



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

REŠERŠE NÁSTROJOVÝCH UPÍNACÍCH ROZHRAŇÍ FRÉZOVACÍCH STROJŮ

DESCRIPTION OF TOOL CLAMPING INTERFACE AT MILLING MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ COUFAL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN PAVLÍK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Coufal

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

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

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:

Rešerše nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů

v anglickém jazyce:

Description of tool clamping interface at milling machines

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Proved'te 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:

Proved'te 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

www.mazak.com

www.okuma.com

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

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 15.11.2012



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan



ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá způsoby upínání nástrojů pro frézovací stroje. První část obsahuje základní rozdělení nástrojových upínačů. Popisuje možnosti upínání nástrojových držáků ve vřetenu obráběcího stroje. Druhá část práce se zaměřuje způsoby upnutí malých frézovacích nástrojů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nástrojový upínač, nástroj, stopka, vřeteno, fréza, obrábění.

ABSTRACT

My bachelor thesis is about the ways of clamping of tools for milling cutters. The first part contains the basic distribution of toolholders. It describes the possibilities of clamping of toolholders in the spindle of machine. The second part is concentrated on clamping of the small milling tools.

KEYWORDS

Toolholder, tool, shank, spindle, millin cutter, machining.



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

COUFAL, T. *Rešerše nástrojových upínacích rozhraní frézovacích strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 42 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24. května 2013

.....

Tomáš Coufal



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Janovi Pavlíkovi za spolupráci, pomoc, cenné rady a připomínky při tvorbě mé závěrečné bakalářské práce. Chtěl bych také poděkovat svým rodičům a všem blízkým za podporu při mém vysokoškolském studiu na Fakultě strojního inženýrství.



OBSAH

Úvod	9
1 Základní popis nástrojového upínače	10
2 Typy upínacích rozhraní	11
2.1 Nástrojový upínač typu ISO/DIN	11
2.2 Nástrojový upínač typu MAS BT 403	14
2.3 Nástrojový upínač typu CAT	15
2.4 Nástrojový upínač typu BIG-PLUS®	16
2.5 Nástrojový upínač typu HSK	18
2.6 Nástrojový upínač Morse kužele	20
2.7 Nástrojový upínač se systémem Coromant CAPTO®	21
3 Upínače pro malé frézovací nástroje s válcovým dříkem	26
3.1 Kleštinový upínač	26
3.2 Weldon a Whistle Notch upínače	29
3.3 Tribos® Upínač	30
3.4 Hydraulické upínače	32
3.5 Tepelné upínače	35
3.6 Upínací systém i Lock	36
Závěr	38
Seznam použitých zkratk a symbolů	42



ÚVOD

V době, kdy jsou technické pokroky ve strojírenství veliké a zároveň se také zvyšují nároky na kvalitu výroby a tím i na použité obráběcí technologie pro nástrojové upínací rozhraní frézovacích strojů, má výběr správného upínače nástrojů zásadní význam. Rozhodující jsou v konečné fázi výsledky, kterých lze s nástrojem dosáhnout.

Upínače nástrojů představují nezbytný mezičlánek mezi obráběcím strojem, jeho vřetenem nebo nástrojovým suportem a vlastním řezným nástrojem. Aby bylo možno využít všech možností, nabízených současnými výkonnými a přesnými obráběcími stroji na straně jedné a přesnými, výkonnými nástroji s požadovanou životností na straně druhé. Je nezbytné, aby upínače splňovaly řadu požadavků, bez kterých by zhotovení přesného obrobku s přijatelnými náklady nebylo vůbec možné. Upínač musí zajistit přesnou polohu nástroje, resp. jeho břitu vůči souřadnému systému stroje. Musí i při vysokých otáčkách přenést s dostatečnou rezervou síly a krouticí momenty, vznikající působením řezných sil na nástroj. Je žádoucí, aby jeho rozměry minimálně omezovaly přístup řezného nástroje k opracované ploše, aby byla možná potřebná identifikace nástroje i jeho výměna během pracovního cyklu. Moderní upínače musejí mít i možnost přivést řeznou kapalinu až do těla upnutého nástroje. Vzhledem k podmínkám jejich práce musejí splnit náročná hlediska bezpečnosti. Vyhovění všem těmto požadavkům znamená, že moderní upínač je výrobkem nejen vysoce přesným, ale i bez ohledu na složitost jeho konstrukce, výrobkem velmi náročným [32].

Protože existuje řada modifikací a vzájemných kombinací konkrétního upínacího rozhraní nástroj/upínač a upínač/vřeteno obráběcího stroje a všechny jsou dodávány v řadě velikostních provedení, je nabídka velmi široká a správně se v ní orientovat není úplně jednoduché [33].

V první části práce se věnuji upínacímu rozhraní stroj/upínač, tzn. nástrojové upínací rozhraní frézovacích strojů. Dále se pak zabývám rozdělením podle typu upínače s popisem základních informací k jednotlivým typům a jejich výhody a nevýhody. V návaznosti na to se druhá část práce zabývá upínací pro malé frézovací nástroje s válcovou stopkou. Tyto upínače jsou na rozhraní upínač/nástroj a rozdělené jsou podle způsobu upnutí nástroje v upínací. V práci jsou o nich uvedeny základní informace a popsány jejich výhody a nevýhody při obrábění.



1 ZÁKLADNÍ POPIS NÁSTROJOVÉHO UPÍNAČE

Pro snadnou orientaci v problematice a odlišnosti jednotlivých typů upínačů, si v této kapitole popíšeme základní části nástrojového upínače:



Obr. 1 Nástrojový upínač [23]

Nástrojový upínač používaný ve frézovacích strojích by měl splňovat následující požadavky:

- spolehlivý systém přesného upnutí do vřetene stroje. K tomu nám slouží upínací stopka držáku, která může mít různé tvary (válcová, kuželová nebo kombinovaná z rovinných a nebo válcových částí).
- schopnost přenášet zatížení od řezných odporů
- předpoklady pro rychlou výměnu nástroje (manuální, automatická).
- vyvážení upínače (z důvodu asymetrické konstrukce upínače, kanálů pro chladicí kapalinu).
- přívod chladicí kapaliny na nástroj nebo nástrojem.
- tlumení vibrací vlivem obráběcího procesu na povrch součásti.
- dostatečná tuhost držáku
- životnost
- univerzálnost
- cena.



2 TYPY UPÍNACÍCH ROZHRANÍ

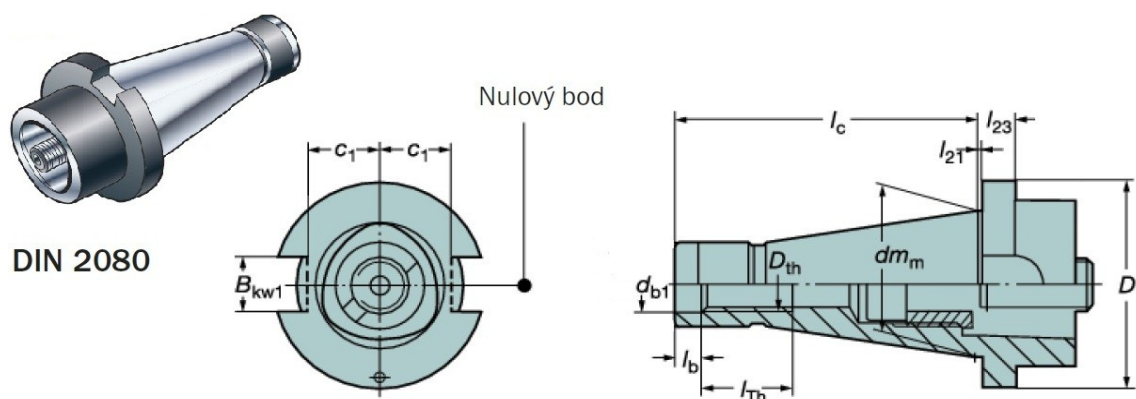
První část práce se zabývá rozhraním stroj – držák. Nástrojové upínače můžeme dělit podle různých hledisek.

Způsoby dělení nástrojových upínačů:

- podle tvaru stopky:
 - s válcovou stopkou
 - s kuželovou stopkou
 - se stopkou polygonového tvaru
 - jiný tvar stopky.
- drážky s kuželovou stopkou lze dělit podle délky stopky na upínači:
 - s dlouhou stopkou
 - s krátkou stopkou.
- podle způsobu vyvinutí upínací síly:
 - samosvorné
 - nesamosvorné.
- podle kuželovitosti stopky upínače:
 - Morse kužel
 - kužel 1:10
 - kužel 7:24
 - kužel 1:20
 - jiné typy kuželů.

2.1 NÁSTROJOVÝ UPÍNAČ TYPU ISO/DIN

Hlavním znakem ISO/DIN upínače je strmý metrický kužel na upínací stopce držáku s kuželovitostí 7:24. Označení upínače je odvozeno s německého názvu Steilkegel, což znamená v překladu strmý kužel. Je to jeden ze starších typů upínačů nástrojových držáků, které se používají pro ruční výměnu nástrojů, ale také pro strojní výměnu. Držáky pro automatickou výměnu nástroje se od těch pro ruční výměnu liší tím, že mají lichoběžníkovou drážku na obvodě příruby. Ta slouží pro správné polohování výměny nástroje a přesné upnutí do vřetene CNC stroje.



Obr. 2 Nástrojový upínač DIN 2080 pro ruční výměnu nástroje [7][8]



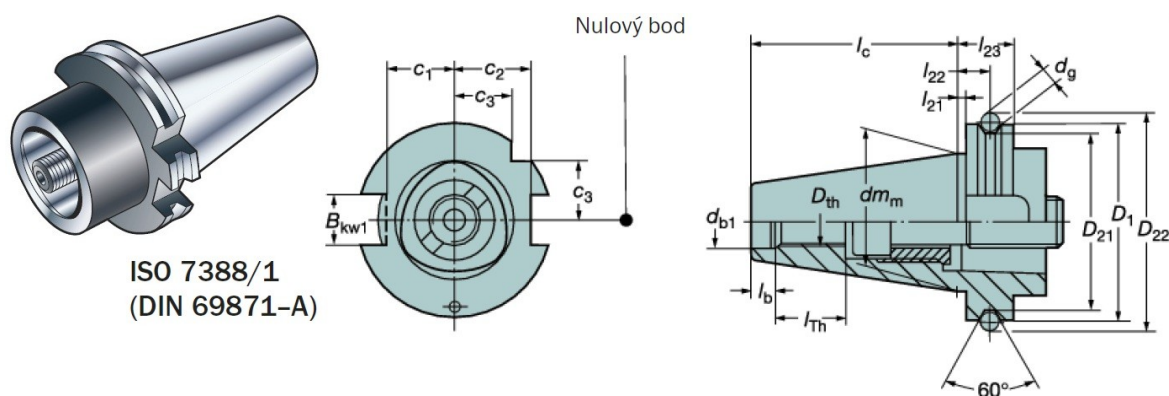
Tab. 1 Základní rozměry dle Obr. 2 pro upínač DIN 2080 [8]

Kužel:	Rozměry: [mm]										
	D_1	dm_n	D_{th}	d_{b1}	l_c	l_{21}	l_{23}	l_b	l_{Th}	B_{kw1}	C_1
ISO 40	63	44,45	M16	17	93,4	1,6	11,6	8,2	23,8	16,1	22,8
ISO 45	80	57,15	M20	21	106,8	3,2	15,2	10	30	19,3	29,1
ISO 50	97,5	69,85	M24	25	126,8	3,2	15,2	11,5	45,4	25,7	35,5

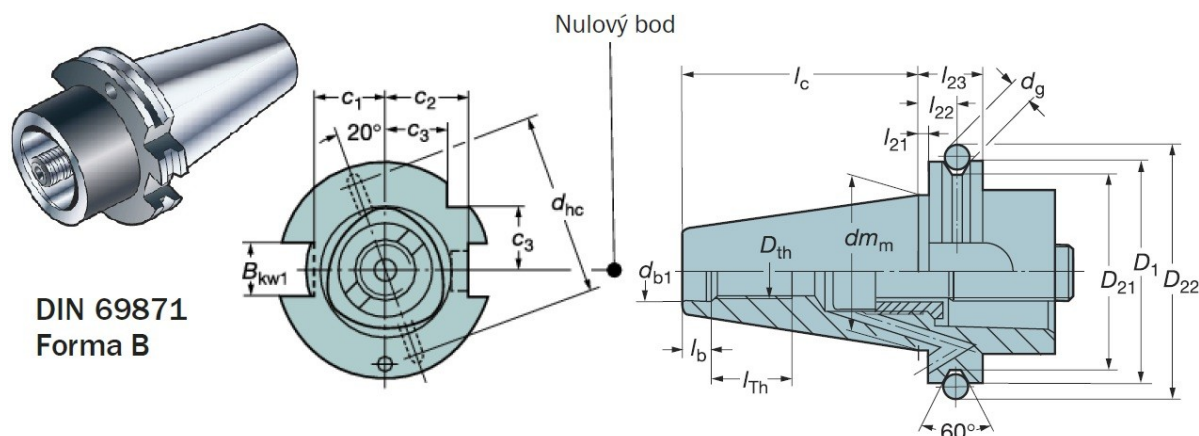
Nevýhodou ruční výměny nástroje je možnost znečištění kužele upínače při manipulaci a jeho hygiena upínače, nebezpečí poškození, delší čas pro výměnu nástroje a možnost poranění obsluhy. Ruční výměna se v dnešní době používá už jenom zřídka na klasických frézách a u jednodušších CNC stojů.



Obr. 3 CNC frézka Jr. Table Top Milling s ruční výměnou nástrojů [37]



Obr. 4 Nástrojový upínač ISO 7388/1 (DIN 69871-A) pro automatickou výměnu nástroje [7][8]



DIN 69871
Forma B

Obr. 5 Nástrojový upínač ISO 7388 (DIN 69871- B)
pro automatickou výměnu nástroje a přívod řezné kapaliny přírubou upínače [7][8]

Tab. 2 Základní rozměry dle Obr. 4, 5 pro upínače ISO 7388/1 (DIN 69871- A/ B) [8]

Upínač	Kůžel ISO	Rozměry: [mm]																	
		B _{KW1}	C ₁	C ₂	C ₃	d _{b1}	d _g	d _{hc}	d _m	D ₁	D ₂₁	D ₂₂	l _c	l _b	l _{Th}	l ₂₁	l ₂₂	l ₂₃	D _{th}
Typ - A	30	16,1	16,4	19	15	13	7	-	31,75	50	44,3	59,3	47,8	5,5	18,5	3,2	11,1	19,1	M12
	40	16,1	22,8	25	18,5	17	7	-	44,45	63,55	56,25	72,35	68,4	8,2	23,5	3,2	11,1	19,1	M16
	45	19,3	29,1	31,3	24	21	7	-	57,15	82,2	75,25	91,35	82,7	10	30	3,2	11,1	19,1	M20
	50	25,7	35,5	37,7	30	25	7	-	69,85	97,5	91,25	107,3	101,6	11,5	35,5	3,2	11,1	19,1	M24
Typ - B	40	16,1	22,8	25	18,5	17	7	54	44,45	63,55	56,25	72,35	68,4	8,2	23,8	3,2	11,1	19,1	M16
	50	25,7	35,5	37,7	30	25	7	84	69,85	97,5	91,25	107,3	101,6	11,5	35,5	3,2	11,1	19,1	M24

ISO/DIN upínače se vyrábí v různém provedení, které jsou závislé na typu stroje, na kterém jsou použity. Můžou být s vnitřním chlazením přiváděné přírubou upínače nebo středem upínače či bez chlazení upínačem. Standardně se vyrábí ve velikostech 30, 35, 40, 45, 50, 60 [8]:

- 30, určené pro velmi malé stroje
- 35, určené pro malé stroje
- 40, určené pro střední stroje
- 50, určené pro středně velké stroje
- 60, určené pro velmi velké stroje.

Dnes se nejvíce používají nástrojové upínače německých norem DIN 69871 typ A, typ B pro automatickou výměnu nástroje a pro ruční výměnu nástroje se používají držáky normy DIN 2080. Tomu odpovídá česká státní norma ČSN 220434.

Výhodou těchto typů nástrojových držáků je jednoduché nasazení a uvolnění z vřetena stroje, to způsobuje velká strmost kužele stopky upínače. Další z výhod jsou nízké výrobní náklady upínače z důvodů jeho symetrické konstrukce a tvarové jednoduchosti stopky.

Nevýhodou upínačů tohoto typu je nízká tuhost upnutí ve vřeténku stroje a nezaručená axiální poloha nástroje. Nelze je použít také pro velmi vysoké otáčky vřetene nad 15 000 ot/min⁻¹.



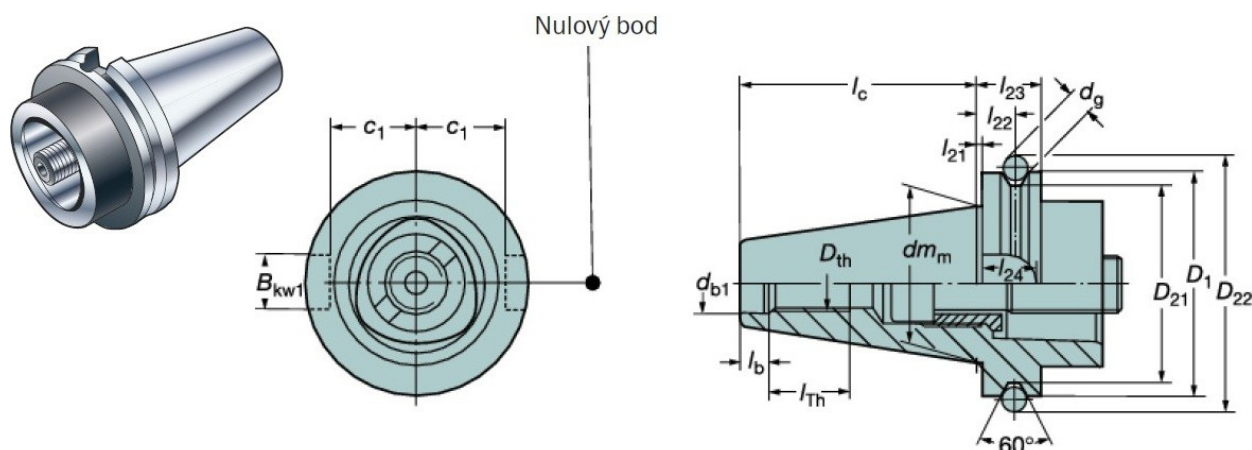
Vzhledem k výhodám a nevýhodám tohoto držáku se tento typ nepoužívá pro vysokorychlostní obrábění i z důvodů jeho velké hmotnosti, ale běžněji se používá na strojích pro klasické obrábění. Rozsah otáček, který je dán typem upínače odpovídá také jeho vyvážení. Toto určuje výrobce pro svoje výrobní řady [26].

Standardní kvalita vyvážení činní:

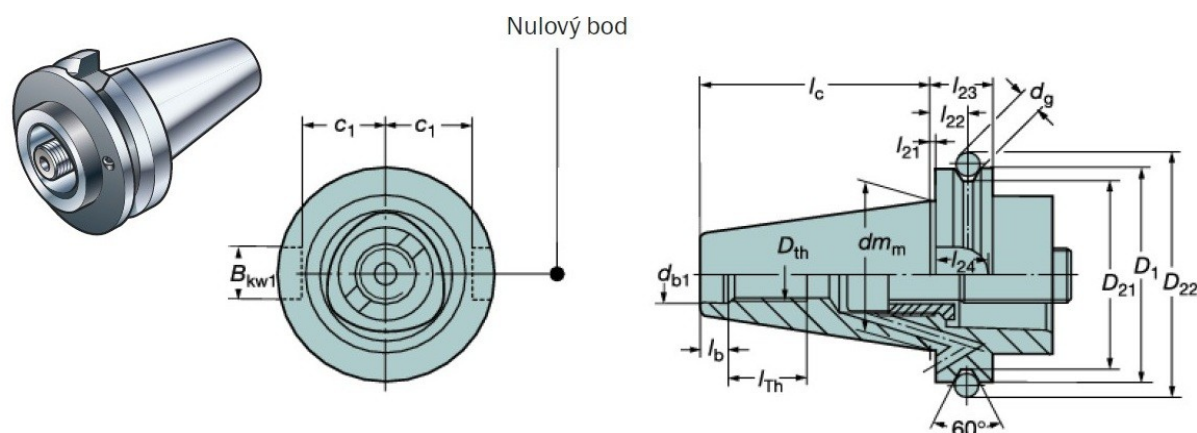
- ISO/DIN 30: G 6,3 / 15000 ot. min⁻¹
- ISO/DIN 40: G 6,3 / 15000 ot. min⁻¹
- ISO/DIN 50: G 6,3 / 10000 ot. min⁻¹

2.2 NÁSTROJOVÝ UPÍNAČ TYPU MAS BT 403

Upínač MAS BT 403 má stejnou kuželovitost jako upínač ISO/DIN, tedy 7:24. Přesto má i nějaké odlišnosti, patří k nim zejména délka upínací stopky, šířka a průměr příruby, drážka příruby pro unášecí kámen vřetene není pro frézovaná celou šířkou příruby a rozměry drážky pro automatickou výměnu nástroje. Původem jsou tyto upínače z Japonska a nejvíce jsou používány v Asii. Postupem času a prodejem CNC obráběcích frézovacích center japonské výroby firem (Mazak, Mori-Seiky, Okuma atd.) do celého světa.



Obr. 6 Nástrojový upínač MAS BT 403 pro automatickou výměnu nástroje [7][8]



Obr. 7 Nástrojový upínač MAS BT 403 – B, pro automatickou výměnu nástroje a přívod řezné kapaliny přírubou upínače [7][8]



Tab. 3 Základní rozměry dle obr. 6, 7 pro upínač MAS BT 403 a MAS BT 403-B. [8]

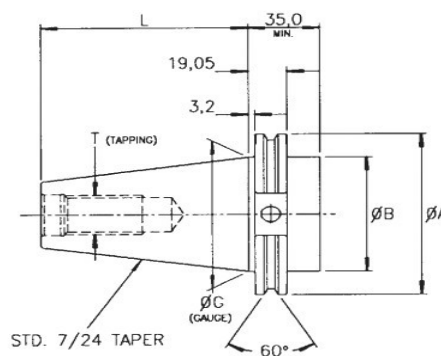
Upínač	Kůžel ISO	Rozměry: [mm]															
		B _{KW1}	C ₁	d _{b1}	d _g	dm _m	D ₁	D ₂₁	D ₂₂	l _c	l _b	l _{Th}	l ₂₁	l ₂₂	l ₂₃	l ₂₄	D _{th}
MAS BT 403	30	16,1	16,3	12,5	8	31,75	46	38	54,144	48,4	7	17	2	13,6	22	17	M12
	40	16,1	22,6	17	10	44,45	63	53	75,68	65,4	9	21	2	16,6	27	21	M16
	50	25,7	35,4	25	15	69,85	100	85	119,02	101,8	13	32	3	23,2	38	31	M24
MAS BT – Typ B	40	16,1	22,6	17	10	44,45	63	53	75,68	65,4	9	21	2	16,6	27	21	M16
	50	25,7	35,4	25	15	69,85	100	95	119,02	101,8	13	32	3	23,2	38	31	M24

Tyto upínače jsou normalizované podle JIS-B 6339. Mají hodně podobné použití jako upínač ISO/DIN. Jsou vhodné pro automatickou výměnu nástroje, ale také pro ruční výměnu. Jejich použití je pro klasické obrábění. Nejčastěji jsou používány ve velikostech 30, 40, 50, jak je vidět v tab. 3. Maximální otáčky toho upínače jsou 15 000 ot.min⁻¹ a stupeň vyvažování je G 6,3. Výhodou tohoto upínače je, že po upnutí je kůžel vtažen axiálně do vřetena stroje, přičemž elastická deformace nám zvyšuje přenos krouticího momentu.

2.3 NÁSTROJOVÝ UPÍNAČ TYPU CAT

Upínač CAT patří do skupiny držáků s kuželovitostí 7:24, je tedy hodně podobný držákům ISO/DIN a MAS BT 403. Tyto upínače se vyvinuly v severní Americe, kde je používala firma Caterpillar pro svoje CNC obráběcí centra. Mohou se nazývat také jako „V – příruba“ [35].

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 Nástrojový upínač typu CAT, pro automatickou a ruční výměnu nástroje [35]

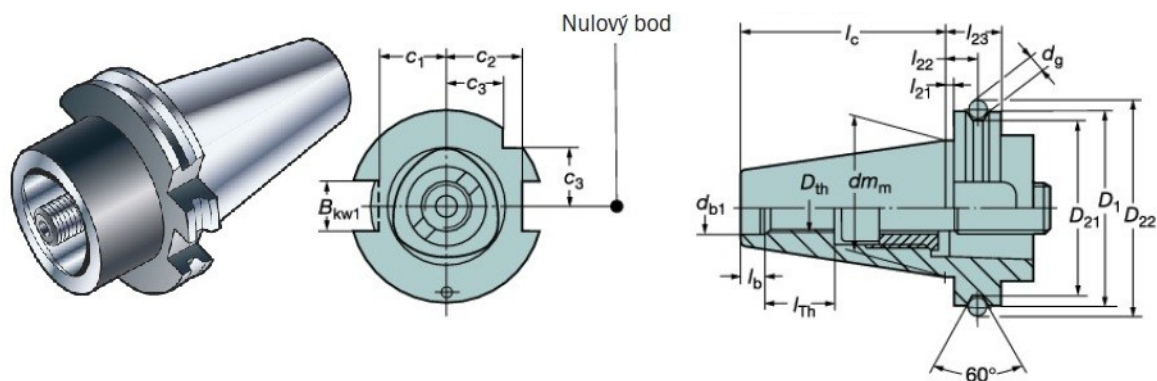
Rozšířené jsou nejvíce v Americe a Asii, kde se rozšířily s distribucí CNC frézovacích strojů americké produkce, v Evropě se vyskytují velmi zřídka. Základní rozměry a tvary jsou hodně podobné oběma předcházejícím upínačům ISO/DIN a MAS BT 403. Tento upínač je popsán normou ANSI B5.50 a běžně se vyrábí ve velikostech 40, 50 a 60. Jak už bylo řečeno, podobnost tohoto upínače odpovídá dvěma předcházejícím upínačům a z toho plyne jejich použitelnost v praxi. Tyto upínače jsou vhodné pro ruční a automatickou výměnu nástroje a převážně se používají pro klasické obrábění. Použití maximálních otáček je 12 000 ot.min⁻¹ a stupeň vyvážení je G 6,3.



2.4 NÁSTROJOVÝ UPÍNAČ TYPU BIG-PLUS®

Klasické nástrojové upínače s kuželovitostí 7:24 měly řadu nevýhod při vysokých otáčkách, ale také hrála roli jejich tuhost. To vedlo k vývoji novějších způsobů upínání a k vývoji novějších upínačů.

Řešením bylo použití dvojitého kontaktu na čele ploché příruby a na kuželové ploše stopky upínače. Dvojitého kontaktu je možné dosáhnout mezi čelem příruby a čelní plochou vřetene, tím máme lepší přenos krouticího momentu od vřetene na upínač [13].

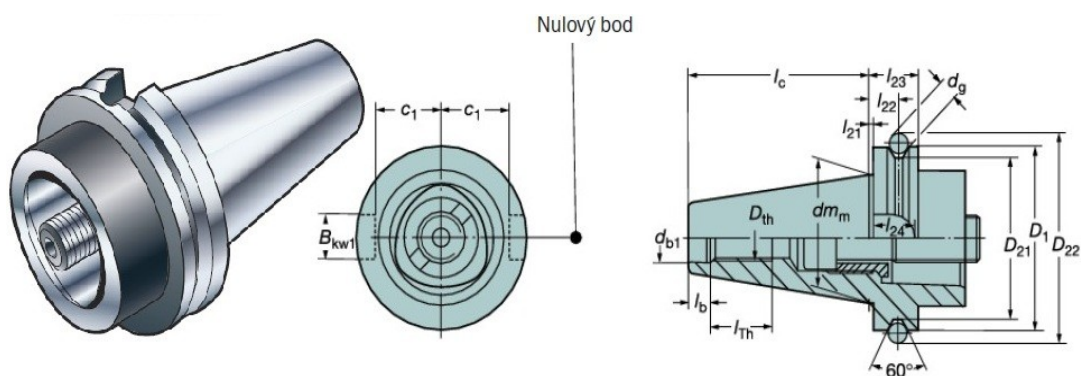


Obr. 9 Nástrojový upínač typu BIG PLUS (ISO 7388/1) pro automatickou a ruční výměnu[7][8]

Tab. 4 Základní rozměry dle obr. 9 pro upínač BIG PLUS (ISO 7388/1) [8]

Upínač	Kužel ISO	Rozměry: [mm]																	
		B _{KW1}	C ₁	C ₂	C ₃	d _{b1}	d _g	d _{hc}	d _m	D ₁	D ₂₁	D ₂₂	l _c	l _b	l _{th}	l ₂₁	l ₂₂	l ₂₃	D _{th}
BIG PLUS ISO (7388/1)	40	16,1	22,8	25	18,5	17	7	-	44,45	63,55	56,25	72,35	68,4	8,2	23,8	1	11,1	19,1	M16
	50	25,7	35,5	37,7	30	25	7	-	69,85	97,5	91,25	107,3	101,6	11,5	35,5	1,5	11,1	19,1	M24

Nástrojový upínač BIG-PLUS má také výhodu v tom, že se může používat se všemi typy držáků se stopkou, která má kuželovitost 7:24, což jsou v předešlých kapitolách zmíněné ISO/DIN, MAS BT 403 a CAT. Podle toho můžeme také upínač BIG PLUS rozdělit na dva typy, první je modifikace upínače ISO 7388/1, která se ve velikostech 40, 50 liší jenom tím, že má více jak o polovinu menší délku l_{21} (šířka osazení upínače do vřetene), což je zřetelné z tab. 2 a 4 a obr. 4 a 10. Druhá modifikace upínače je MAS BT 403, který se ve stejných velikostech 40, 50 liší v šířce l_{21} , ale také v délce l_{24} (délka drážky pro přenos krouticího momentu od vřetene stroje na upínač a v zápětí na upnutý nástroj), to je zřetelné z tab. 3 a 5 a obr. 6 a 10.

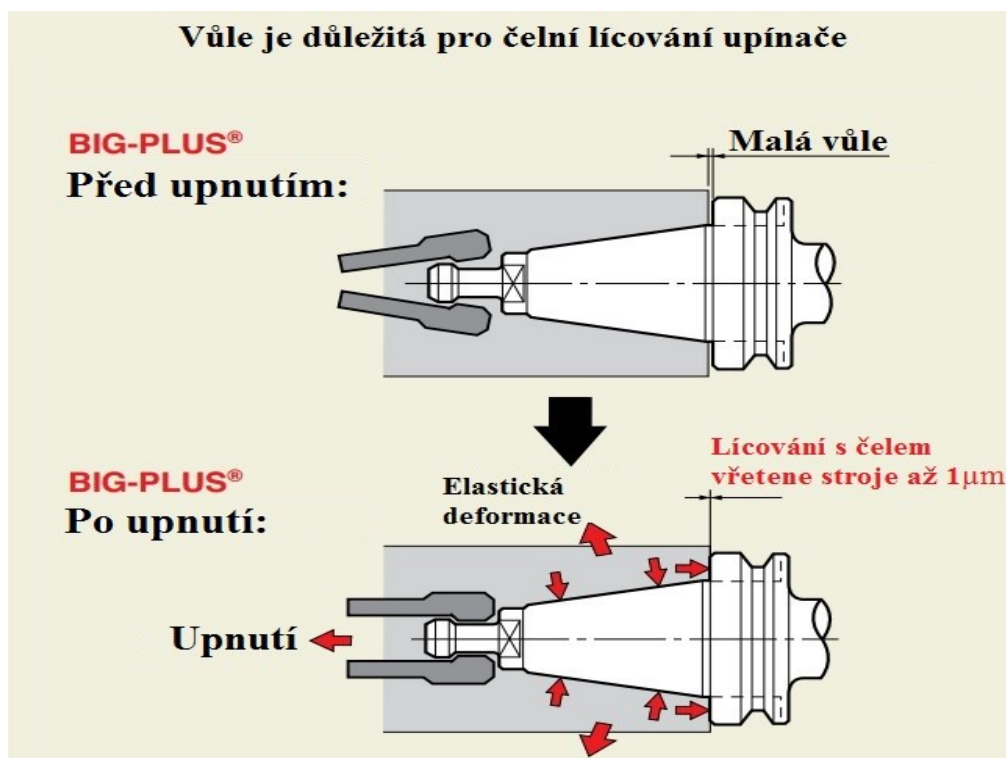


Obr. 10 Nástrojový upínač typu BIG PLUS (MAS BT 403) pro automatickou a ruční výměnu[7][8]

Tab. 5 Základní rozměry dle obr. 10 pro upínač BIG PLUS (MAS BT 403) [8]

Upínač	Kružel ISO	Rozměry: [mm]															
		B _{kw1}	C ₁	d _{b1}	d _g	d _m	D ₁	D ₂₁	D ₂₂	l _c	l _b	l _{th}	l ₂₁	l ₂₂	l ₂₃	l ₂₄	D _{th}
BIG PLUS (MAS BT 403)	40	16,1	22,6	17	10	44,45	63	53	75,68	65,4	9	21	1	16,6	27	22	M16
	50	25,7	35,4	25	15	69,85	100	85	119,0 2	101,8	13	32	1,5	23,2	38	32,5	M24

Další z výhod toho upínacího systému je mnohem vyšší tuhost upnutí držáku ve vřetenu stroje než je třeba u MAS BT 403, vyšší opakovatelnost upnutí do vřetene až 1 μ m, tlumení vibrační vzniklých od obrábění mezi kuželem upínače a stěnami dutiny vřetene vlivem elastických deformací. Dobře zřetelné je to z obr. 11 [13].

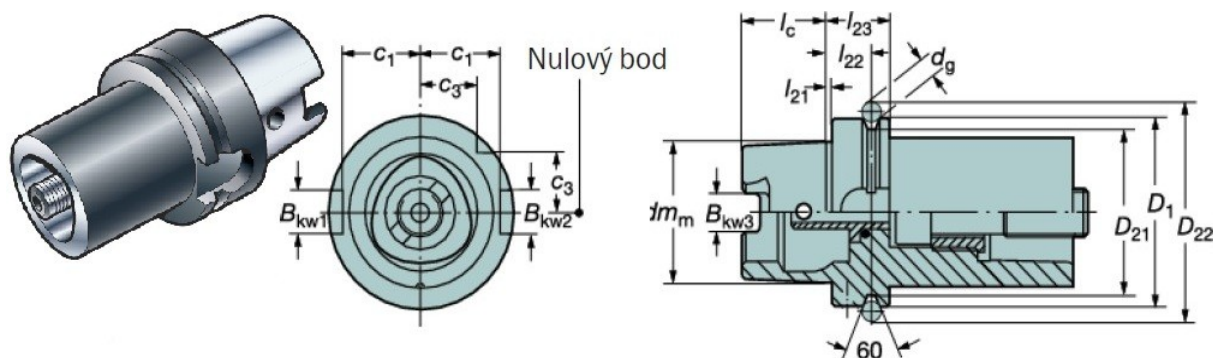


Obr. 11 Upnutí nástrojového upínače do vřetene a lícování s čelem vřetene typu BIG PLUS [9]



2.5 NÁSTROJOVÝ UPÍNAČ TYPU HSK

Označení upínače HSK pochází z německého názvu Hohlschaftkegel, což je v překladu do českého jazyka dutý kuželový upínač a je tedy zřejmé, že byl vyvinut v Německu a standardizovaný je podle normy DIN 69893. Nejvíce je tento upínač rozšířen v Evropě a postupem času se dostává i do ostatních částí světa s postupem prodeje evropských CNC obráběcích strojů. Tento upínač patří do skupiny s nesamosvorným kuzelem stopkami a s kuželovitostí 1:10 [17].



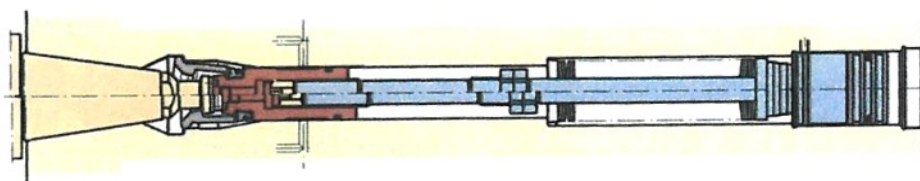
Obr. 12 Nejpoužívanější nástrojové upínače typu HSK A/C pro automatickou a ruční výměnu nástroje[7][8]

Tab. 6 Základní rozměry dle Obr. 12 pro upínače HSK A/C [8]

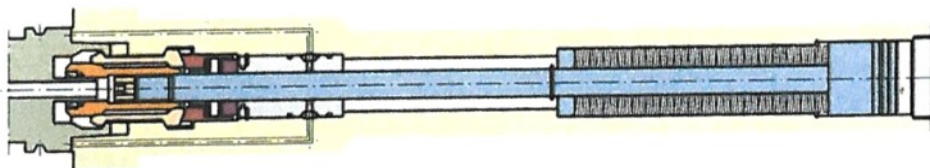
Upínač	Kužel ISO	Rozměry: [mm]													
		B _{KW1}	B _{KW2}	B _{KW3}	C ₁	C ₃	d _g	d _m	D ₁	D ₂₁	D ₂₂	l _c	l ₂₁	l ₂₂	l ₂₃
HSK A/C	40	11	9	8	17	12	4	30	40	34,8	45	16	4	20	24
	50	14	12	10,5	21	15,5	7	38	50	43	59,3	20	5	23	31
	63	18	16	12,5	26,5	20	7	48	63	55	72,3	25,7	6,3	24,3	32,3
	80	20	18	16	34	25	7	60	80	70	88,8	32	8	26	34
	100	22	20	20	44	31,5	7	75	100	92	109,75	40	10	30	39

Jeden ze základních rozdílů upínačů ISO a HSK je ten, že ISO upínač má mezi čelem vřetene a stopkou držáku malou vůli. Na rozdíl od HSK upínače, který dosedá na čelo vřetene a je částečně deformován. Tím je zaručeno přesného a správného upnutí ve vřetenu. Další z výhod je to že odstředivé síly působí na kleštinu upínače v příznivém směru vzhledem k upínací stopce (upínání zevnitř), tedy zvyšující se otáčky způsobují lepší a bezpečnější upnutí nástroje.

Upnutí u ISO upínače je provedeno svazkem talířových pružin přes kuličky, které vtahují nástrojový upínač do dutiny vřetene přes upínací šroub, našroubovaný do zadní části nástrojového držáku (viz. obr. 13). HSK držák je upínán za vnitřní dutinu upínače táhly a předepjatými talířovými pružinami. Tedy jedna kleština vtahuje druhou kleštinu, která se následně rozevře a je vtažena do dutiny vřetene. (viz. obr. 14) HSK upínač se částečně deformuje k tomu, aby mohl být bezpečně a správně upnut a má tak mnohem lepší vlastnosti při upnutí než upínač ISO [1].



Obr. 13 Princip upnutí ISO/DIN upínače do vřetene stroje [1]



Obr. 14 Princip upnutí HSK upínače do vřetene stroje [1]

HSK systém upínačů má šest typů držáků (A, B, C, D, E, F), které se vyrábí v devíti velikostech (25, 32, 40, 50, 63, 80, 125, 160). Uživatel má tak možnost si vybrat vhodný držák, který bude splňovat jeho požadavky pro určitou aplikaci.

Typ HSK-A a C jsou určeny pro přenos malého krouticího momentu a pro střední až vysoké otáčky vřetene, typ A je pro automatickou výměnu nástroje a typ C pro ruční výměnu nástroje, chlazení u těchto typů upínačů je řešeno středem držáků.

Typ HSK- B a D jsou určeny pro přenos velkého krouticího momentu a pro střední až vysoké otáčky vřetene, typ B je pro automatickou výměnu nástroje a typ D pro ruční výměnu nástroje, chlazení u těchto typů upínačů je realizováno přes přírubu držáků.

Typ E a F jsou určeny pro přenos malých krouticích momentů a pro velmi vysoké otáčky vřetene tzv. HSC obrábění (High Speed Cutting) oba typy jsou určeny pro automatickou výměnu nástroje a chlazení je řešeno přes střed držáku [17].

Výhodou HSK upínače oproti ISO držáku je axiální přesnost a veliká tuhost upnutí, rychlejší čas pro automatickou výměnu nástroje z důvodů lehčí konstrukce HSK upínače. Další z výhod je to že můžeme tyto držáky použít pro HSC obrábění což ISO držáky nesplňují.

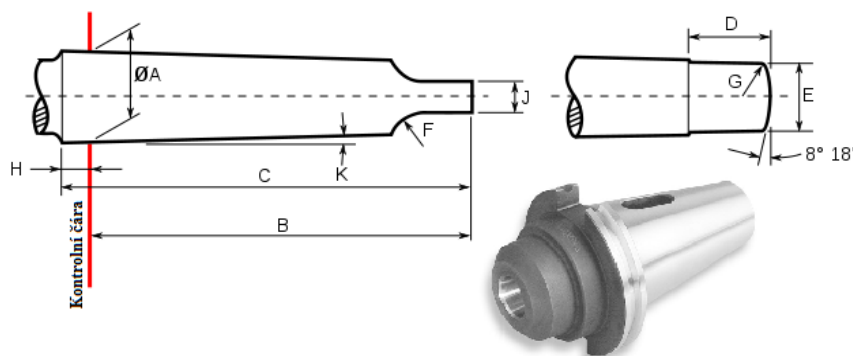
Nevýhodou tohoto upínacího systému je vysoká pořizovací cena vzhledem k náročné výrobě a vyšším nárokům na upínače. Pokud chceme použít dané hodnoty upínačů pro použití, musíme udržovat upínače a vřeteno stroje v čistotě. Docílíme tak stejného upnutí při každém použití a také s ohledem na životnost upínače. Držáky pro HSC je třeba dobře vyvážit, aby při vysokých otáčkách nevznikala nevyváženost nástroje a tím horší povrch obrobené plochy než předpokládáme.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je zřejmé, že tento typ upínače je vhodný pro přesné obrábění a také pro HSC obrábění, pro hromadnou výrobu složitějších komponentů. Jsou vhodné také pro zkrácení časů při automatické výměně nástroje, má velmi dobrou opakovatelnost upnutí. Používá se např. HSK 63 pro max. 24 000 ot.min⁻¹ a HSK 100 pro max. 15 000 ot.min⁻¹, maximální použití těchto upínačů sahá až ke 40 000 ot.min⁻¹, což už je vysokorychlostní obrábění [1].

2.6 NÁSTROJOVÝ UPÍNAČ MORSE KUŽELE

Upínač s Morse kuželem je jeden z nejstarších způsobů upnutí nástrojů do vřetene stroje. Vymyslel jej Stephan A. Morse, který také vynalezl šroubovitý vrták a upínače s Morse kuželem vyvinul pro lepší upnutí do vřetene stroje a vrtání děr kolem roku 1864. Po rostoucí poptávce upínacích kuželů pro vrtání děr, byl v roce 1868 ve Washingtonu D.C. uznán upínací kužel jako státní etalon. Poté se stal standardizovaným v mnohých organizacích dle norem (ISO 296, DIN 228-1) a rozšířil se do celého světa [24].

Morse upínač má kuželovitost stopky zhruba 1:20 (malinko se liší dle velikostí), což je samosvorný nástrojový upínač. To znamená, že kužel trnu upínače dokáže zamezit pohybu mezi plochou kužele upínače a plochou kužele vřetene stroje bez dalšího zdroje upínací síly. Tento typ držáku se vyrábí v osmi velikostech a označuje se 0 – 7 jak je zřejmé z tab. 7. a základní rozměry, které jsou zde taky uvedeny a jsou zobrazeny na obr. 15. V dnešní době se upouští od těchto upínačů, i když se pořád vyrábí pro starší stroje, kterých je po celém světě velká spousta. Tyto upínače se považují za zastaralé, ale stále se užívají jako redukce z jiných typů dutin [22].



Obr. 15 Tvar a rozměr Morse upínačů, které byly použity i pro šroubovitě vrtáky [22], níže znázorněný upínač s ISO/DIN kuželem a stopkou pro Morse kužel- je zřetelná i drážka pro vyrážení [28]

Tab. 7 Základní rozměry Morse upínače dle jejich velikostí [22]

Morse kužel označení:	Rozměry Morse kužele: [mm]										
	Kuželovitost	ØA	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"



Jednou z výhod toho upínače je rychlost a snadnost upnutí do dutiny upínače, kde se používá ve většině případů v dnešní době jako redukce a také pro upnutí do kleštinového upínače. Tím že je kužel samosvorný, dobře drží v dutině upínače a musíme ho vždy z dutiny vyrazit.

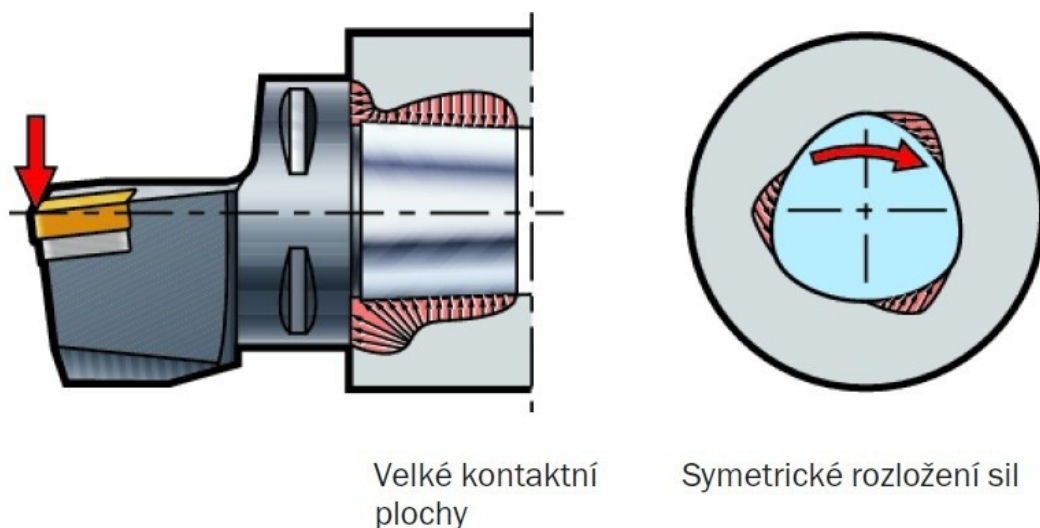
Nevýhodou tohoto upínače je, že nejde použít pro automatickou výměnu nástroje. Morse kužel má v porovnání s dnešními typy upínačů malou tuhost, je vhodnější spíše pro vrtání a méně vhodný pro frézování.

2.7 NÁSTROJOVÝ UPÍNAČ SE SYSTÉM COROMANT CAPTO®

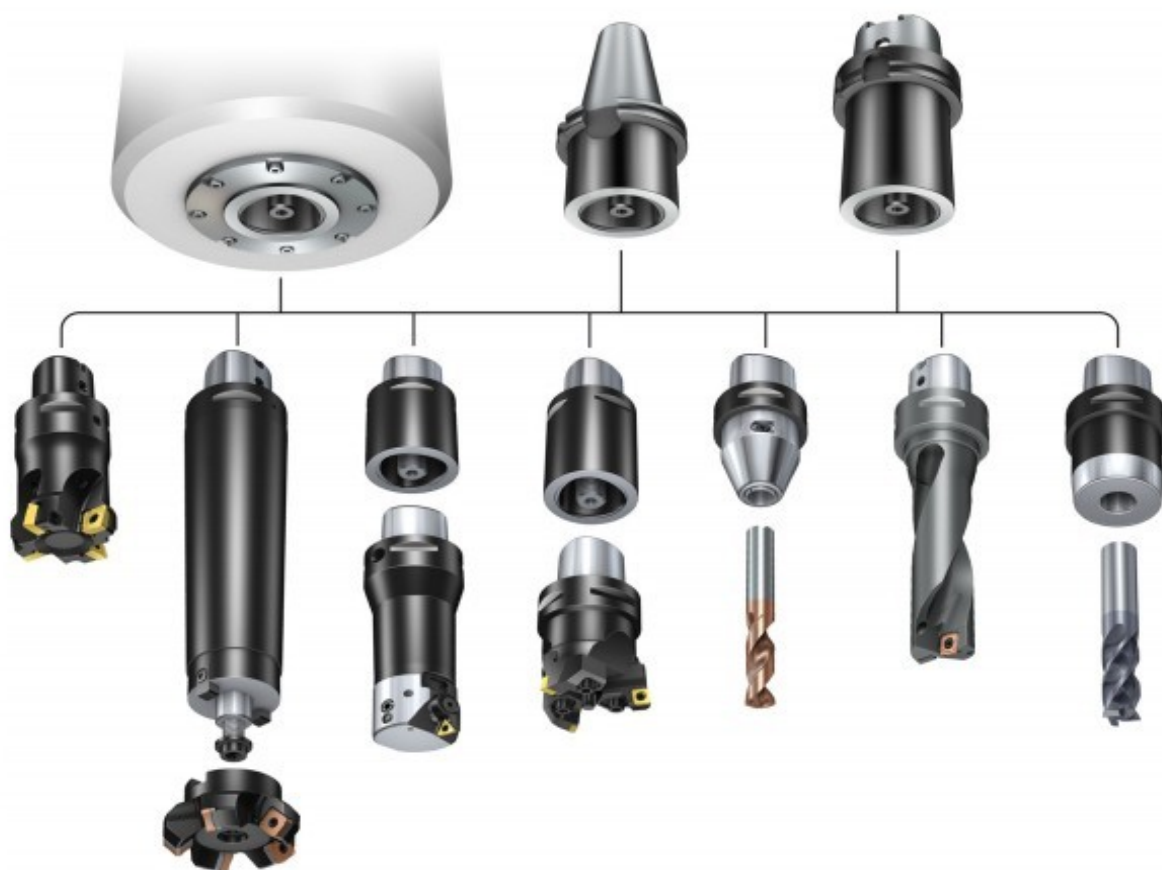
Nástrojové upínače se systémem Coromant CAPTO využívá tvarového spojení (tzv. polygonu) mezi upínačem a stopkou nástroje. Upínač má kuželovitost 1:20, to zaručuje samosvornost a zabráňuje pohybu upínače ve vřetenu obráběcího stroje, jako u upínače s Morse kuželem. Systém Coromant CAPTO vyvinula Švédská firma Sandvik Coromant. Snaha byla vyřešit nevýhody ISO/DIN, MAS BT 403 a CAT a dalších nástrojových upínačů pro CNC frézovací stroje.

Coromant CAPTO® je nejstabilnější systém pro upínání nástrojů na trhu, který umožňuje sjednocení systému upínání nástrojů v rámci celé dílny, bez ohledu na typ obráběcího stroje – soustružnické centrum, víceúčelový obráběcí stroj, stroj s ručním ovládáním nebo plně automatický. Nástrojový systém umožňuje standardizaci, snížení nákladů na skladování a zjednodušení fyzické manipulace s nástroji.

Systém spojky Coromant CAPTO s polygonálním tvarem byl poprvé představen již v roce 1990 a v průběhu let prokázal svojí výjimečnost a stal se normalizovaným typem spojky podle normy ISO 26623, modulárnost systém Coromant CAPTO je vidět na obr. 16 a 17 [8].



Obr. 16 Zobrazení působících sil na upínač CAPTO ve vřetenu stroje a řez, kde je zřetelné zamezení pootočení upínače [8]



Obr. 17 Zobrazení modulárního systému Coromant CAPTO pro upínání nástrojů [28]

Modulární systém Coromant CAPTO® se odlišuje od ostatních nástrojových upínačů hlavně tím, že zabráňuje radiálnímu natočení držáku ve vřetenu stroje pomocí polygonní stopky upínače. Může být vždy využit maximální výkon stroje za všech okolností obrábění.

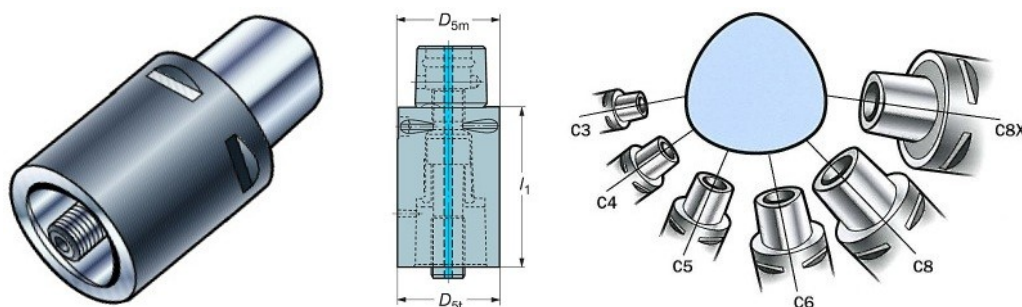
Další velké výhody, které má systém CAPTO ve srovnání s ostatními upínači pro CNC frézovací stroje jsou [8]:

- vysoká ohybová tuhost
- vysoká tuhost v krutu
- vysoká stabilita, přesnost a opakovatelnost upnutí
- bezpečnost přenosu vysokých kroutících momentů
- rychlost ruční a automatické výměny nástroje
- přívod řezné kapaliny upínačem, až na břit nástroje
- vysoká modulárnost nástrojových upínačů a nástrojů (snižuje nástrojový inventář firmy)
- minimální házení upínače a spojky CAPTO.

Nevýhodou tohoto upínacího systému je výroba polygonální stopky, která je složitější než u ostatních upínačů a vyšší pořizovací cena.



Systém CAPTO se vyrábí v šesti velikostech adaptérů, které jsou zřejmé z obr. 18 [5].



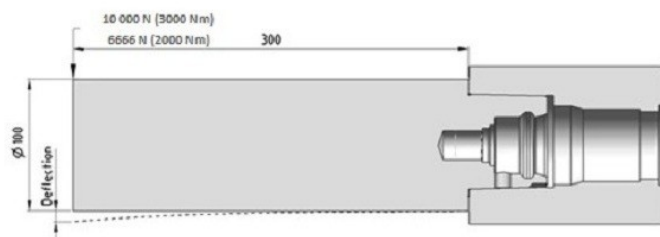
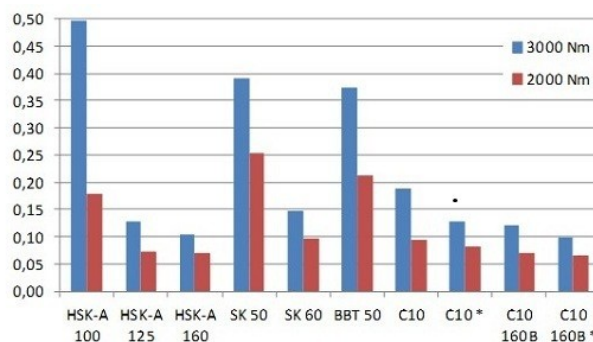
Obr. 18 Zobrazení vyráběných velikostí modulárního systému Coromant CAPTO [6]

Tab. 8 Základní rozměry adaptérů modulárního systému Coromant CAPTO dle obr. 18 [6]

Velikost stopky adaptéru	Rozměry: [mm]			Hmotnost [Kg]
	D _{5m}	D _{5t}	l ₁	
C3	32	32	60	0,4
C4	40	40	60	0,5
C5	50	50	80	1,1
C6	63	63	100	2,2
C8	80	80	100	3,6
C8X	100	100	100	5,8

Zvyšováním nároků obrábění se v dnešní době začíná objevovat také velikost C10, která se začíná prosazovat stejně jako jiné velikosti modulárního systému CAPTO. Na obr. 19 je vidět porovnání upínačů od firmy Sandvik Coromant, kdy je dán stejný maximální krouticí moment (3000 Nm a 2000 Nm) a v upínači je vždy upnut stejný prvek o stejných rozměrech. Tento prvek má rozměry délku 300 mm a průměr 100 mm. Upínače mají různou upínací sílu ve vřetenu stroje, což se poté projeví na průhybu, je to zřetelné i z grafu na obrázku vpravo.

Size	Clamping force kN	Deflection [mm/m] L=300 @ 3000Nm	Deflection [mm/m] L=300 @ 2000Nm
HSK-A 100	45	0,50	0,18
HSK-A 125	70	0,13	0,07
HSK-A 160	115	0,11	0,07
SK 50	24	0,39	0,25
SK 60	80	0,15	0,10
BBT 50	24	0,38	0,21
C10	70	0,19	0,10
C10 *	115	0,13	0,08
C10 160B	70	0,12	0,07
C10 160B *	115	0,10	0,07



Obr. 19 Srovnání vyráběných držáků Coromant CAPTO na základě průhybu a typu upínací jednotky se stejným prvkem v upínači při zatížení krouticím momentem 3000Nm a 2000Nm [3]



Systém CAPTO se převážně používá pro vysokorychlostní obrábění tzv. HSC, až do 40 000ot.min⁻¹. Všechny vysoce přesné upínače Coromant CAPTO jsou individuálně vyvážena na hodnotu G 2,5 při 25 000ot.min⁻¹ pro malé velikosti (kužel 40, HSK 32–40–50–63, Coromant CAPTO s velikostí stopky C3–C6), a G 2,5 při 14 000ot.min⁻¹ pro větší velikosti (kužel 50, HSK 100, spojka Coromant CAPTO C8) [8].

Základní držák s kuželem ISO 40 s namontovaným adapterem

Uvedené hodnoty vedou k hodnotám vyvážení zhruba G16 při 10 000ot/min podle normy ISO 1940/1.

Nevyváženost v gmm

Velikost	min	Max
C3	2	13
C4	5	25
C5	10	35



Hodnoty navyváženosti pro adaptér

Hodnoty vyvážení v gmm pro individuálně konstrukčně vyvážené adaptéry C3–C5 se pohybují mezi těmito hranicemi.

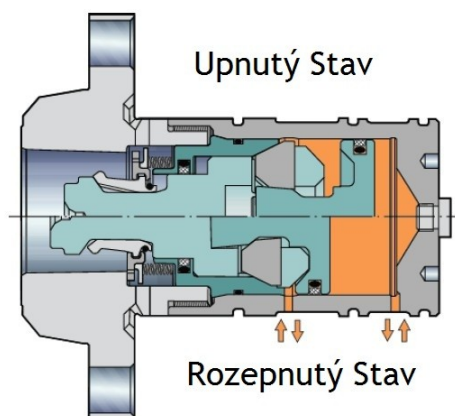
Nevyváženost v gmm

Velikost	min	Max
C3	0.3	8
C4	0.7	20
C5	1.0	30



Obr. 20 Porovnání hodnoty nevyváženosti základního držáku a adaptérů CAPTO [8]

Do modulárního systému patří také Automatická upínací jednotka, která se odlišuje od ostatních tím, že pro vyvození pohybu táhla vřetene vpřed a vzad využívá hydraulický tlak. Hydraulický tlak se využívá také pro vyvození rázu – „vyrazení“ při uvolňování obráběcího nástroje z upínací jednotky při jeho výměně. Upínací mechanismus je mechanicky samosvorný, tzn. že během obrábění nepůsobí tlak oleje. Tato zařízení pracují s hydraulickým tlakem 10 MPa u velikosti C4 a 8MPa u velikostí C5, C6, C8. Mechanismus upínací jednotky ve vřetenu stroje je zobrazen na obr. 21 [31].



Obr. 21 Mechanismus automatické upínací jednotky Coromant CAPTO ve vřetenu stroje [6]



Systém upínání Coromant CAPTO má mnoho předností a ty nám zaručují přesné obrábění na jakémkoli typu stroje od frézovacích, soustružnických center, tak i pro plně automatickou výrobu. Za tyto přednosti se však v dnešní době musí platit a hodně potenciálních zákazníků to odrazuje od nákupu tohoto typu nástrojových držáků. Většinou si je pořizují zákazníci, kteří plánují nakoupit více držáků a nástrojů modulárního systému Coromant CAPTO a osadit těmito nástroji celou výrobu v daném podniku. Pořizovací cena je sice vysoká, ale při správném využití upínačů a nástrojů při výrobě se dokáže investice rychle vrátit zákazníkovi zpět.

Po skončení patentu firmě Sandvik Coromant Co., začaly tyto typy držáku s polygonem vyrábět i ostatní světové firmy, které se zabývají výrobou nástrojových držáků pro frézování jako Iscar, Seco, BIG Kaiser a K-M. Upínací systém K-M od firmy KEHNAMETAL z USA je jedním z největších konkurentů firmy Sandvik Coromant, protože používá hodně obdobný systém upínání ve vřetenu stroje s polygonálním tvarem. Zákazník si na trhu může vybrat z veliké škály firem a jejich upínacími rozhraními, rozhodnout se může na základě ceny nebo jiných kritérií, které považuje za důležité.

Závěrem této kapitoly bych chtěl podotknout, že upínače se vyrábí v různých velikostech, které jsou určeny pro použití v daném rozsahu, tam je jejich nejvhodnější použití. Vyrábí se redukce, spojky, adaptéry, vložky upínačů z jakéhokoli typu upínače na jakýkoliv a dají se mezi sebou kombinovat. To má však dále vliv na jeho přesnost, tuhost a další parametry při obrábění součásti. Může se to promítnout také do životnosti nástroje, když je upínač málo tuhý a nepřesný.



3 UPÍNAČE PRO MALÉ FRÉZOVACÍ NÁSTROJE S VÁLCOVÝM DŘÍKEM

Druhá část mé bakalářské práce se zabývá upínači pro upínání frézovacích nástrojů s válcovým dříkem, na rozhraní upínač – nástroj. Tento způsob upínačů poskytuje mnoho variací jako upínače na rozhraní stroj – upínač v předešlé kapitole. Rozhraní poskytuje nalezení optimálního upínače pro daný nástroj, který budeme potřebovat pro obrábění.

Toto upínací rozhraní je v dnešní době důležitou součástí technologického procesu výroby. Pro upínače malých frézovacích nástrojů s válcovým dříkem jsou velice důležité požadavky na:

- přesnost upnutí nástroje,
- tuhost upnutí nástroje.

Nesplnění těchto požadavků může vést k negativním vlastnostem obrábění, a to k nekvalitnímu opracování povrchu a tím způsobit nefunkčnost součásti, k výraznému zkrácení životnosti obráběcího nástroje a to vede ke snížení přesnosti celé výroby. U těchto upínačů může nastat problém s vytahováním nástroje s upínače vlivem sil vznikajících při obrábění a to může někdy způsobit zkroucení nástroje v upínači. Tyto upínače se vyrábí v různých variacích, které jsou většinou založené na fyzikálním principu. Tyto držáky můžeme rozdělit na:

- mechanické upínače
- hydraulické upínače
- tepelné upínače
- kombinace jednotliv. typů s technologickým vývojem upínačů.

3.1 KLEŠTINOVÝ UPÍNAČ

Kleštinový upínač je nejrozšířenějším upínačem pro upínání malých frézovacích nástrojů s válcovým dříkem. Patří do skupiny mechanických upínačů. Základním prvkem toho upínače je kleština, která má za úkol co nejlépe upnout stopku nástroje do upínače. Utažení kleštiny v upínači se provádí pomocí hákového klíče.

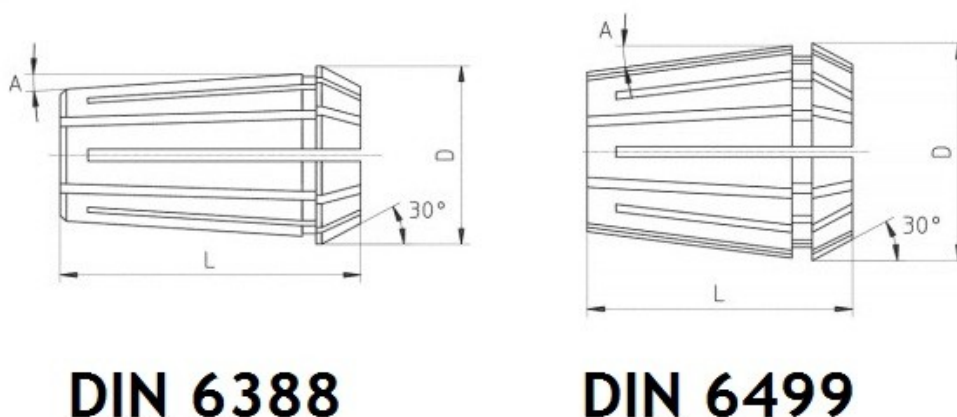
Princip kleštinového upínače spočívá v zatlačování výměnné kleštiny do kuželové dutiny upínače pomocí převlečné matice. Kleština je po obvodu opatřena zářezy, které umožňují její malou pružnou deformaci a tím upnutí nástroje. Kleštinové upnutí dává velmi dobrou přesnost a přenos kroutícího momentu. Rozsah upnutí každé kleštiny bývá 0,5 až 1 mm. K upínači je tedy nutné opatřit si kleštiny potřebných průměrů, případně celou sadu kleštin (např. 2-25 mm). Výhodou je možnost upínání libovolných průměrů (v rámci rozsahu), tedy levnějších nástrojů [36].



Obr. 22 Schéma kleštinového upínače [36], ISO 40 kleštinový upínač pro ruční výměnu nástroje [28], kleštinový upínač DIN 69871 ER 1-100 pro automatickou výměnu nástroje [14] (zleva)

Nevýhodou toho upínače je to, že musí být dodrženy velké přesnosti při výrobě upínače a kleštin. Tím že, mají kleštiny vždy omezený rozsah, je třeba mít sadu nebo jednotlivé typy kleštin pro dané nástroje, které budeme chtít upnout. Další z nevýhod těchto upínačů je velký vnější průměr matice, který nás může omezovat při frézování odsazených ploch s tímto upínačem, což vedlo k vývoji několika velikostí kleštin a upínačů. Kleštinový upínač je vhodný spíše pro klasické frézky s ruční výměnou nástroje (např. upínač ISO 40), ale také pro obráběcí centra využívající automatickou výměnu nástroje (např. upínač DIN 69871 ER). Kleštinový upínač není vhodný pro vysokorychlostní obrábění z důvodů jeho nepřesného upnutí nástroje a obvodového házení 0,01 mm, které je způsobené nevyvážeností částí upínače (tzn. kleštinou, maticí, upínačem), které mají ve výsledku velké hodnoty házení.

Kleštinové upínače typu ER je velmi rozšířený a je možné ho použít pro všechny typy upínacích držáků, které byly zmíněny v předešlé kapitole. Tento typ upínače má lepší rozsah upínání nástrojů než upínací pouzdra s kuželovou stopkou Morse. Používají se dva typy kleštin pro tento upínač, které jsou normalizované podle norem DIN 6388 – tvar A a DIN 6499 – tvar B. Jejich základní parametry jsou zakótovány na obr. 23 a v tab. 9.



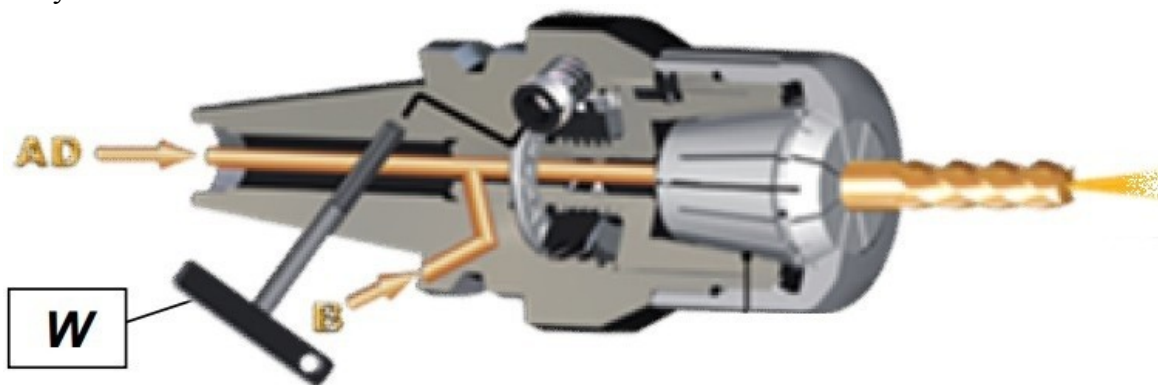
Obr. 23 Kleština typu-A dle normy DIN 6388 [19], kleština typu-B dle normy DIN 6499 [20]



Tab. 9 Základní rozměry a typy kleštiny dle Obr.23 [19], [20]

Typ kleštiny:	Označení	Rozměry kleštiny: [mm]			Rozsah upnutí: [mm]		
		D	L	A	od	do	po
DIN 6388	GRS 16	25,5	40	1\10	2	16	0,5
	GRS 20	29,8	45	1\10	2	20	0,5
	GRS 25	35,05	52	1\10	2	25	0,5
	GRS 32	43,7	60	1\10	3	32	0,5
	GRS 40	52,2	68	1\10	6	40	0,5
DIN 6499	ERC 8	8,5	13,5	8°	0,5	5	0,5
	ERC 11	11,5	18	8°	0,5	7	0,5
	ERC 12	12	19,5	8°	0,5	7	1
	ERC 16	17	27,5	8°	0,5	10	1
	ERC 20	21	31,5	8°	0,5	13	1
	ERC 25	26	34	8°	0,5	16	1
	ERC 32	33	40	8°	1	20	1
	ERC 40	41	46	8°	2	30	1
	ERC 50	52	60	8°	5	34	1
	ERC 60	61	60	8°	10	40	1
	ERC 90	91	90	8°	10	60	1

V důsledku vyšších nároků na upínače při obrábění a přesnosti upnutí, vznikají nové typy kleštinových upínačů, které se v dnešní době dostávají, až do oblasti vysokorychlostního obrábění. S postupem vývoje vzniká několik způsobů, jak lze zlepšit vlastnosti starších kleštinových upínačů. Jedním z nich je kleštinový upínač M457 od firmy NAREX MTE s.r.o., který můžeme vidět na obr. 24.



Obr. 24 Kleštinový upínač M457 od firmy NAREX MTE s.r.o. [21]

Hlavní výhody tohoto upínače:

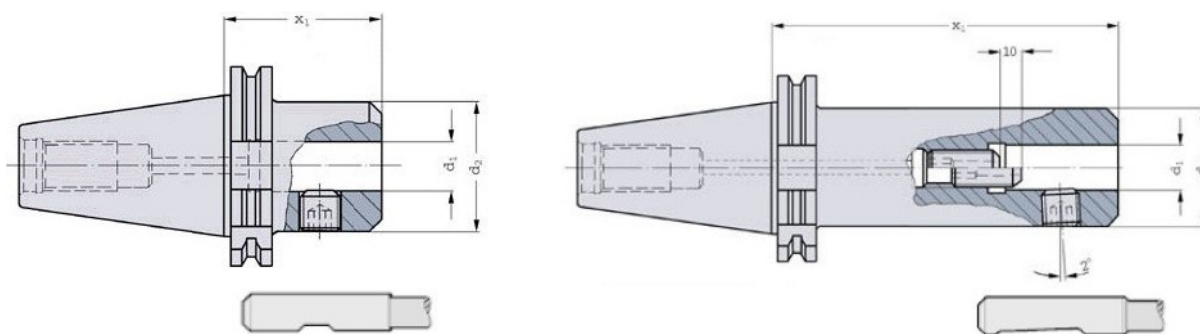
- při upínání nástroje není kleština zatížena žádnými silami, které při silovém dotažení kleštinové matice běžných držáků vznikají v důsledku kluzného tření.
- pomocí malé upínací síly na klíči „W“ se docílí tuhého a přitom přesného upnutí nástroje. (Kroučícím momentem na klíči 12 Nm se docílí více než 300 Nm na nástroji o průměru 20 mm).
- výborná stabilita nástroje při vyšších otáčkách vlivem malého objemu držáku a díky jeho dynamickému vyvážení v jedné nebo dvou rovinách.
- přesnost upnutí nástroje je vysoká, max. házení kuželové dutiny pro kleštinu je 0,002mm.
- poskytuje možnost vnitřního chlazení, centrálním způsobem. Vtok chladiva do upínače je možný oběma způsoby AD + B.



Princip upínače spočívá v tom, že v tělese s upínací stopkou je vsuvně uloženo pouzdro – na přední straně s dutinou pro kleštinu a na zadní straně se šroubem, v jehož závitě je našroubované šnekové kolo. To zabírá se šnekem, do něhož se vkládá utahovací klíč „W“. Při otáčení šneku se otáčí šnekové kolo a přitom posouvá pouzdro s kleštinou proti kleštinové matici, která je našroubována na tělese a jen lehce rukou dotažena. Dotažením klíče se vyvodí několikanásobně vyšší upínací síla na kleštině [21].

3.2 WELDON A WHISTLE NOTCH UPÍNAČE

Upínače Weldon a Whistle Notch jsou jedny z nejjednodušších pro upínání fréz s válcovou stopkou, která musí být opatřena ploškou aby, bylo možné nástroj správně upnout v upínači a tím zaručit dobrý přenos kroutícího momentu. Weldon používá k upnutí jeden nebo dva šrouby kolmé k ose nástroje a ploška pro upínání je rovnoběžná s osou nástroje, aby byl zajištěn pohyb jak v radiálním tak v axiálním směru. Upínač Wistle Notch používá k upnutí také jeden nebo dva šrouby a ploška pro upínání je skloněná pod úhlem 2° s osou nástroje, aby byla potlačena excentricita vlivem jednostranného působení upínací síly, je vnitřní průměr upínače broušen s přesností H4 a současně se vyžaduje používání nástrojů s přesnou stopkou h6. Tyto upínače se vyrábí pouze v omezené rozměrové řadě a to znamená, že musíme mít pro každou velikost stopky jiný upínač, což je dobré mít na zřeteli při nákupu těchto upínačů do výroby [36].



Obr. 25 Upínač Weldon a Whistle Notch se stopkou ISO pro automatickou výměnu nástroje a tvar stopky nástrojů s válcovým dříkem, které se do nich upínají [36]

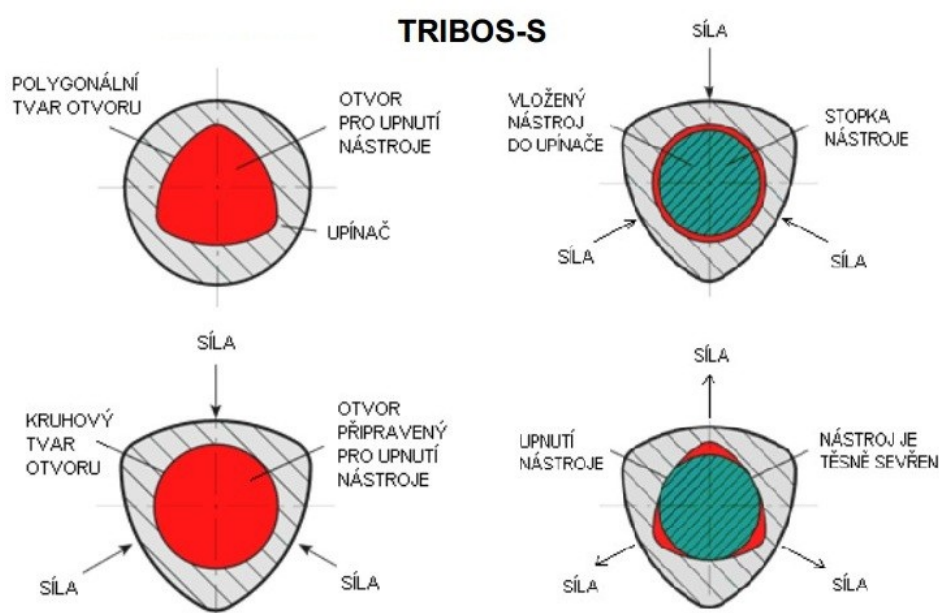
Výhodou těchto upínačů je jednoduchost a rychlost upínání nástroje, nízká pořizovací cena, bezpečnost upnutí v radiálním směru a tím i velký přenos kroutících momentů. Používají se pro klasické obrábění, jak na klasických, tak i CNC frézovacích strojích.

Nevýhody jsou, že tyto upínače nejsou příliš přesné a mají házivost upnutého nástroje ($15 - 20 \mu\text{m}$), rovněž odolnost proti vibracím není vysoká, neboť pevné upnutí nástroje je až v místě kontaktu upínacího šroubu se stopkou nástroje, tedy daleko od čela upínače. Další z nevýhod je ta, že stopky fréz musí být vyrobené přesně pro určitý typ a velikost upínače. Vyváženost těchto upínačů je velmi nízká a proto je potřeba vždy držák před použitím dodatečně vyvážit na požadované parametry při, kterých se chystáme obrábět. Tyto upínače nejsou vhodné pro vysokorychlostní obrábění z důvodu velikých nepřesností upnutí, házivosti a vyváženosti [33].

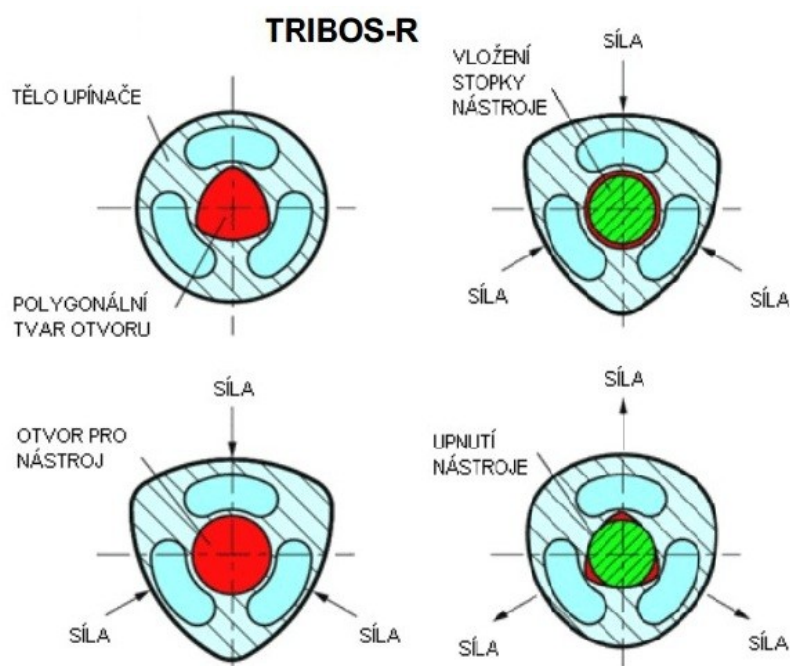


3.3 TRIBOS[®] UPÍNAČ

Tento typ upínače je velice zajímavý pro stopkové upínání nástrojů s válcovým dříkem, které pro upnutí a uvolnění nástroje využívají změny (polygonálního), tvaru vnitřní dutiny upínače působením vnějších sil v oblasti elastických deformací, při kterých nedochází k žádným molekulárním změnám v materiálu. Jedná se o tzv. silově - deformační upínací systém, který vyvinula firma SCHUNK GmbH & Co. KG a je možné opakovat upínání bez omezení počtu cyklů. K upnutí a uvolnění nástroje je nutno použít speciální, ručně ovládaný přípravek; čtyři fáze na obrázku (obr. 26 a obr. 27) znázorňují průřez upínače nezatíženého a bez upínané stopky, dále se zatížením radiálními silami bez upínaného nástroje a s upínaným nástrojem a konečně s upnutým nástrojem po vymizení vnější síly [10].



Obr. 26 Princip funkce upínání polygonálního upínače TRIBOS – S [4][2]



Obr. 27 Princip funkce upínání polygonálního upínače TRIBOS – R [4]



Upínače TRIBOS® se vyrábějí v pěti typech [34]:

- **TRIBOS-S** je upínač který se vyznačuje svým extrémně malým tvarem. Je vhodný pro těžko přístupné obrábění a také pro vysokorychlostní obrábění díky jeho symetrické konstrukci a přesnosti provedení.
- **TRIBOS-R** je typ upínače který se vyznačuje tím, že dokáže přenášet největší kroutící momenty až 350Nm. Další z jeho předností je tlumení vibrací díky speciální „příhradové konstrukci“ a plastovým vložkám, které zajišťují plynulejší obrábění a vyšší životnost nástroje, vynikající drsnost povrchu obráběné součásti.
- **TRIBOS-RM** tento typ upínače je kombinací typů S a R, který je vhodný pro vysokorychlostní obrábění, kde není potřeba přenášet velké kroutící momenty, ale je třeba tlumit vibrace.
- **TRIBOS-SVL** tento typ upínače je prodlouženou verzí upínače typu S, dává nám možnost obrábět v těžko přístupných místech a větších hloubkách.
- **TRIBOS-Mini** je upínač hodně podobný typu RM, ale jeho využití je spíše pro dokončovací operace vysokorychlostního frézování. Vyznačuje se hlavně tím, že dokáže upnout nástroj už o průměru 0,3mm kdy máme průměr stopky upínače veliký 0,5mm.



Obr. 28 Zobrazení upínačů TRIBOS, zleva typ S, R, RM, SVL a Mini [34]

Tab. 10 Základní parametry všech upínačů TRIBOS [34]

	Tribos-S	Tribos-R	Tribos-RM	Tribos-SVL	Tribos-Mini
Rozsah upnutí: [mm]	6 - 32	3 - 16	6 - 32	6 - 20	0,3 - 5
Přesnost házení: [mm]	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003	< 0,003
Rozsah otáček: [ot.min⁻¹]	55 000	60 000	85 000	85 000	60 000
Přenos kroutícího momentu: [Nm]	až 350 Nm	až 50 Nm	až 280 Nm	až 150 Nm	až 3,5 Nm

Jak jsem zmínil na začátku této podkapitoly, k upínání a uvolnění nástroje z držáku nám slouží speciální zařízení, které může být buď ruční (obr. 29) nebo automatické. V tomto ručním zařízení stlačíme dutinu držáku a tím dostaneme tvar dutiny do válcového tvaru, abychom mohli nasadit stopku nástroje do upínače. Po uvolnění síly od zařízení dojde ke zpětné deformaci otvoru v upínači a tím k za jištění a upnutí nástroje. Upínací tlak, se u některých typů pohybuje až kolem 35 MPa. Je však vždy odlišný podle typu upínače.



Obr. 29 Ruční zařízení typu SVP-2 pro stlačení upínačů TRIBOS a následné upnutí nástroje [34]

Výhody těchto upínačů jsou [34]:

- stabilita při vysokých rychlostech obrábění
- vysoká přesnost upnutí s obvodovým házením do 0,003 mm
- tlumení vibrací při obrábění pro typ R a RM
- malé obvodové rozměry upínače
- vyvážení G2,5 / 25 000 ot.min⁻¹
- malé nároky na údržbu
- rychlá výměna nástroje.

Nevýhodou těchto upínačů je nutnost koupit speciální upínací zařízení, které nám umožňuje upínat nástroje.

3.4 HYDRAULICKÉ UPÍNAČE

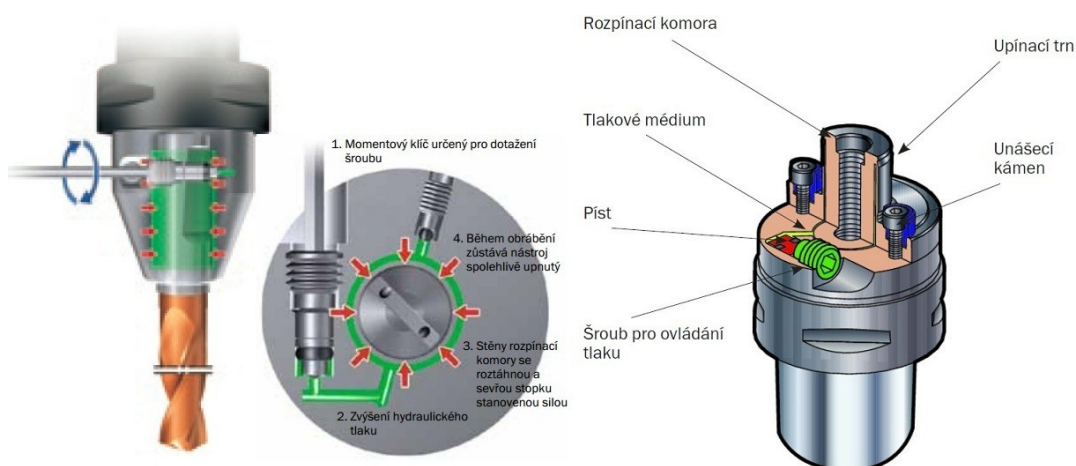
Hydraulické upínače pro upínání malých frézovacích nástrojů s válcovým dříkem kombinují vysokou upínací sílu, která může být až třikrát větší než u konvenčních sklíčidel a také dobrý přenos kroutícího momentu s tlumícími vlastnostmi upínače. Kapalina, která je v upínači se nevyužívá přímo k upínání nástroje v držáku, ale jako prostředek pro přenos rovnoměrně rozložené upínací síly. Tyto upínače se vyznačují velmi dobrou tuhostí upnutí, přesností a opakovatelností upnutí. Mají velmi široké spektrum použití od hrubovacích operací až po dokončovací operace při frézování, ale také pro vysokorychlostní obrábění [7].

Konstrukce Hydro Grip[®] upínače je složena z rozpínacího pouzdra, které je samostatná část vložená do základního těla upínače a zavařena. Tímto vznikne komorový systém (rozpínací komora), který je přes odvědušňovací otvor naplněn kapalinou, odvědušněn a uzavřen a zajištěn proti manipulaci [27].

Princip upínání hydraulického upínače spočívá v tom, že utahováním upínacího šroubu se pohybuje píst s těsnícími prvky, aby nedocházelo k úniku oleje, což by mělo za následek poškození upínače a nástroje, zvyšuje tím tlak kapaliny (většinou oleje) v komorovém systému, čímž dochází k deformaci upínacího pouzdra a upnutí vložené stopky nástroje. Upínání probíhá v oblasti pružných deformací, což nepoškozuje stopku nástroje.



Spirálová drážka stírá případné nečistoty na stopce nástroje a vytváří pro ně prostor, čímž se zvyšuje přesnost upnutí a přenos kroutícího momentu od vřetene stroje na nástroj. Princip pro odepnutí nástroje z upínače je akorát opačný. Více na obr. 30. [27]



Obr. 30 Schéma upínání hydraulického upínače Hydro-Grip firmy Sandvik Coromant Co [8]

Tento typ upínače se vyrábí ve třech provedeních podle požadavků na vyložení: krátký, střední a dlouhý typ pro střední a lehké obrábění. Každý upínač je individuálně vyvážen na hodnotu G2,5. Lze tyto upínače použít při maximálních otáčkách vřetene 25 000 ot.min⁻¹ pro krátký, 15 000 ot.min⁻¹ pro střední a 10 000 ot.min⁻¹ pro dlouhý upínač [7].

Výhodou hydraulického upínání je jednoduchost manipulace při zajištění stopky nástroje v upínači, přesnost upínání a jeho opakovatelnost (házení na čele upínače je menší než 0,003 mm) tím docílíme také použitím momentového klíče pro dotažení upínače. Další z výhod je univerzálnost upínače a také že můžeme upínat nejen hlavice stopky nástrojů, ale také stopky Weldon a Whistle Notch.

Nevýhodou je dost složitý způsob výroby a vysoké nároky na těsnost celého upínacího systému a přesnost jednotlivých dílů upínače. Jelikož není, upínač symetrické konstrukce jsou také nároky na vyvážení upínače větší [18].

Dalším typem hydraulického upínače, který využívá kapaliny pro upínání nástroje je systém Coro-Grip[®] také od firmy Sandvik Coromant Co. Tento typ upínače pracuje na jiném principu než upínač Hydro-Grip. Používá tlak kapaliny k uvolnění nástroje z upínače.

Upínač Coro-Grip[®] využívá přídavného zařízení (manuální čerpadlo viz obr. 31) pro vyvození tlaku kapaliny v upínači nástroje a tím k manipulaci s nástrojem. Toto zařízení vyvíjí tlak 50 MPa pro uvolnění upínacího mechanismu a až 80 MPa pro ovládání uvolňovacího mechanismu. Poté je držák naplněn kapalinou a až tehdy dojde k uvolnění nástroje v držáku. Po výměně nástroje se uvolní tlak kapaliny v upínači a dojde k upnutí stopky nástroje. Následně se kapalina odčerpá, držák už není pod tlakem. Díky samosvornosti mechanismu upínače se v držáku během obrábění neudrží žádný hydraulický tlak. Postup upínání je zobrazen také na obr. 31 [8].



Vysoce přesné sklíčidlo s osazeným upínačem

Páka



Vysokotlaké ruční čerpadlo

Ovládací ventil

Obr. 31 Manuální čerpadlo pro upínání nástrojů do upínače Coro-Grip® [8]



Při vkládání nebo vyjímání nástroje přepněte ovladač ventilu do polohy T



Pro upnutí přepněte ovladač ventilu do polohy A.



Po upnutí nástroje vraťte ovladač ventilu do polohy T.



Pro uvolnění přepněte ovladač ventilu do polohy B.

Obr. 32 Schéma upínání nástrojů do upínače Coro-Grip za použití manuálního čerpadla [8]

Výhodou tohoto upínače je oproti klasickým hydraulickým systémům v tom, že je symetrické konstrukce a tím je možno jej použít pro vyšší otáčky včetně až do 40 000 ot.min⁻¹. Tento upínač má velkou přesnost upnutí, kde jeho házení na řezném břitu dosahuje pouze hodnoty 0,002- 0,006 mm. Další z výhod je, že upínač dosahuje vysokých upínacích tlaků, tím zabraňuje uvolnění nástroje za použití přídavného zařízení pro upínání [8].

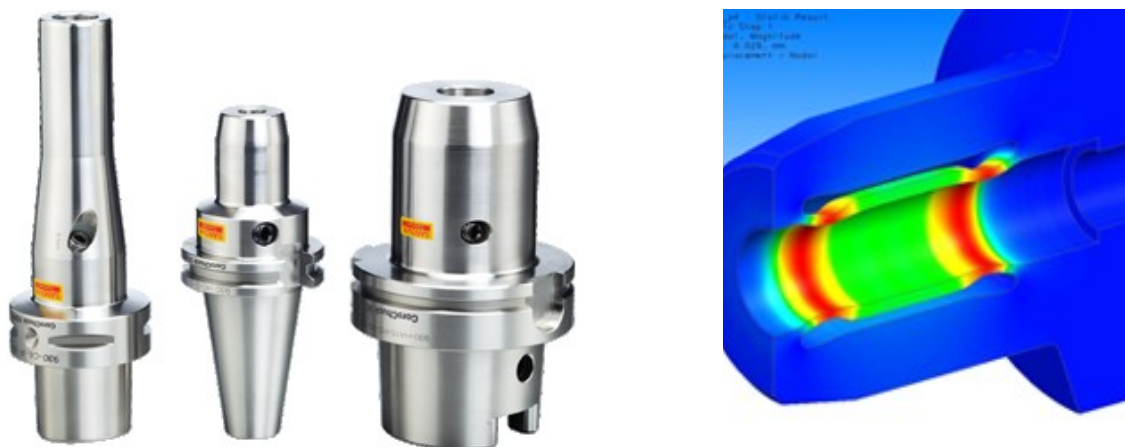
Nevýhodou tohoto upínacího systému je to, že je třeba zakoupit přídavné zařízení, abychom mohli realizovat výměnu nástroje v upínači a složitější mechanismus, který má upínač. V dnešní době, už firma Sandvik Coromant od tohoto upínače ustupuje. Při upnutí nástroje do upínače na dlouhou dobu se stane, že nástroj v upínači zatuhne a poté je obtížné z něj vytáhnout (dochází tzv. zatuhnutí).

Novým typem hydraulických upínačů, jež v současné době přicházejí na trh je CoroChuck 930®, který představila firma Sandvik Coromant. Tento upínač je navržen na potlačování vibrací a dosažení nejvyšší možné přesnosti ve všech typech frézovacích operací. Budou jim postupně nahrazovány upínače Coro-Grip® a Hydro Grip®. CoroChuck 930® pracuje rovněž na hydraulickém principu. Má optimalizovanou konstrukci membrány – technologie „Fulcrum“. Je to pájená membrána s opěrnými plochami na obou koncích, což umožňuje pevné upnutí a přináší i zvýšenou ochranu proti vytahování nástrojů. [29]

Upínací síla v upínači se ovládá momentovým klíčem. Upínač CoroChuck 930® má velmi malé obvodové házení 0,0004mm. Vlivem toho lze s jeho použitím dosahovat vyšší kvality obrobené plochy a delší životnost nástrojů. Je také kompatibilní se všemi důležitými typy upínacích rozhraní frézovacích strojů. [29]



Od upínačů CoroGrip® a HydroGrip® se odlišuje tím, že upíná nástroj ve dvou bodech v upínači a to na začátku a na konci což je patrné na obr. 34. oproti starším typům, které upínaly nástroj uprostřed držáku.[29]



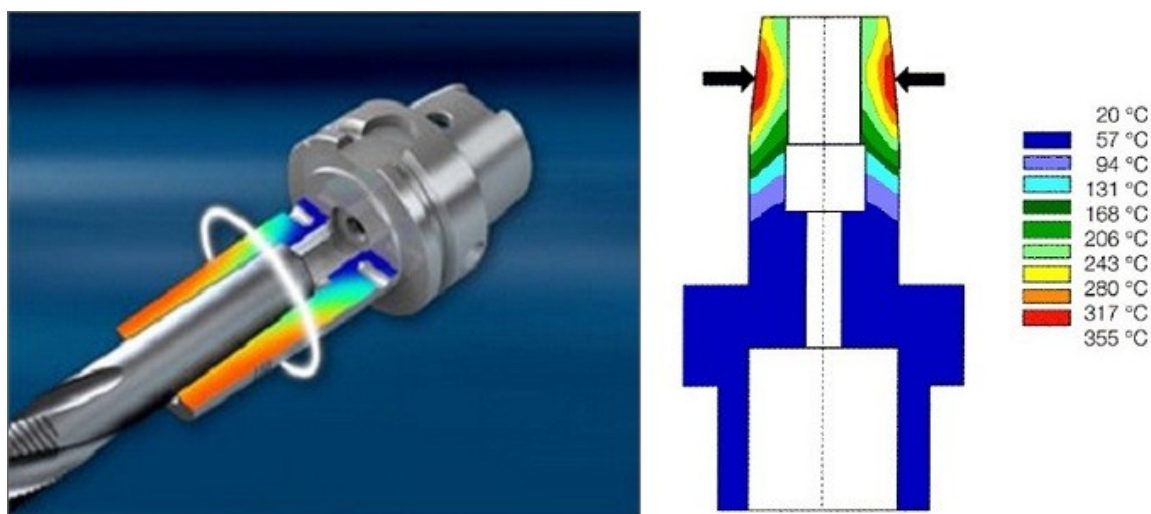
Obr. 34 Typy upínačů CoroChuck 930 a zobrazení opěrných bodů "Fulcrum" v upínači [29]

Nevýhodou upínače CoroChuck je v dnešní době cena, i když tato investice se může velmi rychle vrátit vlivem předností tohoto upínače nástrojů.

3.5 TEPELNÉ UPÍNAČE

S rostoucími nároky na upínače a rozšíření vysokorychlostního obrábění vznikla potřeba velmi přesného a dobře využitelného upínače. Tuto funkci plní tepelné upínače, které pracují na principu smršťování materiálu dutiny upínače. V dnešní době se přezdívaly také jako smršťovací technika [33].

Princip tepelného upínání je poměrně jednoduchý. Vnitřní průměr upínacího pouzdra je o něco menší, než je upínací stopka nástroje. Díky elektromagnetickému střídavému poli ve speciálním přídavném zařízení je upínací pouzdro indukčně nahřáto na teplotu 250-300 °C a vnitřní průměr pouzdra se tím rozevře tak, že nástroj může být vložen. Při samovolném ochlazovacím procesu dojde ke zpětnému smrštění pouzdra, což vede k upnutí nástroje v jeden kompaktní celek.[16].



Obr. 35 Tepelný upínač Celsio od firmy Schunk a zobrazení teploty v upínači při nahřátí [11],[2]



Výhodou těchto upínačů je [33], [12]:

- vysoká tuhost upnutí – přenášený krouticí moment až 500 Nm, liší se dle typu upínače,
- přesnost obvodového házení stopky do 0,003 mm,
- symetrická a jednoduchá konstrukce vhodná pro obrábění těžko přístupných míst,
- použití až do 55 000 ot.min⁻¹ => vhodnost pro vysokorychlostní obrábění,
- možnost upínání fréz s hladkou válcovou stopkou a fréz s ploškou na válcové stopce,
- možnost upínání nástrojů od průměrů 3 mm,
- snižuje opotřebení a prodlužuje životnost nástroje.

Nevýhoda toho typu upínačů spočívá ve vysoké pořizovací ceně přídatného zařízení, které nám umožňuje nástroj v upínači zajistit či uvolnit. Upínače jsou velice choulostivé na nečistoty tak je třeba udržovat válcové stopky v čistotě a bez ostrých hran. Další z nevýhod tohoto upínače je, že není možná velká četnost upínání nástrojů během jednoho dne, jelikož nahřívání a ochlazování upínače zkracuje jeho životnost.

3.6 UPÍNACÍ SYSTÉM I LOCK

Upínací systém iLock je kombinací tepelného upínače a mechanického zabezpečení na stopce frézy proti vytažení z upínače. Tento upínací systém představila firma Sandvik Coromant v roce 2012 a byl navržen tak, aby umožňoval optimalizaci při frézování titanu a jeho slitin, které se používají v leteckém průmyslu. Při takovémto obrábění vznikají axiální řezné síly, které kladou velké nároky na upínací mechanismus a mohli by dojít k vytažení nástroje z upínače což je nežádoucí jev při obrábění [15].



Obr. 36 Upínací systém iLock od firmy Sandvik Coromant [25]



Odlišností je použití šroubovitých drážek, vybroušených do stopky nástroje. Tyto drážky ve spojení s odpovídajícími unášecími kameny ve sklíčidle brání vytažení nástroje z nástrojového držáku i při extrémních podmínkách obrábění [15].

Výhody systému iLock:

- systém zabezpečuje spolehlivost, přesnost a ochranu proti vysunutí nástroj.
- můžeme mít až třikrát větší hloubku řezu, což vede ke snížení výrobních časů součástí.
- tento upínač nám také prodlužuje životnost nástroje díky malým hodnotám obvodového házení, které je menší než 0,003 mm.
- největší zastoupení toho upínacího systému je pro obrábění titanu, ale je také možno ho použít pro vysokorychlostní obrábění [25].



ZÁVĚR

Nové technologie v dnešní době vyžadují velikou přesnost obrábění výrobku a s tím je spojený i rozvoj upínačů, které by to mohli zaručit. Nové materiály rozšířily rozvoj vysokorychlostního obrábění a minimalizaci držáků, nástrojů.

Cílem mé práce bylo vytvořit přehled v současnosti používaných upínacích rozhraní frézovacích strojů.

V první kapitole jsem popsal základní upínač, dále jsem se detailně zabýval jeho různými částmi, aby každý člověk dobře porozuměl dané problematice, když není z oboru strojírenství.

V druhé části jsem popsal jednotlivé typy upínačů podle jejich typu upínací stopky na rozhraní vřeteno – upínač. Uvedl jsem jejich jednotlivé vlastnosti, zmínil u každého typu jeho výhody a nevýhody. Dnešní technologie vysokorychlostního obrábění na frézovacích strojích se nejvíce prosazuje na CNC strojích, proto jsou v práci zahrnuty ve větší míře než upínače pro klasické frézovací stroje, které se také používají stále, ale už ne v takovém rozsahu jako pro CNC frézovací stroje.

Na závěr v poslední kapitole jsem v návaznosti na to popsal přehled upínačů pro malé frézovací nástroje s válcovým dřikem, na rozhraní upínač - nástroj. Zmínil jsem jejich jednotlivé vlastnosti, použití, princip upínání nástroje do upínače a také výhody a nevýhody.

Způsobů pro dnešní upínání frézovacích strojů je mnoho a tato práce by měla pomoci laikovi, aby si udělal přehled o upínacích rozhraních vřeteno – upínač a upínač – nástroj. Při volbě každého upínače je důležité správně zohlednit technologické a ekonomické hledisko. V podstatě není možné vybrat nejlepší upínací systém, který by byl vhodný na všechny aplikace. Každý systém upínání, který jsem uvedl, má určený svůj pracovní rozsah a tam je jeho použití nejvhodnější. Budoucí zákazník si musí sám rozhodnout, jaký očekává technologický přínos, tak i ekonomickou náročnost zvoleného upínacího systému.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] MAREK, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. 2. přepracované a rozšířené vydání. Praha: MM publishing, s. r. o., 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [2] POPELA, M. *Deskripce nástrojových soustav pro obrábění nerotačních součástí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 36 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Blecha, Ph.D.
- [3] Propagační materiály firmy Sandvik Coromant.
- [4] SERVUS, T. *Trendy upínání řezných nástrojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 77 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Karel Osička.
- [5] AB SANDVIK COROMANT. *Coromant CAPTO: the true modular toolholding system*. Švédsko: Tryckeri, 2005. C-2940: 106NG/01.
- [6] AB SANDVIK COROMANT. *Coromant CAPTO: Modulární nástrojový systém*. Švédsko: Elanders, 2008. C-2902: 8CZE/01.
- [7] AB SANDVIK COROMANT. *Technická příručka obrábění*. Švédsko: Elanders, 2005. 895 s. C-2900: 3CZE/01.
- [8] AB SANDVIK COROMANT. *Technická příručka obrábění*. Švédsko: Elanders, 2010. 895 s. C-2900: 7CZE/01.
- [9] *BIG-PLUS tooling system* [online]. © 2011 [cit. 2012-02-28]. BIG-PLUS Tooling System EXi48-4. Dostupné z: <<http://www.bigkaiser.com/pdfs/BIG-PLUS%20Tooling%20System%20EXi48-4.pdf>>.
- [10] Business economics: the journal of the National Association of Business Economists. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 23.4.2008, č. 4 [cit. 2012-03-27]. DOI: 080440. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/upinace-stopkovych-nastroju.html>>.
- [11] Celsio. *SCHUNK GmbH & Co. KG* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.cz.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/advantages.html?product_level_1=247&product_level_2=270&product_level_3=3048&menu1=1&country=CZE&lngCode=CZ&lngCode2=DE>.
- [12] Celsio Warmschrumpftechnik. *SCHUNK GmbH & Co. KG* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.cz.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/products.html?product_level_1=247&product_level_2=270&product_level_3=0&country=CZE&lngCode=CZ&lngCode2=DE>.



- [13] *Coventrytoolholders* [online]. ©2011 [cit. 2012-02-27]. Technical Information. Dostupné z: <<http://www.coventrytoolholders.co.uk/pdfs/A6-A10.pdf>>.
- [14] DIN 69871 Kleštinový upínač ER. In: *Verko.cz* [online]. © 2007 - 2011 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <<http://www.verko.cz/din-69871-drzak-klestinovy-er-11-100-9942>>.
- [15] Dokonalá kombinace pro frézování titanu: Novinky.. *Sandvik Coromant* [online]. 3.1.2012 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <<http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/news/Pages/CoroMill-Plura-and-Shrink-Fit-with-iLock%E2%84%A2-for-risk-free-titanium-milling.aspx>>.
- [16] Efektivní tepelné upínání je věda: Obrabeni. *Technika a trh* [online]. © 2011 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <<http://www.technikaatrh.cz/obrabeni/efektivni-tepelne-upinani-je-veda>>.
- [17] Hskworld. *Critical Link High-Speed Milling* [online]. © 2005- [cit. 2012-03-01]. Dostupné z: <http://www.hskworld.com/articles/critical_link/critical_link.htm>.
- [18] Hydro-Grip. *Sandvik Coromant* [online]. Švédsko: AB Sandviken Tryckeri, 2010 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <[http://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/brochures/cs-cz/C-2940-132.pdf#search=Hydro grip](http://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/brochures/cs-cz/C-2940-132.pdf#search=Hydro%20grip)>.
- [19] Kleštiny ER. In: *DT technologies: Produkty* [online]. © 2009 - 2011 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://test-dttechnologies.datlink.cz/wp-content/uploads/2011/05/klestiny_3.pdf>.
- [20] Kleštiny ER. In: *DT technologies: Produkty* [online]. © 2009 - 2011 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://test-dttechnologies.datlink.cz/wp-content/uploads/2011/05/klestiny_1.pdf>.
- [21] Kleštinový upínač M457. In: *Narex MTE s.r.o.: Servis* [online]. © 2008 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://www.narexmte.cz/servis/M457_CZ_tp.pdf>.
- [22] Machine Taper. In *Wikipedia: the free encyclopedia: Wikipedia Foudation 2009: last modified on 2012* [online]. 2012 [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_taper>.
- [23] MM Průmyslové spektrum: Větší spolehlivost při upínání nástrojů [online]. Praha: MM publishing s.r.o, 2009. [cit. 2011-12-16]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vetsi-spolehlivost-pri-upinani-nastroju.html>>.
- [24] Morse Cutting Tools: Company: About Us. *Morse Cutting Tools History* [online]. © 2002-2008 [cit. 2012-03-05]. Dostupné z: <http://www.morsecuttingtools.com/cgi/CGPTABOUT?PAMENU=7_1>.
- [25] Objednání nových nástrojů: Frézování titanu bez rizika. *Sandvik Coromant* [online]. 2012 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/brochure/CZE/C-2900-137.pdf>>.



- [26] Pilana MCT, spol s.r.o.: Služby. *Vyvažování* [online]. ©2011 [cit. 2011-12-21]. Dostupné z: <<http://www.pilanamct.cz/cz/sluzby/vy vazovani>>.
- [27] Princip hydraulického rozpínacího upínače. *WINTER - servis* [online]. 2010 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://www.winter-servis.cz/index.php?page=schunk/n_tendo>.
- [28] První Hanácká BOW: Kleštinový upínač ISO 40 / ER32. Kleštinový upínač ISO 40 / ER32 [online]. ©2005 - 2011 [cit. 2012-03-21]. Dostupné z: <<http://www.bow.cz/produkt/3352055-klestinovy-upinac-iso40-er32-m16-sada>>.
- [29] Sandvik Coromant Co. *CoroChuck 930* [online]. 2013 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-CZ/products/corochuck_930/Pages/default.asp
- [30] Sandvik Coromant Co. *Coromant CAPTO* [online]. © 2012 [cit. 2012-03-09]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/catalogues/en-gb/ROT_G.pdf#search=polygon>.
- [31] Sandvik Coromant Co. *Machine integration: Coromant CAPTO* [online]. Švédsko: Tryckeri, 2010 [cit. 2012-03-12]. Dostupné z: <<http://www.sandvik.coromant.com/SiteCollectionDocuments/downloads/global/brochures/en-gb/C-2940-133.pdf#search=Coromant Capto>>.
- [32] Technický Týdeník: Vzdělávání pro praxi: Upínače nástrojů. *Upínače nástrojů (1)* [online]. Business Media CZ, s.r.o., [2011] [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <<http://www.techtydenik.cz/upinacenastroju.php?part=1>>.
- [33] Technický Týdeník: Vzdělávání pro praxi: Upínače nástrojů. *Upínače nástrojů (2)* [online]. Business Media CZ, s.r.o., [2011] [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <<http://www.techtydenik.cz/upinacenastroju.php?part=2>>.
- [34] TRIBOS Polygonal Clamping. *SCHUNK GmbH & Co. KG* [online]. © 2011 [cit. 2012-03-27]. Dostupné z: <http://www.us.schunk.com/schunk/schunk_websites/products/products.html?product_level_1=247&product_level_2=267&product_level_3=0&country=USA&lngCode=EN&lngCode2=EN>.
- [35] *Toolholders Information on GlobalSpec* [online]. 2012 [cit. 2012-02-27]. GlobalSpec. Dostupné z: <http://www.globalspec.com/LearnMore/Manufacturing_Process_Equipment/Machine_Tool_Accessories/Tool_Holders>.
- [36] Upínače rotačních nástrojů: Kleštinové upínače. In: *České vysoké učení technické Fakulta Strojní: Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie* [online]. 2011 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/ON/06_Upinace_rotacnich_nastroju.pdf>.
- [37] *Welcome to New Dormer Site* [on-line]. 2010 [cit. 2011-04-13]. Toolholding. Dostupné z: <<http://www.dormertools.com/sandvik/2531/internet/s003591.nsf?Open Database>>.



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

°C	stupeň Celsia
CNC	Computer Numerical Control
ČSN	Česká státní norma
DIN	Deutsches Institut Normung
G 2,5	Stupeň vyvážení 2,5
G6,3	Stupeň vyvážení 6,3
ISO	International Organization for Standardization
mm	milimetr
Nm	Newton metr
Obr.	Obrázek
ot.min-1	počet otáček za minutu