



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ - DRŽÁKY NÁSTROJŮ

THE AUTOMATIC TOOL CHANGE SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Chromčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radim Blecha, Ph.D.

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Adam Chromčík
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Radim Blecha, Ph.D.
Akademický rok:	2015/16

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

Automatická výměna nástrojů - držáky nástrojů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Automatická výměna nástrojů se u obráběcích strojů podílí na zkrácení neproduktivního strojního času a tím na zvyšování produktivity stroje. Student se seznámí s možnými způsoby automatické výměny nástrojů a automatickými způsoby upnutí nástroje ve vřetení stroje.

Cíle bakalářské práce:

Popsat principy používaných automatických výměn nástrojů u obráběcích strojů.
Popsat používané držáky nástrojů a jejich princip automatického upnutí ve vřetení.

Seznam literatury:

Technický týdeník,
http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-1_8497.html,
1.12.2015

Český informační portál, <http://www.prumysl.cz/obrabeci-stroje-automaticka-vymena-nastroju>,
1.12.2015

Tyc,
[http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST\(SVOC\)/_2007/_sbomik/PapersPdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf](http://old.fst.zcu.cz/_files_web_FST/_SP_FST(SVOC)/_2007/_sbomik/PapersPdf/Bc/Tyc_Ondrej.pdf),
2.12.2015

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

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

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



ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje automatické výměně nástrojů, držákům nástrojů a jejich upnutí ve vřetení u obráběcích strojů. Popisuje používané systémy automatické výměny nástrojů a jejich základní dělení. Dále je provedena rešerše držáků nástrojů a v návaznosti na to jsou popsány možnosti upínání těchto držáků ve vřetení stroje.

KLÍČOVÁ SLOVA

automatická výměna nástrojů, nosný zásobník, skladovací zásobník, manipulátor, vřeteno, držák nástroje, upínací mechanismus

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with automatic tool change, tool holders and clamping in the spindle of a machine tool. It describes the systems used automatic tool change and their basic division. It also research tool holders and in relation to this, the possibilities of the clamping tool holders in the machine.

KEYWORDS

automatic tool changer, carrier tool magazine, storage tool magazine, manipulator, spindle, tool holder, clamping unit



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CHROMČÍK, A. *Automatická výměna nástrojů – držáky nástrojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 40 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radim Blecha, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 26. května 2016

.....

Adam Chromčík



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Radimu Blechovi, Ph.D. za vedení, cenné rady a čas, který mi věnoval. Dále bych rád poděkoval své nastávající manželce, rodičům a všem blízkým, kteří mne po celou dobu studia podporovali.



OBSAH

Úvod	9
1 Automatická výměna nástrojů	10
1.1 Základní rozdělení AVN.....	10
1.1.1 Systémy s nosným zásobníkem	10
1.1.2 Systémy se skladovacím zásobníkem.....	11
1.1.3 Systémy kombinované.....	14
2 Držáky nástrojů	15
2.1 Možnosti dělení držáků.....	15
2.2 Základní požadavky nástrojových soustav	16
2.3 Typy držáků	16
2.3.1 SK/ISO	16
2.3.2 MAS BT	18
2.3.3 CAT	19
2.3.4 BIG-PLUS	20
2.3.5 Nikken 3Lock	20
2.3.6 HSK	21
2.3.7 KM.....	22
2.3.8 KM4X.....	23
2.3.9 CAPTO	25
3 Možnosti upínání nástrojových držáků ve vřetení.....	27
3.1 Upnutí strmých kuželů 7:24.....	27
3.1.1 Upnutí pomocí kleštín	27
3.1.2 Upnutí pomocí kuličkového mechanismu	28
3.2 Upnutí HSK	28
3.3 Upnutí km a km4x	29
3.4 Upnutí polygonů Capto.....	30
4 Porovnání nástrojových držáků	32
Závěr.....	35
Seznam použitých zkratk a symbolů	38
Seznam obrázků.....	39
Seznam tabulek.....	40



ÚVOD

Automatická výměna nástrojů (AVN) přinesla do strojního průmyslu v oboru obrábění možnost měnit nástroje bez zásahu obsluhy. U obráběcích center je nezbytným funkčním doplňkem pro zajištění jejich nepřetržitého provozu. Díky této automatizaci byl vedlejší výrobní čas zkrácen na minimum, což se projevilo na výsledné ceně obrábění a produktivitě práce. Velmi se zvýšila bezpečnost práce. Není již nutné pro výměnu nástroje vstupovat do prostoru stroje, kde na obsluhu čeká nejedna nástraha. Řezná kapalina, kluzké povrchy, těžké nástroje nebo ostré třísky už nepředstavují takové nebezpečí jako v dobách minulých.

AVN se velmi rychle vyvíjí. Většina velkých společností zabývajících se touto problematikou se předhání v nejrůznějších inovacích. Neustále se zdokonalují zásobníky, manipulátory a samozřejmě i držáky nástrojů a upínací systémy nástrojů. To vše je hlavně z důvodu snížení času výměny nástroje a zároveň snížení času pro obrobení dílu. Rychlost, přesnost a bezpečnost hrají v dnešním moderním průmyslu zásadní roli.

Volba strojového parku, způsobu AVN a typu použitých držáků nástrojů ovlivní výsledek naší práce. V následujících kapitolách jsou popsány a vyobrazeny nejpoužívanější systémy AVN, jejich vlastnosti, výhody a nevýhody. Dále jsou popsány držáky nástrojů a v návaznosti na to jsou uvedeny způsoby upnutí těchto držáků ve vřetení obráběcího stroje. To vše by mělo vést ke snadnější orientaci v problematice AVN a nástrojových upínacích rozhraní obráběcích strojů.

1 AUTOMATICKÁ VÝMĚNA NÁSTROJŮ

AVN se provádí ve dvou případech: buď se vyměňuje opotřeбенý nástroj za nový, nebo si technologie žádá nástroj jiný. Výměna spočívá ve vyjmutí nástroje z vřetena, v jeho uložení do zásobníku, vyjmutí nového nástroje ze zásobníku a jeho uložení zpět do vřetena. Systém automatické výměny nástrojů musí v praxi splňovat několik důležitých požadavků: čas výměny z řezu do řezu musí být co nejkratší, nesmí omezovat pracovní prostor stroje, kapacita zásobníku musí být dostačující, nástroj musí být dostatečně tuhý a spolehlivý, musí mít dlouhou životnost s minimální servisní údržbou.

1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ AVN

V následující kapitole jsou popsány typy AVN, které se běžně využívají u obráběcích strojů. Jednotlivé systémy splňují různé požadavky a mají různé parametry. U každého systému jsou popsány jeho výhody, nevýhody a vhodnost jeho použití.

1.1.1 SYSTÉMY S NOSNÝM ZÁSOBNÍKEM

U systémů s nosným zásobníkem se jedná většinou o malé zásobníky umístěné přímo do obráběcího stroje. Zásobník zde přenáší veškeré řezné síly působící na nástroj. Jsou to především revolverové a nožové hlavy, nejčastěji u soustružnických center. Podle typu upnutého nástroje lze rozlišovat dvě varianty - nástroje konající hlavní pohyb, tedy nástroje poháněné nebo nástroje konající pohyb vedlejší, tedy čistě soustružnické nástroje.

Výhody konstrukce systémů s nosným zásobníkem jsou robustnost, přesnost, možnost použití různých držáků nástrojů, spolehlivost, ale především velká rychlost výměny nástrojů. Nevýhodou je velká hmotnost zásobníku a s tím související potřeba větší energetické náročnosti pro výměnu nástroje a menší počet upnutých nástrojů.



Obr. 1 Automatická šestipolohová revolverová hlava [5]

1.1.2 SYSTÉMY SE SKLADOVACÍM ZÁSOBNÍKEM

U systémů se skladovacím zásobníkem plní zásobník pouze skladovací funkcí. Nepřenáší žádné řezné síly, a proto jsou na jeho konstrukci kladeny menší nároky. Velikost zásobníku prakticky není omezena. Díky tomu mohou tyto zásobníky pojmout i stovky nástrojů. Jedná se o nejčastěji využívanou variantu systému AVN.

Výhodou je možnost velkého počtu nástrojů a jednoduchá konstrukce zásobníků. Nevýhodou může být větší prostorová náročnost vzhledem ke zvětšení půdorysné plochy stroje. Další nevýhodou je nutnost použití stejného typu a velikosti držáku nástroje.

Dělení systémů se skladovacím zásobníkem:

Pick-up – přímá výměna

Jde o nejjednodušší způsob výměny nástroje u skladovacích zásobníků. Není zde použit manipulátor. Uspořádání stroje musí umožňovat přiblížení stroje k zásobníku (nebo naopak zásobníku ke stroji). Z vřetena se nástroj odloží přímo do zásobníku, dále se do osy vřetena přesune nový nástroj, který se zde upne. Zásobníky mohou být lineární, bubnové nebo řetězové. Větší objem nástrojů mohou nést pouze zásobníky řetězové. Čas výměny nástroje je krátký. Existují systémy, kde se výměna nástroje provede i do 1s.

Nevýhodou je, že při velké vzdálenosti nástroje určeného k uložení do zásobníku a nástroje nového se čas výměny nástroje zvyšuje. Výhodou tohoto způsobu AVN je jednoduchost konstrukce a s tím související nízké pořizovací náklady. Přímá výměna nástrojů se hodí pro malá frézovací centra, která nepotřebují velký počet uskladněných nástrojů.



Obr. 2 Zásobník AVN typ Pick-up firmy Gifu [4]

Pohyblivý zásobník – výměník - vřeteno

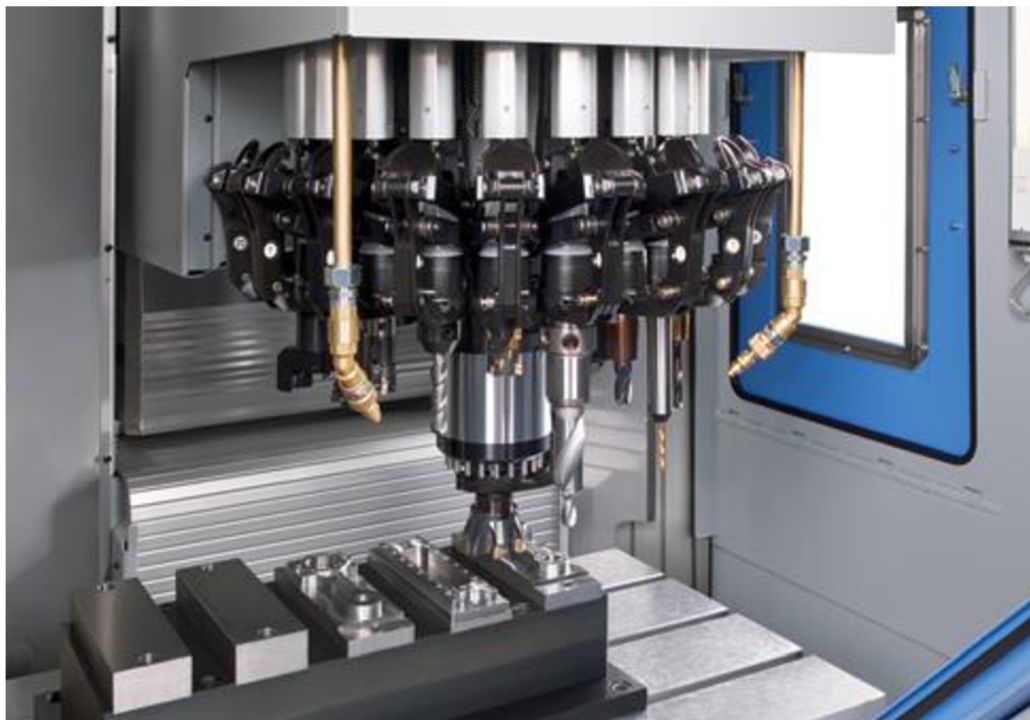
Tento typ je zdaleka nejpoužívanějším systémem výměny nástrojů u CNC obráběcích strojů. V případě, kdy nelze zajistit přímou výměnu nástroje, můžeme použít výměník. Pohyblivý zásobník přesune požadovaný nástroj do předem definované polohy. Výměník, většinou jednoúčelový manipulátor, zajistí výměnu mezi vřetenem a zásobníkem. Nejjednodušší výměna nástroje pomocí výměníku je v případě, že vzdálenost osy vřetena v místě výměny a osy nástroje v zásobníku jsou rovny délce ramena výměníku. Nejčastěji se používají tyto dvě varianty výměníků:

- Tzv. zasekávací způsob: rotačním pohybem, obvykle o 90° , dojde k uchopení nástroje, poté translačním pohybem k vysunutí nástroje z vřetena a zároveň ze zásobníku, rotací o 180° se vymění nástroje mezi vřetenem a zásobníkem, translací se nástroje vsunou do vřetena a zásobníku a nakonec zpětným rotačním pohybem o 90° dojde k uvolnění nástroje z výměníku. Sekvence pohybů se může lišit podle výrobců, typů zásobníků apod.
- Tzv. napichovací způsob: během obrábění výměník najede k zásobníku a pomocí dvou translačních pohybů nabere a vysune nástroj, poté poodjede, zasune se a dojde do vyčkávací polohy. Při samotné výměně nástroje vřeteno zasune nástroj do výměníku, výměník nástroj vysune, otočí se o 180° a zasune do vřetena nový nástroj. Následně vřeteno odjede, čímž uvolní nástroj a začne obrábění. Sekvence pohybů se opět může lišit podle výrobců, typů zásobníků apod.

Samotná výměna nástrojů bývá velmi rychlá, pohybuje se okolo 5s. Zásobníky mohou být kruhové, řetězové, diskové, revolverové a jiné. Extrémně rychlou výměnu nástroje lze docílit pomocí paralelní kinematiky. Každý nástroj musí mít svůj pneumatický výměník, to je zobrazeno na obrázku 3. Výměna samotného nástroje trvá 0,5 s a z řezu do řezu je to od 1,2 s.



Obr. 3 AVN typ zásobník-výměník firmy Gifu [4]



Obr. 4 Pneumatická výměna nástrojů firmy Chiron [2]

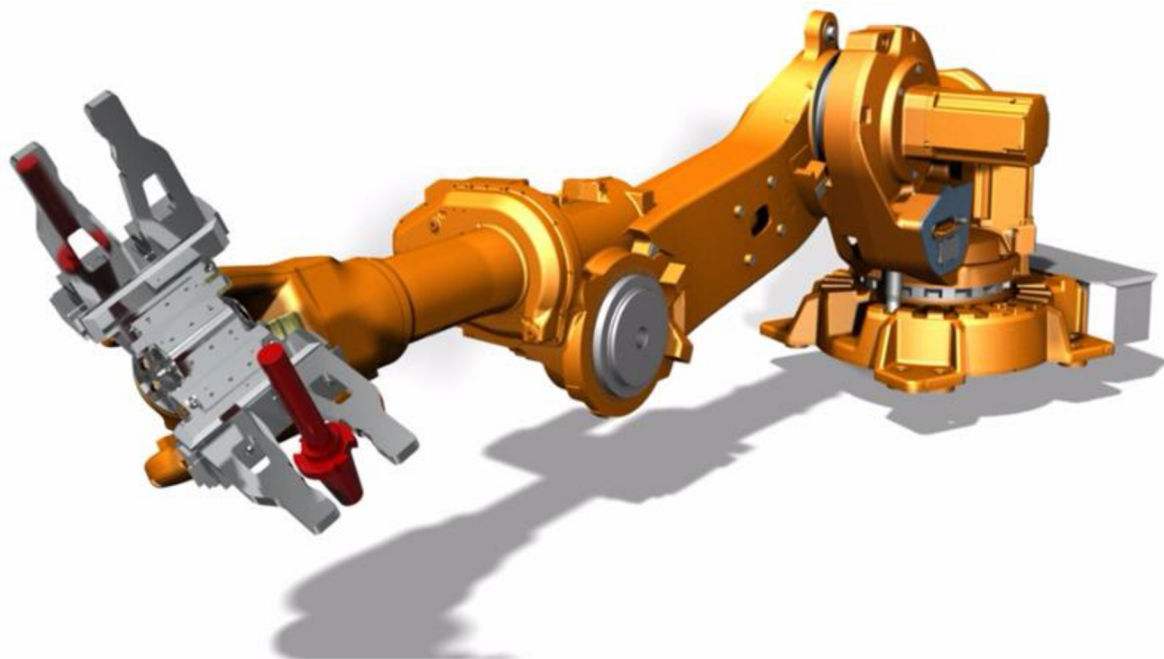
Zásobník - manipulátor – výměník - vřeteno

V případech, kdy se zásobník nachází daleko od vřetena stroje, je třeba výměník umístit do manipulátoru. Ten se pak pohybuje po určité dráze. Tohle řešení se používá například u horizontek. Manipulátor může být sloupový, portálový a jiný.

Stacionární zásobník – manipulátor

Řešení AVN se stacionárním zásobníkem je poměrně mladé. Manipulátorem je zde nejčastěji průmyslový robot, který má jako koncový efektor aplikován výměník nástrojů. Robot může být stacionární, nebo se může pohybovat po vedení. Pohyb po vedení se využívá u větších zásobníků, nebo pro obsluhu více strojů. Zásobník je zde jednoduchá konstrukce, která nevykonává žádné pohyby.

Výhodou systému se stacionárním zásobníkem a manipulátorem je jeho variabilita, jednoduchý zásobník a možnost uskladnit velké množství nástrojů. Nevýhodou je značná pořizovací cena robotu a větší zastavěná plocha, což je ovšem přímo úměrné počtu nástrojů.



Obr. 5 Šestiosý robot od firmy ABB s efektořem pro výměnu nástrojů [3]

1.1.3 SYSTÉMY KOMBINOVANÉ

Existuje i kombinace systémů s nosným a se skladovacím zásobníkem nebo i kombinace zásobníků stejného typu. Bývají to složité systémy, které mají uplatnění především u jednoúčelových strojů.

2 DRŽÁKY NÁSTROJŮ

Rozhraní mezi nástrojem, jeho držákem a vřetenem má velký význam na výsledky, kterých chceme obráběním dosáhnout. Konstrukce držáků velmi ovlivňuje možnosti stroje. Spojení musí být imunní vůči vysokým otáčkám vřetena, kdy odstředivou silou dochází k nepatrnému zvětšování jeho kuželové dutiny a vtahování stopky do dutiny a tím i změně axiální polohy nástroje. Z téhož důvodu může docházet k potížím při uvolňování nástroje z vřetena po jeho zastavení. Držák se skládá z nástrojové stopky, těla nástroje a břitu. [8]

2.1 MOŽNOSTI DĚLENÍ DRŽÁKŮ

Držáky nástrojů jsou zatěžovány silami vznikajícími při řezném procesu. Při vrtání a vyvrtávání převažují osové síly. Frézování naopak zatěžuje nástroje převážně ohybovým momentem. Vysokorychlostní obrábění vyžaduje precizní vyvážení nástroje. Různým obráběcím procesům vyhovují různé typy nástrojů. Jiný typ nástroje může být použit pro velkou horizontální vyvrtávačku a jiný zase pro malé obráběcí centrum. Jejich základní dělení je následující:

1. Podle tvaru stopky:

- S kuželovou stopkou
- S polygonálním tvarem stopky
- S válcovou stopkou

2. Podle strmosti kužele

- Kužel 7:24
- Kužel 1:10
- Jiný kužel

3. Podle délky kužele

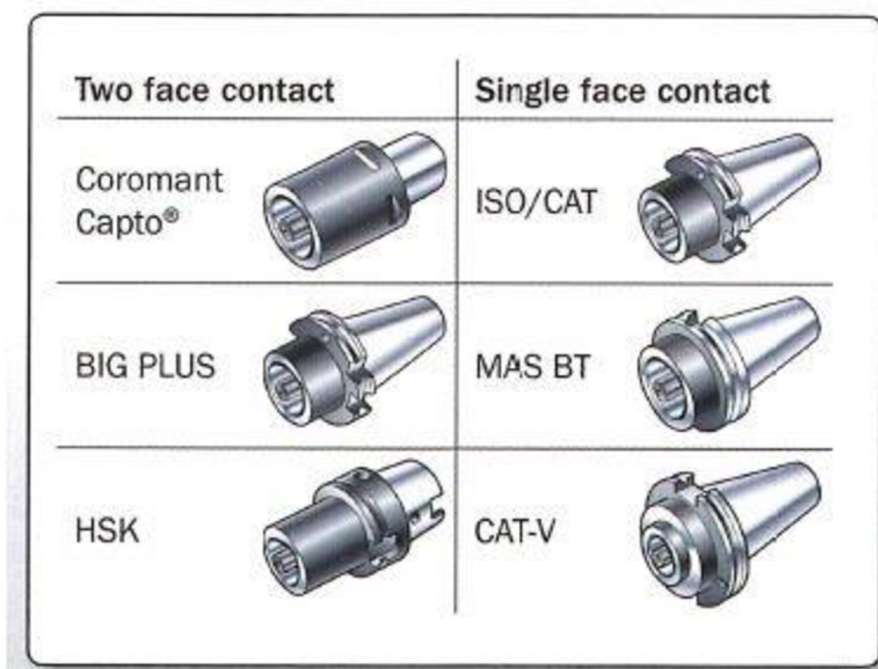
- Dlouhý
- Krátký

4. Podle počtu dosedacích ploch

- 1 dosedací plocha (zpravidla dosedací kužel)
- 2 dosedací plochy (kužel + čelní plocha)
- 3 dosedací plochy

5. Podle způsobu upínací síly

- Samosvorné
- Nesamosvorné



Obr. 6 Upínací stopky rozdělené podle počtu došedacích ploch [1]

2.2 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NÁSTROJOVÝCH SOUSTAV

- Spolehlivý systém upnutí i pro vysoké rychlosti rotace nástroje
- Možnost přívodu chlazení
- Možná změna typu a rozměru řezné části při zachování stejného držáku
- Přesnost polohy nástroje i po mnohonásobné výměně nástroje
- Vysoká statická i dynamická tuhost nástrojové jednotky
- Malé rozměry těla nástroje
- Symetrická skladba nástrojové jednotky
- Rychlá a spolehlivá vyměnitelnost spolu s čištěním připojovacích ploch
- Možnost plně automatické výměny
- Nemožnost chybného vložení nástroje
- Normalizace a standardizace [1]

2.3 TYPY DRŽÁKŮ

2.3.1 SK/ISO

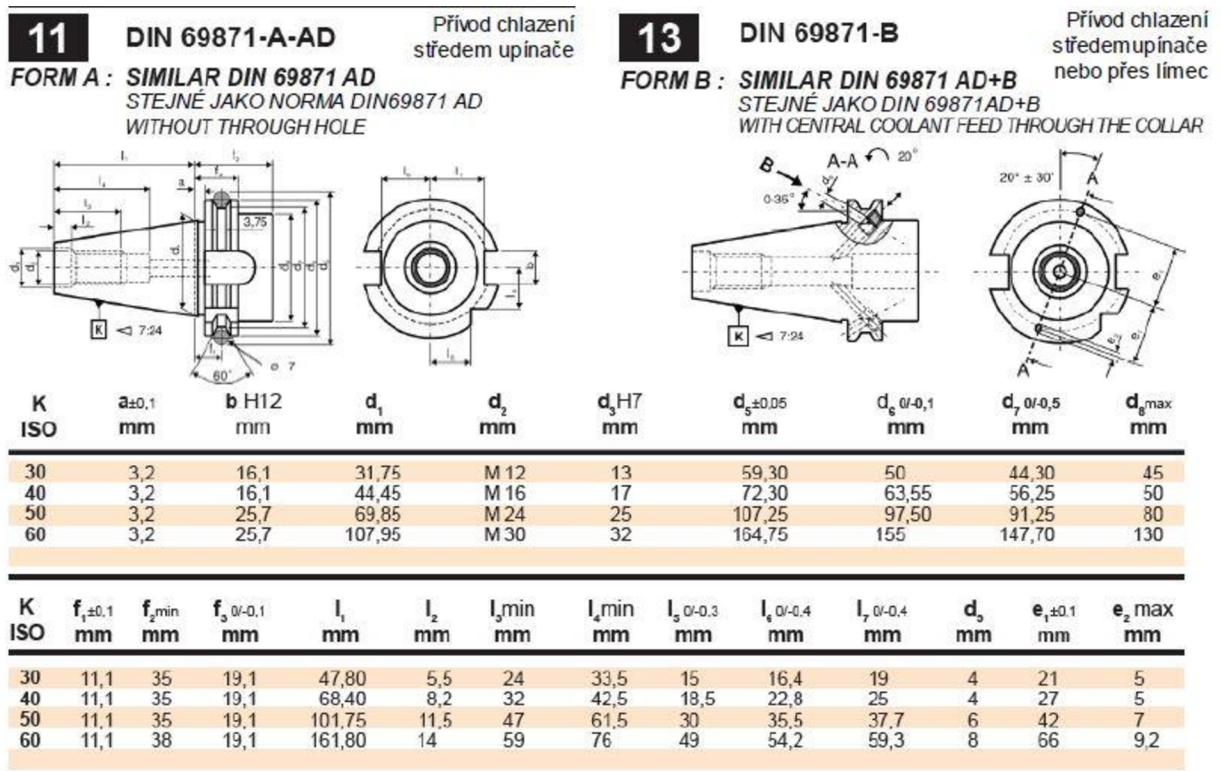
Kuželový typ nástroje ISO se strmostí 7:24 je vyvinutý v Evropě. Označení SK je zkratka z německého Steilkegel, v překladu strmý kužel. Rozhraní je normalizováno mnoha normami, v současnosti se užívá nejvíce německá norma DIN 69 871. Je to starší, avšak stále jeden z nejpoužívanějších držáků nástrojů pro obráběcí stroje. Je nesamosvorný, a proto potřebuje pro své upnutí ve vřetenu upínací mechanismus. Krouticí moment se přenáší pomocí tření na kuželové ploše. Nevýhodou ISO držáku je malá tuhost uložení. Působení



vnějších statických sil od obráběcího procesu, teplota, předpětí v ložiskách sousedících s dutinou, vibrace a další, mají za provozní důsledek, že dojde k nežádoucímu zasunutí stopky do vřetena. Nejsou vhodné pro vysokorychlostní obrábění (HSC) High Speed Cutting. Jsou poměrně dlouhé a těžké. K délce držáku musíme přičíst i délku upínacího čepu, což znamená potřebu většího pohybu manipulátoru a z toho vyplývá i delší čas automatické výměny nástroje. Rozsah otáček je $4\,000 - 15\,000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$. Může obsahovat kanálky pro řeznou kapalinu. Vyrábí se v šesti velikostech (30, 35, 40, 45, 50, 60), které se používají od malých frézek až po velmi velké stroje. [1]



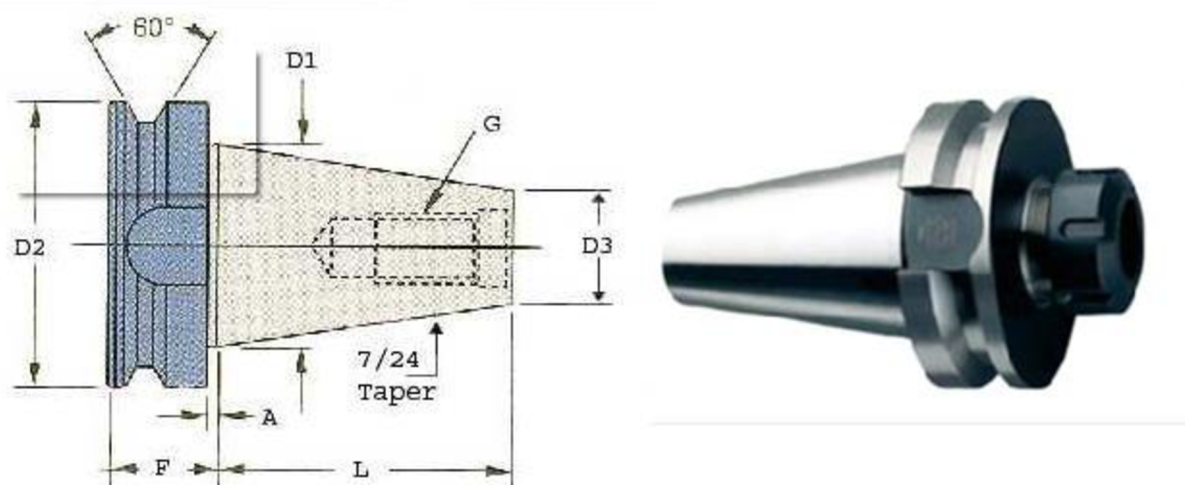
Obr. 7 Držák SK/ISO [6]



Obr. 8 Rozměrové parametry SK/ISO [6]

2.3.2 MAS BT

MAS BT nástrojové rozhraní bylo vyvinuto v Japonsku, a proto se používá převážně na asijském kontinentu. Má kuželovou stopku se strmostí 7:24. Díky japonským výrobcům obráběcích strojů (Mori-Seiky, Mozak, Okuma atd.) se však rychle rozšiřuje i na ostatní kontinenty. Je normovaný podle japonské normy JIS B 6339. Tvarově i rozměrově je velmi podobný ISO držáku. Má delší kuželovou stopku a větší přírubu. Není vhodný pro HSC. Je vhodný pro ruční i automatickou výměnu.



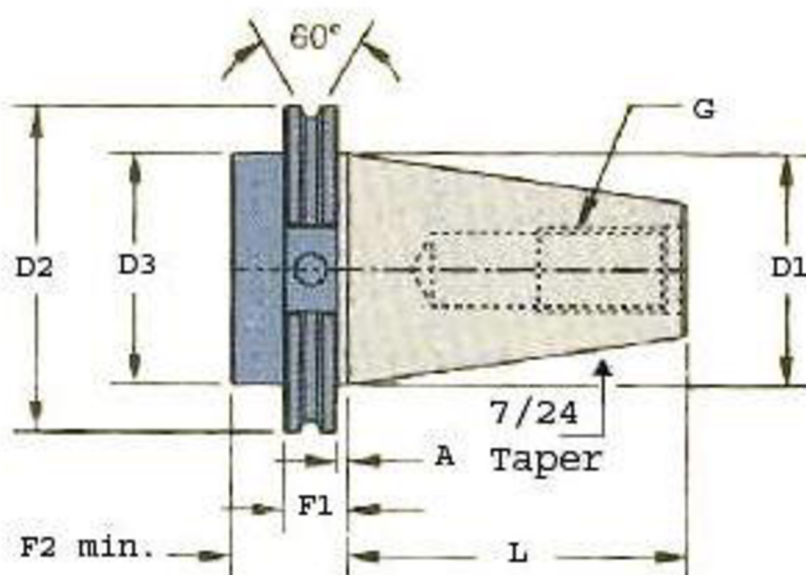
Obr. 9 Držák MAS BT [6]

Tab. 1 Rozměrové parametry MAS BT [6]

Size	D1	D2	D3	L	F	A	G
BT30	1.250 (31.75)	1.811 (46.00)	()	1.906 (48.40)	0.866 (22.00)	0.079 (2.00)	M12 thread
BT35	1.500 (38.10)	2.087 (53.00)	()	2.224 (56.50)	0.945 (24.00)	0.079 (2.00)	M12 thread
BT40	1.750 (44.45)	2.480 (63.00)	()	2.575 (65.40)	1.063 (27.00)	0.079 (2.00)	M16 thread
BT45	2.250 (57.15)	3.346 (85.00)	()	3.260 (82.80)	1.299 (33.00)	0.118 (3.00)	M20 thread
BT50	2.750 (69.85)	3.937 (100.00)	()	4.008 (101.80)	1.496 (38.00)	0.118 (3.00)	M24 thread

2.3.3 CAT

Nástroje CAT byly vyvinuty v USA firmou Caterpillar. Rozměrově jsou velice podobné držákům ISO a MAS BT. Mají kuželovou stopku se strmostí 7:24. Díky tomu, že se vyvíjely v Americe, jsou normovány v palcových mírách normou ANSI, a proto se v Evropě vyskytují pouze výjimečně.



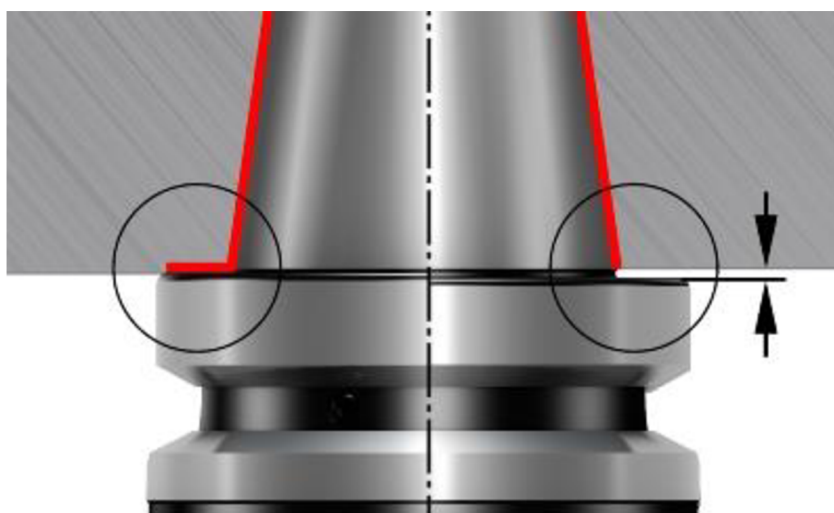
Obr. 10 Držák CAT [6]

Tab. 2 Rozměrové parametry CAT [6]

Size	D1	D2	D3	L	F1	F2 min	A	G
30	1.250 (31.75)	1.812 (46.02)	1.250 (31.75)	1.875 (47.63)	0.750 (19.05)	1.375 (35.00)	0.125 (3.18)	1/2-13 thread
40	1.750 (44.45)	2.500 (63.05)	1.750 (44.45)	2.687 (68.25)	0.750 (19.05)	1.375 (35.00)	0.125 (3.18)	5/8-11 thread
45	2.250 (57.15)	3.250 (82.50)	2.250 (57.15)	3.250 (82.55)	0.750 (19.05)	1.375 (35.00)	0.125 (3.18)	3/4-10 thread
50	2.750 (69.85)	3.875 (98.41)	2.750 (69.85)	4.000 (101.60)	0.750 (19.05)	1.375 (35.00)	0.125 (3.18)	1-8 thread
60	4.250 (107.95)	5.500 (139.70)	4.250 (107.95)	6.375 (161.93)	0.750 (19.05)	1.500 (38.10)	0.125 (3.18)	1 1/4-7 thread

2.3.4 BIG-PLUS

Držáky BIG-PLUS jsou modifikací výše popsaných držáků s kuželovou stopkou 7:24. Řezné síly jsou přenášeny z vřetena nástroje na držák nejen stykem kuželové plochy, ale i stykem čelní plochy vřetena s přírubou držáku. Tím získáme větší tuhost uložení. Axiální pohyb, který se vyskytuje u držáků upnutých pouze kuželovou plochou, je zde prakticky vyloučen. Opakovaná přesnost upnutí při výměně tohoto nástroje je výrazně lepší než u držáků bez styku čelní plochy. Jsou vhodné i pro vysokorychlostní obrábění. Otáčky vřetena mohou být až $40\,000\text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$. Díky tomu se mohou zvýšit řezné parametry a výroba je efektivnější. Přesně vyrobený držák je určen pouze k jednomu stroji, se kterým je slícovaný. Díky malým výrobním tolerancím je výroba poměrně drahá.



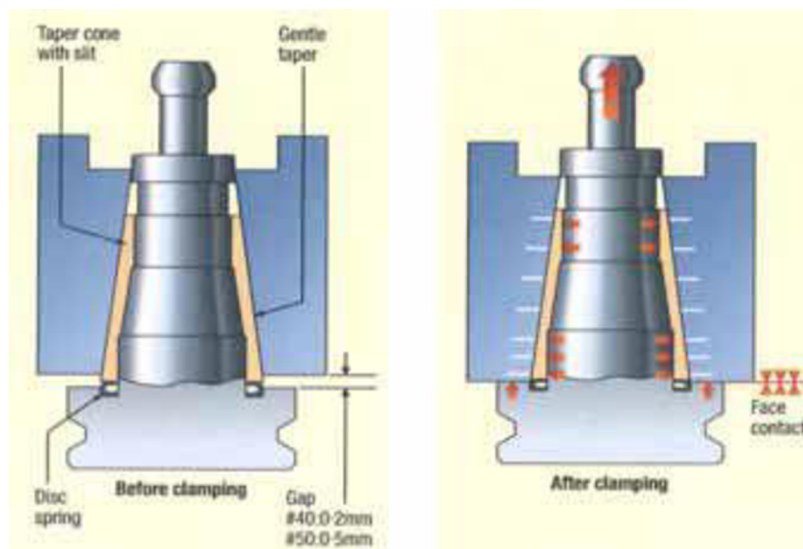
Obr. 11 Zobrazení dosedací plochy BIG-PLUS [7]

2.3.5 NIKKEN 3LOCK

Odlišný systém dosažení současného kontaktu na čelní ploše a na kuželu zvolili konstruktéři japonské společnosti Nikken. Výsledkem jejich úvah je kuželová stopka s přírubou, opatřená kuželovým pláštěm. Jeho vnitřní plocha je v kontaktu s kuželem stopky a vnější v kontaktu se standardní kuželovou dutinou 7:24 vřetene; kontakt mezi dosedací plochou příruby a čelem kuželového pláště je realizován prostřednictvím předepnutých talířových pružin. Po vsunutí sestavy do kužele vřetena jsou v kontaktu pouze kuželové plochy. Po aktivování upínací síly, která na sestavu působí prostřednictvím vnějšího upínacího čepu, dojde ke kontaktu mezi čelem vřetene obráběcího stroje a dosedací plochou příruby. Talířové pružiny definovanou silou zatlačí plášť do kuželové dutiny a zaslouží se o správný kontakt mezi oběma kuželovými plochami – je tedy realizován trojitý kontakt s tím, že 10 % síly je na čele a 90 % na kuželu.

Výhodou tohoto spojení je jeho osová symetrie, značná tuhost a stabilita, tlumení vibrační a z toho plynoucí lepší kvalita obráběného povrchu a delší životnost nástroje a v

neposlední řadě možnost jeho užití ve vřetenech se standardní dutinou 7:24. Za zmínku stojí i to, že toto spojení eliminuje do určité míry i negativní vlivy, vznikající postupným opotřebováním vřetena obráběcího stroje a jeho uložení. [12]



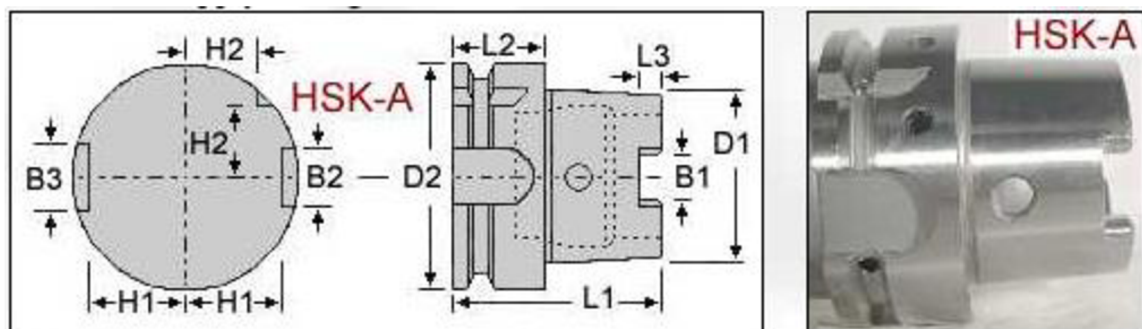
Obr. 12 Systém Nikken 3Lock [12]

2.3.6 HSK

Jedná se o krátký dutý kužel se strmostí 1:10. Označení HSK je zkratka z německého Hohlschaftkegel, v překladu dutá kuželová stopka. Byl zaveden v průběhu devadesátých let minulého století a v porovnání s kužely se strmostí 7:24 je poměrně mladý. Rozhraní je normalizováno podle DIN 69893. Dutina v kuželu je určena pro upínací kleštiny, které se rozeprnou a axiálním posunutím do dutiny vřetene vyvolají potřebnou upínací sílu. Kontakt s vřetenem zajišťují dvě dosedací plochy. Vyznačuje se vysokou tuhostí a stabilitou, protože relativně pružná stěna kužele se při vysokých otáčkách roztahuje a intenzita kontaktu s vřetenem se nezmenšuje. Je tedy velmi vhodný pro vysokorychlostní obrábění. Typ HSK-T je vhodný i pro soustružnické operace. Je to standardní HSK kužel, nicméně drážka, která zachycuje krouticí moment, je vyrobena výrazně přesněji.

Výhodou kužele HSK oproti kuželu ISO je snížení rozměrů a hmotnosti, což je důležité pro manipulátor a zásobník. Čím jsou rozměry a hmotnost nižší, tím rychleji může AVN proběhnout. Velmi dobrá je opakovatelnost upnutí v axiálním směru, jež je způsobena čelní dosedací plochou a pružnou deformací kuželu.

Spojení HSK se vyrábí ve velikostech 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 a 160, přičemž číselné označení velikosti odpovídá vnějšímu průměru příruby. Vyrábí se v modifikacích A-F a HSK-T. Pro automatickou výměnu jsou určeny varianty A, B, E a F. Maximální otáčky doporučuje norma 50 000 ot*min⁻¹ pro HSK-A 32 a 16 000 ot*min⁻¹ pro HSK-A 100. [8]



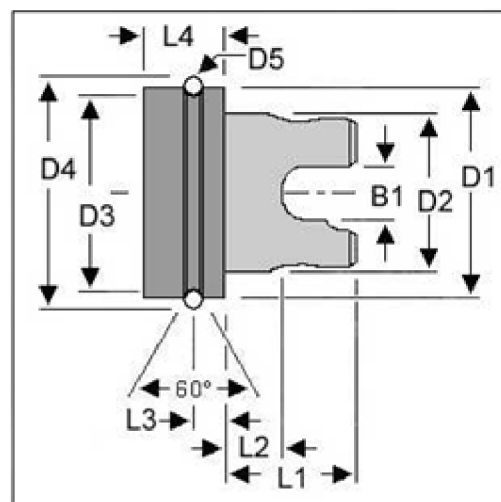
Obr. 13 Držák HSK-A [6]

Tab. 3 Rozměrové parametry HSK-A [6]

Size	Form	D1	D2	L1	L2	L3	B1	B2	B3	H1	H2
32	A	24	32	36	20	5	7	7	9	13	9.5
40	A	30	40	40	20	6	8	9	11	17	12
50	A	38	50	51	26	7.5	10.5	12	14	21	15.5
63	A	48	63	58	26	10	12.5	16	18	26.5	20
80	A	60	80	66	26	12	16	18	20	34	25
100	A	75	100	79	29	15	20	20	22	44	31.5
125	A	95	125	92	29	19	25	25	28	55.5	39.5
160	A	120	160	111	31	23	30	32	36	72	50

2.3.7 KM

Kužel KM byl vyvinutý v USA společností Kennametal. Má stejně jako HSK strmost 1:10 a je tedy samosvorný. Rozhraní je normalizováno normou ISO 26622. Nástroj je zakončen kuželovou a čelní plochou a po upnutí ve vřetenu stroje dojde k bezvůlovému dosednutí ve styčných plochách. Díky své univerzálnosti je vhodný jak pro frézovací, tak i pro soustružnické operace. Upínací mechanismus je situován dovnitř kuželové části. Proto mohly být navrženy zkrácené kuželové stopky a například vysoké otáčky nástroje a při nich vznikající odstředivé síly působící na upínací mechanismus pomáhají nástroj ve vřetenu držet. Upínací mechanismus využívá větších sil než konkurenční HSK a má tedy i větší ohybovou tuhost. Vzhledem k velikosti upínací síly má velké nároky na jakost materiálu. Je vhodný pro HSC obrábění.



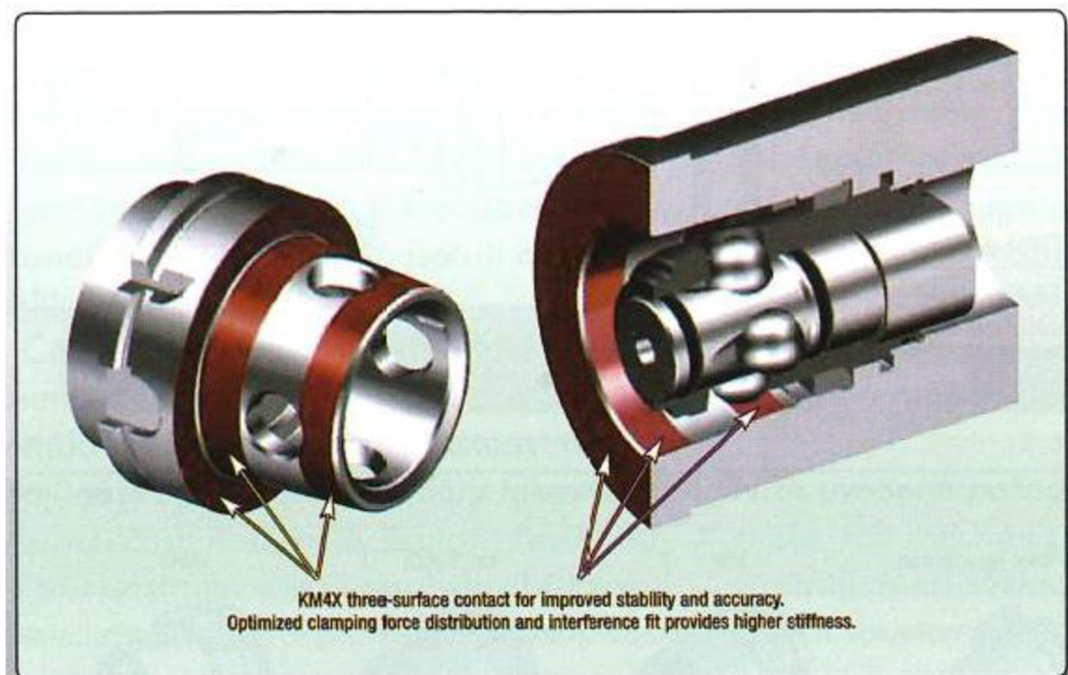
Obr. 14 Držák KM [6]

Tab. 4 Rozměrové parametry KM [6]

Velikost	D1	D2	D3	D4	D5	L1	L2	L3	L4 min.	B1
KM32	1,260 (32,0)	0,945 (24,0)	1,142 (29,0)	1,435 (36,44)	0,138 (3,5)	0,787 (20,0)	0,315 (8,0)	0,197 (5,0)	0,394 (10,0)	0,354 (9,0)
KM40	1,575 (40,0)	1,181 (30,0)	1,457 (37,0)	1,750 (44,44)	0,138 (3,5)	0,984 (25,0)	0,433 (11,0)	0,236 (6,0)	0,472 (12,0)	0,394 (10)
KM50	1,969 (50,0)	1,575 (40,0)	1,681 (42,7)	2,339 (59,40)	0,279 (7,0)	1,260 (32,0)	0,472 (12,0)	0,354 (9,0)	0,630 (16,0)	0,551 (14,0)
KM63	2,480 (63,0)	1,969 (50,0)	2,193 (55,7)	2,850 (72,40)	0,276 (4,0)	1,575 (40,0)	0,709 (18,0)	0,394 (10,0)	0,709 (18,0)	0,630 (16,0)
KM80	3,150 (80,0)	2,520 (64,0)	2,862 (72,7)	3,520 (89,40)	0,276 (7,0)	1,772 (45,0)	0,728 (18,5)	0,433 (11,0)	0,866 (22,0)	0,787 (20,0)

2.3.8 KM4X

Modifikací držáku KM vznik nový typ KM4X. Má tři dosedací plochy. Je navržen tak, aby dosedací plocha kužele byla na největším a nejmenším průměru. Posunu v ose Z zamezuje čelní dosedací plocha. Kombinací vysoké upínací síly a optimalizovaných stupňů přesahů poskytne KM4X robustní spojení s extrémně vysokou tuhostí a dovoleným zatížením v ohybu pro značně zlepšený výkon při obrábění vysokopevnostních slitin a dalších materiálů. KM4X umožňuje vyšší úběry kovu, což přináší vyšší využití nástrojů a snížení ceny na díl. Používá se pro obrábění velmi tvrdých materiálů, kde je pro velký úběr kovu při malých otáčkách nutný velký ohybový moment. Například pro obrábění titanu není v současné době lepší varianta než systém KM4X.



Obr. 15 dosedací plochy KM4X [1]



Obr. 16 Čelní válcová fréza s držákem KM4X pro velký úběr materiálu [10]

2.3.9 CAPTO

Upínací systém Capto je vyvinut společností Sandvik Coromant. Je také poměrně mladý. Má tvar trojstěnného polygonu kónického tvaru se strmostí 1:20. Využívá také dvě dosedací plochy. K přenosu krouticího momentu využívá nejen silových vazeb, ale i tvarového styku nástroje s vřetenem. K upnutí ve stroji využívá kleštiny, které rozepnutím v dutině držáku a vsunutím do dutiny vřetene zajistí nástroj. CAPTO je nabízeno ve velké škále velikostí od C3 až po C10, kde se průměr příruby pohybuje v rozsahu 32 až 100mm.



Obr. 17 Modulární nástrojový systém Coromant Capto [11]

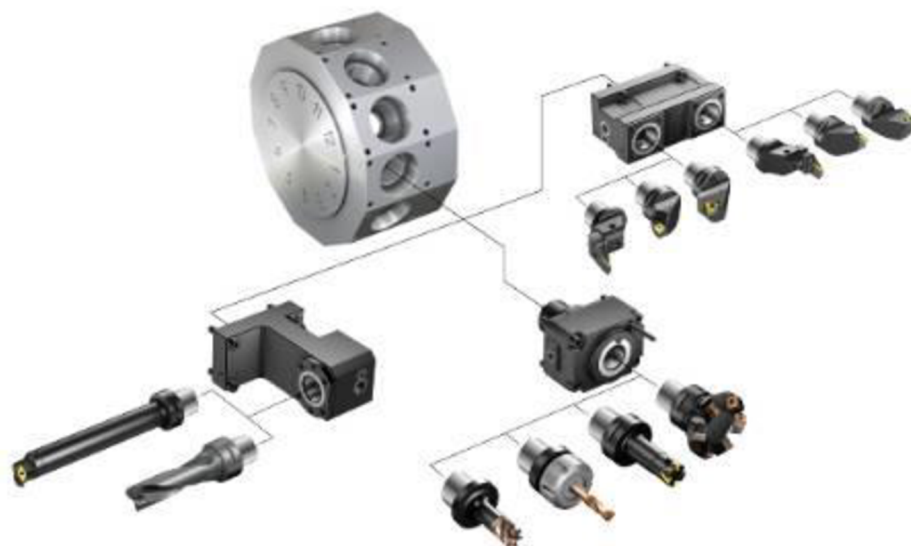
Coromant Capto je modulární rychlovýměnná nástrojová koncepce, která nabízí tři systémy v jednom:

- Rychlovýměnné nástrojové držáky umožňují zkrácení časů na seřízení a výměnu nástrojů, což přináší podstatné zvýšení využití stroje.
- Integrací systému Coromant Capto přímo do vřetena se např. u víceúčelových strojů, obráběcích center přizpůsobených pro soustružení nebo vertikálních soustruhů zvyšuje jejich univerzálnost a stabilita.
- Jakožto modulární systém určený pro obráběcí centra, nabízí Coromant Capto široký sortiment prodlužovacích a redukčních adaptérů umožňujících bez ohledu na typ rozhraní obráběcího stroje (SK, HSK, Big Plus) sestavit nástroje různých délek a charakteristických tvarů. Díky modulární konstrukci dochází k omezení potřeby použití drahých speciálních nástrojů s dlouhými dodacími lhůtami. [11]

Mezi výhody Capto rozhraní patří:

- flexibilita a značná modularita
- vysoká stabilita a přesnost upnutí
- vysoká ohybová tuhost
- vysoká tuhost v krutu
- rychlá automatická výměna nástrojů
- schopnost přenosu velkých krouticích momentů
- vyváženost konstrukce

Nevýhodou Capto rozhraní je složitější výroba polygonální stopky a s tím související vyšší pořizovací náklady.



Obr. 18 Stavebnicová nástrojová soustava rotačních a nerotačních nástrojů Capto [11]

3 MOŽNOSTI UPÍNÁNÍ NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKŮ VE VŘETENI

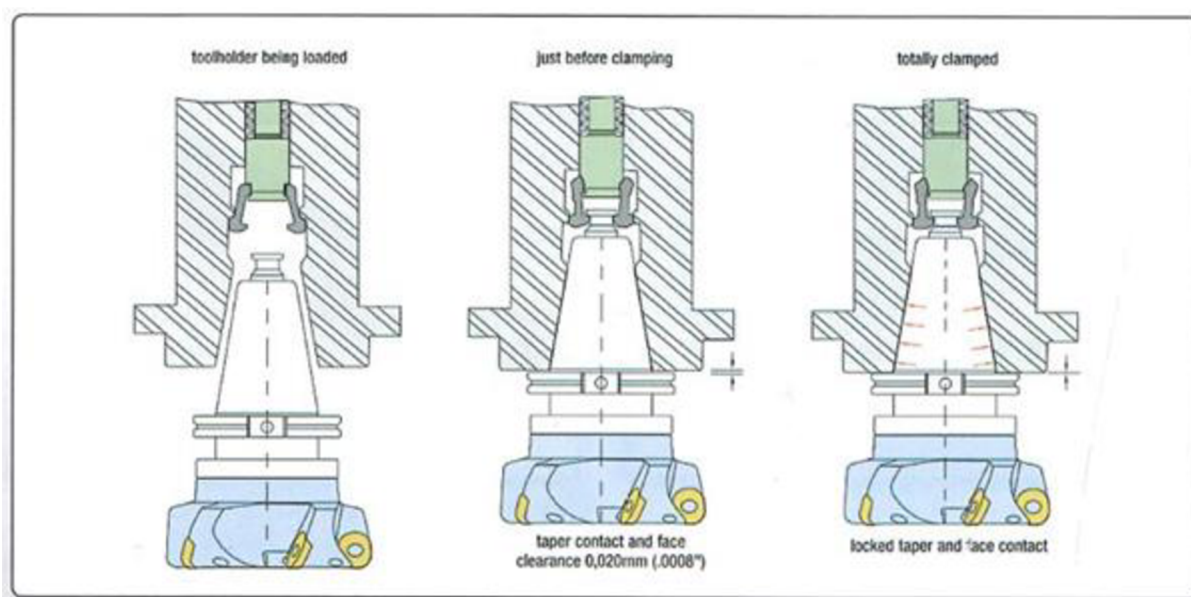
Upínací mechanismus je velmi důležitou součástí vřetena. Musí zajistit rychlé, přesné a spolehlivé upnutí. Spojení musí být pevné a tuhé, aby vyhovovalo danému obráběcímu procesu. Dále musí zajistit nástroj i při výpadku energie, aby nedošlo k vypadnutí nástroje z vřetena.

Upínací mechanismus se montuje do dutiny obráběcího vřetena. Pro správnou funkci musí být dutina vyrobená přesně podle specifikace výrobce. Výrobci obráběcích strojů obvykle nedisponují potřebnými technologiemi pro velmi přesnou výrobu vnitřních dosedacích válcových ploch a polygonů přímo v tělesech vřeten. Proto se uplatňují koncepce oddělených upínacích mechanismů, které se montují jako funkční celky do válcových dutin vřetena. Při opotřebení upínacího mechanismu, v případě prasknutí předepnuté pružiny nebo v případě jiné poruchy se jednoduše vymění celý funkční celek. Nevýhodou jsou větší rozměry vřeten.

3.1 UPNUTÍ STRMÝCH KUŽELŮ 7:24

3.1.1 UPNUTÍ POMOCÍ KLEŠTIN

K zadní části držáku je přišroubován upínací čep, za který se zachytí speciálně tvarovaná upínací kleština. Předepnuté pružiny vyvolávají upínací sílu a vtahují kleštinu dovnitř dutiny vřetena. Pro upnutí a odepnutí nástroje musí být vřeteno vybaveno hydromechanickou, elektromechanickou nebo pneumatickou upínací jednotkou, která musí vyvolat axiální sílu v opačném směru působení pružin. Daná síla musí být větší než síla předepnutých pružin, aby se kleština mohly rozevřít a povysunout.



Obr. 19 Upínání nástrojové stopky založené na kuželu 7:24 pro rotační nástroje [1]

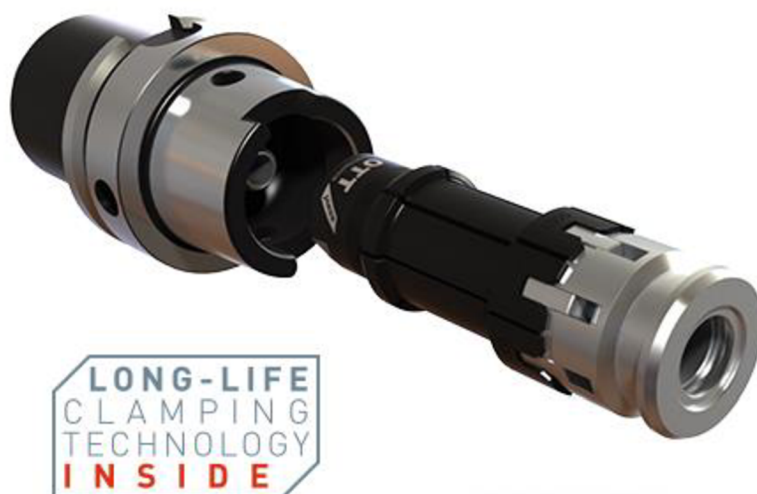
3.1.2 UPNUTÍ POMOCÍ KULIČKOVÉHO MECHANISMU

Upnutí kuželu pomocí kuliček je podobné jako použití kleštiny. Využívá se zde také tvaru dutiny vřetene a tvaru upínacího čepu v koncové části držáku. Kuličky o vysoké tvrdosti při pohybu tažné tyče v dutině vřetena kopírují jeho tvar a sevrou nebo uvolní upínací čep. Tím dojde k upnutí nebo uvolnění držáku nástroje. Využívá se také předepnuté pružiny a upínací jednotky, aby nedošlo k vypadnutí nástroje při výpadku energie.

3.2 UPNUTÍ HSK

HSK má upínací mechanismus zevnitř kuželové stopky. Ten je tvořen dvěma kleštinami. Upnutí probíhá vtažením jedné kleštiny do druhé, ta se rozpíná v dutině stopky a upíná tím držák nástroje. Při upnutí kuželu HSK dochází k elastické deformaci a upnutí držáku na čelní i kuželové ploše. Jelikož je upínání provedeno zevnitř upínače a upínací síla působí na jeho vnitřní plochy, tak při zvyšování otáček dochází k ještě lepšímu upnutí vlivem odstředivé síly.

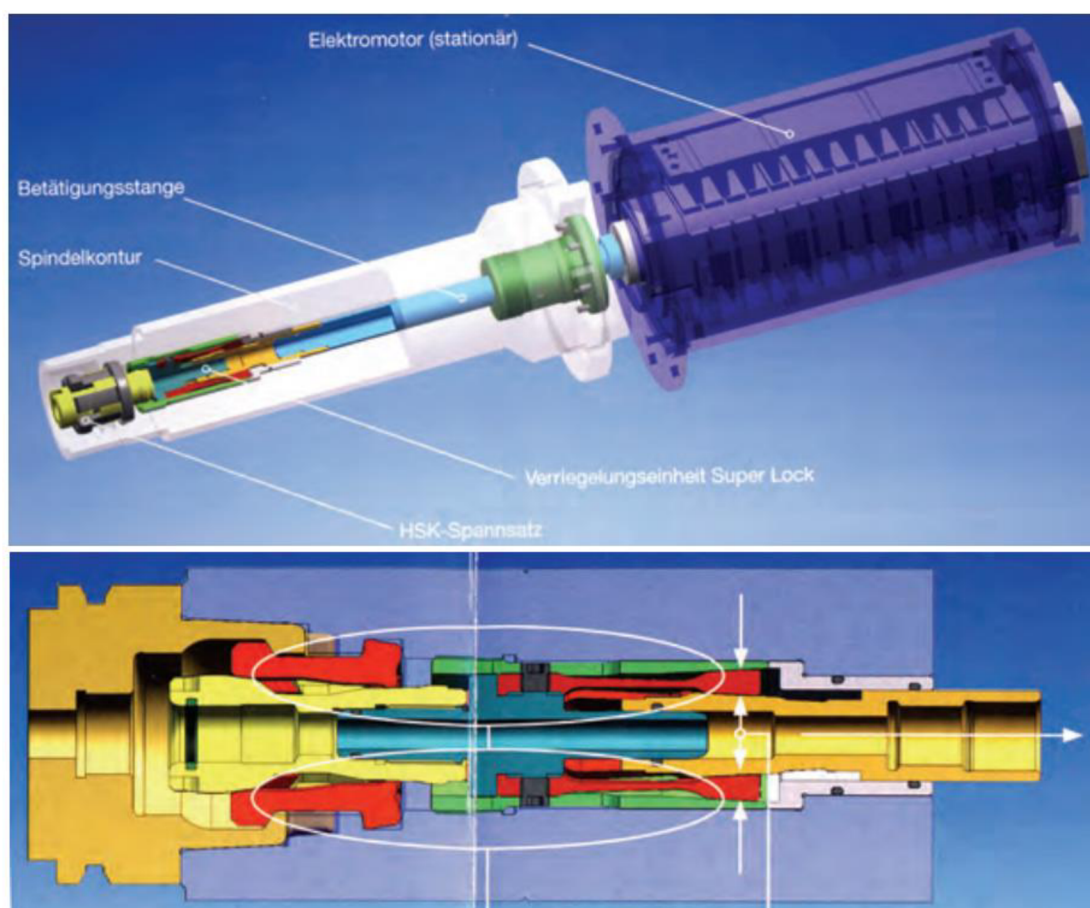
Upínací síla a zajištění proti vypadnutí z vřetena lze vyřešit podobně jako u kuželů 7:24 pomocí talířové pružiny a upínací jednotky.



Obr. 20 Upínání jednotka kuželu HSK firmy OTT Jakob [13]

V aplikacích vyžadujících častou výměnu nástrojů, např. ve výrobě automobilových dílů, se stává nástrojové rozhraní a nástrojový upínač kritickou částí vřetena. Opatřované rozhraní ztrácí tuhost i přesnost upnutí. U upínačů dochází nejčastěji k praskání upínacích pružin a k poškození rotační jednotky. Firma Röhmm prezentovala upínání nástrojů systémem clamp-by-wire, který nepotřebuje klasické talířové pružiny a hydraulický odepínací válec. Pro frézovací vřetena systém sestává ze dvou hlavních prvků: mechanické upínací a odepínací

jednotky a samojistného upínacího mechanismu. Upínací jednotka je tvořena elektromotorem, který přes převod vysouvá tažnou tyč. Ta provádí upnutí/odepnutí nástroje přes samojistný mechanismus, který zaručuje bezpečné upnutí nástroje bez požadavku na trvalou tažnou sílu. [13]



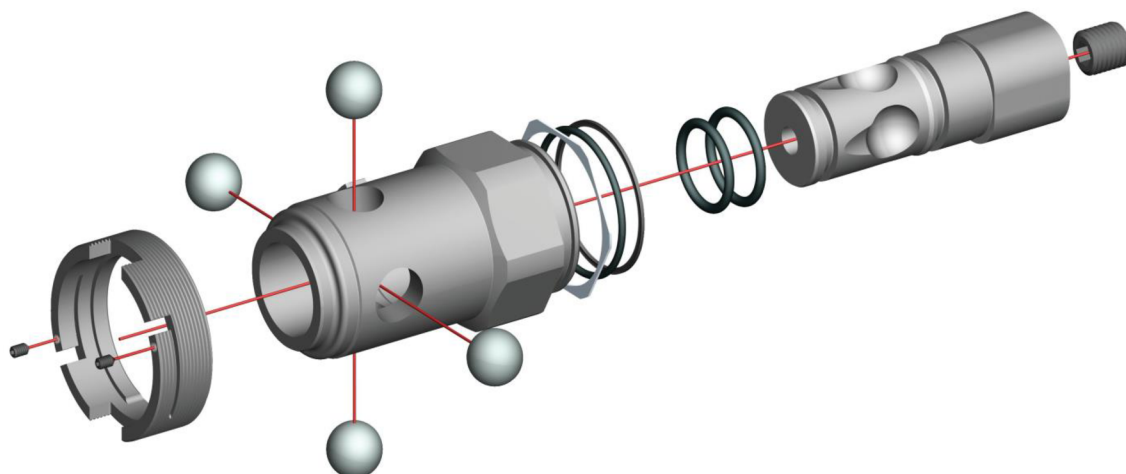
Obr. 21 Nahoře upínací jednotka clamp-by-wire, dole samojistný upínací mechanismus Röhml [13]

3.3 UPNUTÍ KM A KM4X

Upínání rozhraní KM a KM4X je realizované pomocí mechanismu s kuličkami. Princip je podobný jako upínání pomocí vnitřní kleštiny. Po vložení držáku do vřetene se pomocí tvaru a pohybu tažné tyče vysunují kuličky do otvorů v držáku, tím se zajistí jeho přesné a tuhé upnutí. Starší držák KM se upíná pomocí dvou kuliček a novější KM4X pomocí čtyř kuliček. Upínací síla u KM4X je větší a rovnoměrnější.



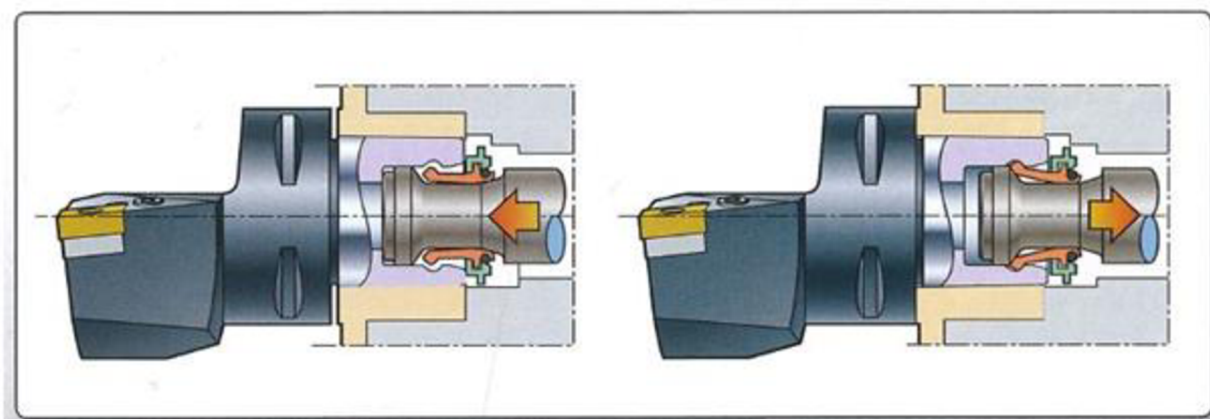
Obr. 22 KM4X držák a upínací mechanismus [15]



Obr. 23 KM4X upínací kuličkový mechanismus [10]

3.4 UPNUTÍ POLYGONŮ CAPTO

Upínání rozhraní Capto je vnitřní stejně jako u HSK, stopka je vtahována do kuželové dutiny vřetena pomocí tažné tyče. Ta ovládá rozepínatelné kleštiny působící na šikmou plochu její dutiny a v rozepnuté poloze je fixuje. Kuželová stopka je vtahována do dutiny vřetena s předpětím tak, aby bylo dosaženo kontaktu mezi dosedací plochou příruby a čelem vřetena. Podle zamýšlené aplikace se nabízí několik způsobů upnutí. Tažná tyč může být ovládána hydromechanickým, pneumatickým nebo elektromechanickým zařízením.



Obr. 24 Upínání nástrojů Capto [Sandvik Coromant] [1]



4 POROVNÁNÍ NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKŮ

Pro snadnější orientaci v problematice nástrojových držáků je v několika tabulkách shrnuto jejich možné použití, výhody, nevýhody a další parametry. Všechny uvedené držáky nástrojů se vyrábí ve více velikostech. Jejich použití je možné u malých obráběcích center i u velkých obráběcích strojů. Volba držáku bude tedy záviset na požadavku zákazníka a především na konkrétní výrobě. Například při obrábění velkých svařovaných dílů, kde se nástroje nemění tak často a vystačíme si s otáčkami do 15 000 [ot*min⁻¹], bude z finančního hlediska vhodnou volbou kužel 7:24. Naopak při složitějším obrábění menších součástí, kde se často mění nástroje, budeme požadovat držák vhodný pro rychlou výměnu a HSC, např. držák Capto.

Tab. 5 Výhody / nevýhody držáků nástrojů

Typ nástrojového držáku	Výhody	Nevýhody	Max otáčky [ot*min ⁻¹]
ISO, MAS BT, CAT 	<ul style="list-style-type: none"> - nízká pořizovací cena 	<ul style="list-style-type: none"> - malá tuhost upnutí - nevhodné pro HSC - nízká axiální přesnost 	15 000
BIG-PLUS 	<ul style="list-style-type: none"> - velká tuhost upnutí - axiální opakovatelnost upnutí - možnost HSC - minimalizace vibrací 	<ul style="list-style-type: none"> - pořizovací cena - každý upínač použitelný pouze pro 1 vřeteno 	40 000
HSK 	<ul style="list-style-type: none"> - velká tuhost upnutí - možnost HSC 	<ul style="list-style-type: none"> - pořizovací cena 	40 000
KM 	<ul style="list-style-type: none"> - velká tuhost upnutí - možnost HSC 	<ul style="list-style-type: none"> - pořizovací cena 	50 000
KM4X 	<ul style="list-style-type: none"> - velká tuhost upnutí - možnost HSC - obrábění velmi tvrdých materiálů 	<ul style="list-style-type: none"> - pořizovací cena 	50 000
CAPTO 	<ul style="list-style-type: none"> - flexibilita a modularita - vysoká stabilita upnutí - vysoká ohybová tuhost - vysoká tuhost v krutu - možnost HSC 	<ul style="list-style-type: none"> - složitost výroby - pořizovací cena 	40 000

Tab. 6 Použití držáků nástrojů

Typ nástrojového držáku	použití
ISO, MAS BT, CAT	<ul style="list-style-type: none"> - dle velikostí: 30 – velmi malé stroje 40 – malé stroje 50 – středně velké stroje 60 – velmi velké stroje - používá se pro běžné obrábění do 15 000 [ot*min⁻¹], kde nejsou kladeny velké nároky na přesnost výroby a na rychlost výměny nástroje. jsou vhodné pro frézování i soustružení
BIG-PLUS	<ul style="list-style-type: none"> - je určen primárně pro HSC až do 40 000 [ot*min⁻¹] - nelze jej měnit mezi jednotlivými stroji
HSK	<ul style="list-style-type: none"> - použitelné dle velikostí od malých až po velmi velké stroje - především pro sériovou výrobu, kde se uplatní HSC obrábění a velká rychlost výměny nástroje - HSK-T vhodné i pro soustružnické operace
KM	<ul style="list-style-type: none"> - použitelné dle velikostí od malých až po velmi velké stroje - především pro sériovou výrobu, kde se uplatní HSC obrábění a velká rychlost výměny nástroje - velmi vhodné i pro soustružnické operace
KM4X	<ul style="list-style-type: none"> - použitelné dle velikostí od malých až po velmi velké stroje - vhodné i pro soustružnické operace - použití především tam, kde je potřeba velmi velký úběr materiálu a využití velkého ohybového momentu
CAPTO	<ul style="list-style-type: none"> - použitelné dle velikostí od malých až po velmi velké stroje - především pro sériovou výrobu, kde se uplatní HSC obrábění a velká rychlost výměny nástroje - modularita se vyplatí především tam, kde má více strojů capto upínací systém - velmi vhodné i pro soustružnické operace

ZÁVĚR

Automatická výměna nástrojů je nedílnou součástí moderních obráběcích strojů. Má zásadní vliv na snižování neproduktivního času a tím i zvyšování produktivity stroje. Zvýšila se také kvalita obrábění díky přesnějšímu upnutí nástrojů. V neposlední řadě je zvýšena bezpečnost práce.

Cílem práce byla rešerše nástrojového rozhraní u obráběcích strojů s AVN. Je zaměřena na držáky nástrojů a způsob upnutí nástrojů ve vřetení stroje.

V první části práce je provedena rešerše běžně používaných koncepcí AVN. Jsou popsány principy používaných výměn, jejich výhody a nevýhody. Snahou výrobců je zvyšovat počet nástrojů v zásobníku a snižovat čas výměny nástroje. Jsou známy zásobníky, které mají kapacitu přes 500 nástrojů. Rychlost výměny u těchto koncepcí bývá větší než u systémů s menším počtem nástrojů v zásobníku. Pokud je hlavní prioritou rychlost výměny, zásobníky mají menší počet nástrojů, ale rychlost výměny nástroje je i pod 1s. Snaha do budoucna je poměrně jasná, zapracovat tyto výhody do jednoho stroje a mít co největší počet nástrojů s co nejmenší dobou výměny nástroje.

Další část práce je věnována samotným držákům. Jsou popsány nejpoužívanější nástrojové držáky napříč kontinenty. S vývojem obráběcích strojů postupuje i vývoj držáků nástrojů. V dobách, kdy vřetena nedosahovala vysokých otáček, nebylo třeba držáků, které jsou pro vysoké otáčky použitelné. S rozvojem vysokorychlostních vřeten vznikaly různé modifikace starších držáků, jako jsou BIG-PLUS nebo NIKKEN 3LOCK. Později vznikly nové typy jako HSK, KM, Capto a jiné.

Zaměřil jsem se jak na nejpoužívanější držáky nástrojů, tak na nejnovější trendy v této oblasti. Novinkou v této oblasti jsou držáky KM4X, které snesou velký ohybový moment a mohou tak využít naplno možnosti stroje. Tím lze zajistit velký úběr materiálu i u velmi tvrdých slitin a kompozitů.

Nakonec jsou pro přehlednost a snadnou orientaci do několika tabulek shrnuty nejdůležitější parametry vybraných držáků.

Vzhledem k vývoji moderních technologií v průmyslu je zřejmé, že budoucnost patří vysokorychlostnímu (HSC) obrábění. V současnosti ovšem spousta společností využívá starší technologii vyvinutou před desítkami let. To je způsobeno zejména finanční stránkou, kdy přechod ze starších držáků na novější rozhraní je velmi drahý a v mnohých případech je použití této starší technologie dostačující. I přes finanční náročnost je již dnes velké množství společností, které tyto moderní HSC držáky používají.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [2] *Chiron* [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.chiron.de/>
- [3] *Tratec* [online]. Liberec [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.tratec.cz/vyroba/periferie-prislusenstvi-kovoobrabecich-stroju/systemy-automaticke-roboticke-vymeny-nastroju-pro-cnc-obrabeci-centra/>
- [4] *Gifu Enterprise Co., Ltd.* [online]. Shanghai [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: <http://www.atcgifu.com/html/product-v15.htm>
- [5] *Struers* [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné z: http://www.duravision.com/cz/duravision_side4.html
- [6] *Tools-n-Gizmos* [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.tools-n-gizmos.com/specs/Tapers.html>
- [7] *Sandvik* [online]. Stockholm, 2012 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/bigplus>
- [8] *T-support* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.t-support.cz/kat/rozhrani-drzak-obrabeci-stroj-4>
- [9] *Haimer* [online]. Igenhausen [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.haimer.de/produkte/werkzeugaufnahmen/din-69893-hsk-a-hsk-e-hsk-f.html>
- [10] *Kennametal* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: http://www.kennametal.com/en/about-us/news/new-km4x_-spindle-connection--from-kennametal-delivers-maximum-s.html
- [11] *SANDVIK Coromant* [online]. [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/coromant_cpto
- [12] *Upínače nástrojů (4): Rozhraní držák - obráběcí stroj* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-4-rozhrani-drzak-obrabeci-stroj_8500.html
- [13] *Vřetena a jejich komponenty* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.czspos.cz/akce/20100225.emo2009/14_vretena_a_jejich_komponenty.pdf



- [14] *OTT Spanntechnik Jakob* [online]. Lesen [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.ott-jakob.de/hsk/>
- [15] *Technika a trh* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.technikaatrh.cz/obrabeni/prebornik-v-obrabeni-titanu>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

AVN	Automatická výměna nástrojů
HSC	High Speed Cutting
CNC	Computer Numerical Control
JIS	Japanese Industrial Standards
ISO	International Organization for Standardization
DIN	Deutsches Institut für Normung
ANSI	American National Standards Institute
Ot*min ⁻¹	počet otáček za minutu
s	sekunda



SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Automatická šestipolohová revolverová hlava [5]	10
Obr. 2 Zásobník AVN typ Pick-up firmy Gifu [4]	11
Obr. 3 AVN typ zásobník-výměník firmy Gifu [4]	12
Obr. 4 Pneumatická výměna nástrojů firmy Chiron [2]	13
Obr. 5 Šestiosý robot od firmy ABB s efektozem pro výměnu nástrojů [3]	14
Obr. 6 Upínací stopky rozdělené podle počtu dosedacích ploch [1]	16
Obr. 7 Držák SK/ISO [6]	17
Obr. 8 Rozměrové parametry SK/ISO [6]	17
Obr. 9 Držák MAS BT [6]	18
Obr. 10 Držák CAT [6]	19
Obr. 11 Zobrazení dosedací plochy BIG-PLUS [7]	20
Obr. 12 Systém Nikken 3Lock [12]	21
Obr. 13 Držák HSK-A [6]	22
Obr. 14 Držák KM [6]	23
Obr. 15 dosedací plochy KM4X [1]	24
Obr. 16 Čelní válcová fréza s držákem KM4X pro velký úběr materiálu [10]	24
Obr. 17 Modulární nástrojový systém Coromant Capto [11]	25
Obr. 18 Stavebnicová nástrojová soustava rotačních a nerotačních nástrojů Capto [11]	26
Obr. 19 Upínání nástrojové stopky založené na kuželu 7:24 pro rotační nástroje [1]	27
Obr. 20 Upínání jednotka kuželu HSK firmy OTT Jakob [13]	28
Obr. 21 Nahoře upínací jednotka clamp-by-wire, dole samojistný upínací mechanismus Röh [13]	29
Obr. 22 KM4X držák a upínací mechanismus [15]	30
Obr. 23 KM4X upínací kuličkový mechanismus [10]	30
Obr. 24 Upínání nástrojů Capto [Sandvik Coromant] [1]	31



SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Rozměrové parametry MAS BT [6].....	18
Tab. 2 Rozměrové parametry CAT [6].....	19
Tab. 3 Rozměrové parametry HSK-A [6]	22
Tab. 4 Rozměrové parametry KM [6]	23
Tab. 5 Výhody / nevýhody držáků nástrojů	33
Tab. 6 Použití držáků nástrojů.....	34