20. RICHTER, Alan. *Cutting Tool Engineering* [online]. január 2009 [cit. 2011-04-24]. Polygon Power. Dostupné z WWW: <<http://ctemag.com/pdf/2009/0901-Toolholders.pdf>>.
21. *Rotating tools catalog* [online]. 28.februára 2008 [cit. 2011-04-24]. Toolholding system. Dostupné z WWW: <[http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/ROT\\_G.pdf](http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/catalogue/CZE/ROT_G.pdf)>.
22. *CoromantCapto* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Metalworking World. Dostupné z WWW: <[http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/CoromantCapto/MWW210\\_ENG\\_p7.pdf](http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/CoromantCapto/MWW210_ENG_p7.pdf)>.
23. *Catalogue* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Deprag\_cz. Dostupné z WWW: <<http://www.collets.de/cz/index.htm>>.
24. *Albrecht-Germany* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Precision Milling Chuck. Dostupné z WWW: <<http://www.albrecht-bohrfutter.de/>>.

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

25. *CommercService* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Pramet upínače. Dostupné z WWW: <<http://www.commercservice.sk/images/pramet%20upinace.pdf>>.
26. *Winter servis* [online]. 2011 [cit. 2011-04-26]. Schunk - upínání nástroju - Tribos. Dostupné z WWW: <[http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schunk/n\\_tribos](http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schunk/n_tribos)>.
27. *Schunk Gmbh & Co KG* [online]. 10.10.2007 [cit. 2011-04-27]. Clamping devices. Dostupné z WWW: <[http://www.schunk.com/schunk\\_files/attachments/OM\\_WH\\_SVP-2-Druckbegr\\_\\_EN.pdf](http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/OM_WH_SVP-2-Druckbegr__EN.pdf)>.
28. *Schunk Gmbh & Co KG* [online]. 2011 [cit. 2011-04-27]. Tribo Polygonal Clamping. Dostupné z WWW: <[http://www.sk.schunk.com/schunk/schunk\\_websites/products/products.html?product\\_level\\_1=247&product\\_level\\_2=267&product\\_level\\_3=5671&country=SVK&lngCode=SK&lngCode2=EN](http://www.sk.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/products.html?product_level_1=247&product_level_2=267&product_level_3=5671&country=SVK&lngCode=SK&lngCode2=EN)>.
29. *Schunk Gmbh & Co KG* [online]. 2011 [cit. 2011-04-28]. TENDO\_E\_Compact. Dostupné z WWW: <[http://www.schunk.com/schunk\\_files/attachments/TENDO\\_E\\_Compact\\_EN.pdf](http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/TENDO_E_Compact_EN.pdf)>.
30. *Sandvik Coromant* [online]. 2011 [cit. 2011-05-01]. Toolholding Systems. Dostupné z WWW: <<http://www.coromant.sandvik.com/cz>>.
31. *Schunk Gmbh & Co KG* [online]. 2011 [cit. 2011-05-01]. Sino-R. Dostupné z WWW: <[http://www.sk.schunk.com/schunk/schunk\\_websites/products/functions.html?product\\_level\\_1=247&product\\_level\\_2=268&product\\_level\\_3=4342&menu1=2&country=SVK&lngCode=SK&lngCode2=EN](http://www.sk.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/functions.html?product_level_1=247&product_level_2=268&product_level_3=4342&menu1=2&country=SVK&lngCode=SK&lngCode2=EN)>.
32. *Schunk Gmbh & Co KG* [online]. 2011 [cit. 2011-05-01]. Celsio. Dostupné z WWW: <[http://www.sk.schunk.com/schunk/schunk\\_websites/products/advantages.html?product\\_level\\_1=247&product\\_level\\_2=270&product\\_level\\_3=3048&menu1=1&country=SVK&lngCode=SK&lngCode2=EN](http://www.sk.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/advantages.html?product_level_1=247&product_level_2=270&product_level_3=3048&menu1=1&country=SVK&lngCode=SK&lngCode2=EN)>.
33. *Haimer GmbH* [online]. 2011 [cit. 2011-05-01]. News. Dostupné z WWW: <[http://www.haimer.es/haimer/english/news\\_uebers.php](http://www.haimer.es/haimer/english/news_uebers.php)>.
34. DEMEČ, Peter. *SYSTÉMY AUTOMATICKEJ VÝMENY NÁSTROJOV NA ČÍSLICOVO RIADENÝCH STROJOCH* [online]. Košice, 2010. 34 s. Štúdijný materiál. Technická univerzita Košice. Dostupné z WWW: <[http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/01\\_Automaticka\\_Vymena\\_Nastrojov.pdf](http://www.sjf.tuke.sk/kvtar/1/files/01_Automaticka_Vymena_Nastrojov.pdf)>.
35. *Falcon* [online]. 2009 [cit. 2011-05-22]. Mas Shank Dimensions. Dostupné z WWW: <<http://www.falcontoolings.com/masShank%20Dimensions.htm>>.

## Zoznam použitých obrázkov

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 1 Držiak nástrojov s kuželovou stopkou [1] .....                               | 11 |
| Obr. 2 Schematické znázornenie upínania nástrojového držiaku [2].....               | 12 |
| Obr. 3 Nástrojových držiak DIN 2080 pre ručnú výmenu nástrojov [25] .....           | 13 |
| Obr. 4 Nástrojárska frézka FNGJ 40/50 s ručnou výmenou nástrojov [4] .....          | 14 |
| Obr. 5 Nástrojových držiak DIN 69871 pre automatickú výmenu nástrojov [25].....     | 14 |
| Obr. 6 MAS 403 BT držiak nástrojov [35] .....                                       | 16 |
| Obr. 7 Porovnanie upínačov ISO/SK a MAS BT [2] .....                                | 16 |
| Obr. 8 Základný rozmerový popis držiaku CAT [10] .....                              | 17 |
| Obr. 9 Princíp upínania BIG-PLUS® [11] .....                                        | 18 |
| Obr. 10 Porovnanie konvenčného a BIG-PLUS® upínacieho systému[11].....              | 18 |
| Obr. 11 Mechanizmus upínania HSK držiakov nástrojov [13] .....                      | 19 |
| Obr. 12 Prehľad typov HSK držiakov nástrojov [14] .....                             | 20 |
| Obr. 13 Vertikálna frézka Bridgeport Series 1 s vretenom R8 a držiaky R8 [16]. .... | 22 |
| Obr. 14 Základné rozmery držiaku R8 Brigeport .....                                 | 23 |
| Obr. 15 Rozmery nástrojových stopiek s Morseho kuželom [15]. ....                   | 24 |
| Obr. 16 Klieštinový upínač ER s Morse kuželom pre frézy valcovou stopkou [18]....   | 24 |
| Obr. 17 Rozhranie obrábacích strojov a presný modulárny nástrojový systém [21]..    | 25 |
| Obr. 18 Hydraulická upínacia jednotka CAPTO [19] .....                              | 26 |
| Obr. 19 Porovnanie tuhosti držiakov nástrojov ISO, HSK a Capto [22] .....           | 26 |
| Obr. 20 Polotovár upínacej jednotky Coromant Capto [21] .....                       | 27 |
| Obr. 21 Upínacie puzdro a vložka pre upínanie nástrojov s valcovou stopkou [23] ..  | 29 |
| Obr. 22 Klieštinový upínač DIN 69871-A a klieština ER/ESX DIN 6499 Tvar B [23].     | 29 |
| Obr. 23 Klieštinový upínač S.C.M. Weler [1] .....                                   | 30 |
| Obr. 24 Klieštinový upínač Albrecht APC [24] .....                                  | 31 |
| Obr. 25 Porovnanie upínacieho momentu upínača Albrecht APC [24].....                | 31 |
| Obr. 26 Držiak nástrojov DIN69871 s upínaním Weldon[25].....                        | 32 |
| Obr. 27 Držiak nástrojov DIN69871 s upínaním Whistle Notch [25].....                | 32 |
| Obr. 28 Zobrazenie postupu upínania systémom Tribos® [26] .....                     | 33 |
| Obr. 29 Upínače Tribos, zľava typ S, R, RM a Mini [28].....                         | 34 |
| Obr. 30 Upínacie zariadenie od fy. Schunk, SVP-2D a detail upnutia držiaku[27] .... | 35 |
| Obr. 31 Hydraulický upínač fy. Schunk, Tendo-E [29].....                            | 36 |
| Obr. 32 Schematické zobrazenie upínača CoroGrip® [30] .....                         | 37 |
| Obr. 33 Rez držiakom Sino-R [31] .....                                              | 38 |
| Obr. 34 Porovnanie obrobených povrchov[31] .....                                    | 38 |
| Obr. 35 Upínací systém Celsio od fy. Schunk [32] .....                              | 39 |
| Obr. 36 Upínací systém Safe-Lock od fy. Haimer [33] .....                           | 40 |

## Zoznam použitých tabuliek

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabuľka 1 Základná rozmerová charakteristika HSK držiakov nástrojov k obr. 11 [14] ..... | 21 |
| Tabuľka 2 Používateľské vlastnosti upínačov Tribos® [28] .....                           | 34 |

## Zoznam použitých skratiek a symbolov

|                      |                                                |
|----------------------|------------------------------------------------|
| °C                   | stupeň Celsia                                  |
| ANSI                 | American National Standards Institute          |
| AVN                  | automatická výmena nástrojov                   |
| CNC                  | Computer Numerical Control                     |
| ČSN                  | Česká státní norma                             |
| G6,3                 | stupeň vyváženia                               |
| DIN                  | Deutsches Institut für Normung                 |
| IMTS                 | International Manufacturing Technology Show    |
| ISO                  | International Organization for Standardization |
| JIS                  | Japanese Industrial Standards                  |
| mm                   | milimeter                                      |
| obr.                 | obrázok                                        |
| ot.min <sup>-1</sup> | počet otáčok za minútu                         |