



Lesnická
a dřevařská
fakulta

2013, Brno
Připravil: V. Novák

Upínání a vyvažování nástrojů (nejen pro CNC)

Mendelova
univerzita
v Brně



NAP – Nástroje a přípravky



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Osnova

1. Požadavky na upínací systémy
2. Systémy upínání pro kotoučové frézy
3. Systémy upínání fréz – nožové hřídele (hlavy)
4. Systémy upínání pro stopkové frézy
5. Vyvažování nástrojů
6. Nerovnosti při frézování



Systemy upínání fréz - požadavky

Požadavky na upínací systémy:

- Vysoká tuhost v ohybu
- Vysoké dynamické vyvážení
- Schopnost zajistit vysoké upínací síly pro přenos velkých kroutících momentů
- Schopnost přesného upnutí s minimálním obvodovým házením
- Schopnost tlumit vibrace
- Krátké časy při uvolňování a upevňování nástroje
- Bezpečnost pro obsluhu
- Vysoká životnost
- Nízká cena



Systemy upínání fréz - požadavky

Rozdělení z hlediska způsobu upínání:

- Mechanické
- Hydro – mechanické
- Hydraulické
- Tepelné



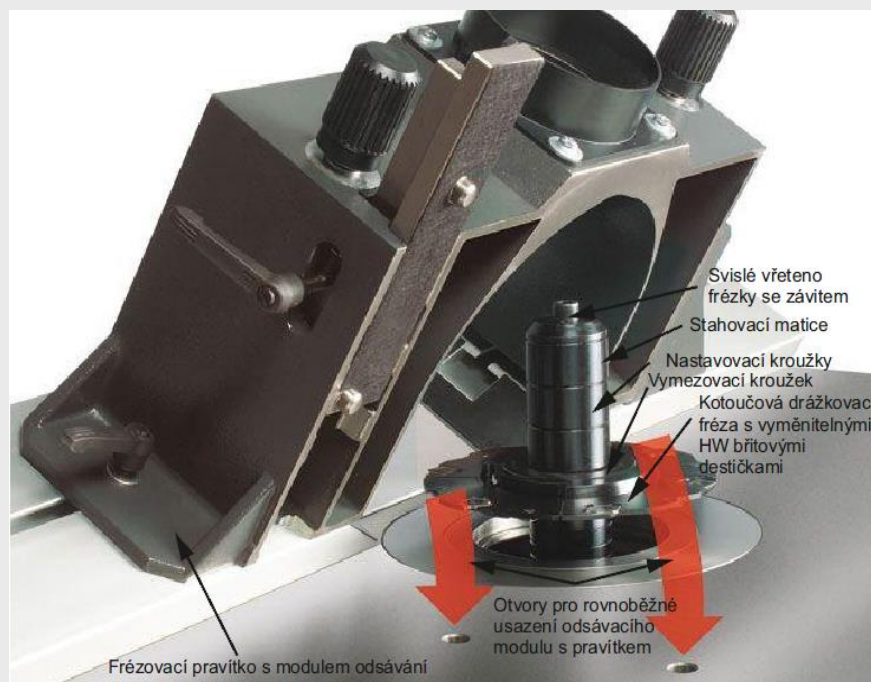
Systemy upínání fréz – kotoučové frézy

- Přesnost a jakost obrobení dřevěných dílců a součástí, jakož i výkon a bezpečnost strojů jsou do značné míry podmíněny přesností a
- uložením, tuhostí a spolehlivostí upnutí nástrojů. V průběhu obrábění působí na nástroj vnější řezné, setrvačné a další síly, které musí
- být kompenzovány jeho řádným upnutím. Nástroj se nesmí během obrábění samovolně uvolňovat a měnit svoji přesně vymezenou polohu.
- **Mechanický způsob** – fréza připevněná na svislé vřeteno, pomocí přírubové matice. Přitahování proti směru otáčení vřetene.



Systemy upínání fréz – kotoučové frézy

- Kotoučové frézy
- Frézy do spodních frézek se upínají na frézovací vřetena maticemi s podložkami. Vřeteno je na hřídeli upevněno vřetenovou maticí.
- Matice se zašroubovávají rovněž proti směru otáčení frézy. Při upínání frézy se hřídel zajišťuje kolíkem.



Systemy upínání fréz – nožové hřídele (hlavy)

Nožové hřídele (hlavy) – nože do nožových hřídelí srovnávaček, tloušťkovaček a tvarovaček se upínají zpravidla upínací lištou (klopnou) klínového průřezu a upínacími šrouby.

System Centro-fix – (třecí) mechanický způsob upevnění pomocí lichoběžníkové lišty, ta díky svému zkosení při zpuštění stroje zabraňuje vypadnutí nože z nožové hlavy.

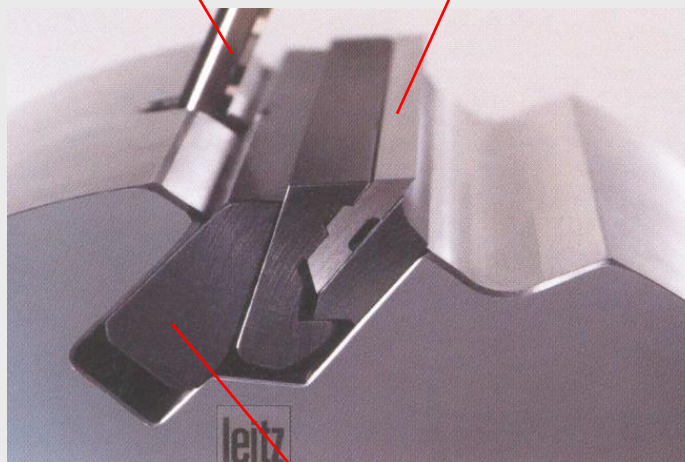
V otevřeném stavu



V zamknutém stavu

Dotahování klíčem

Nůž



Lichoběžníková lišta

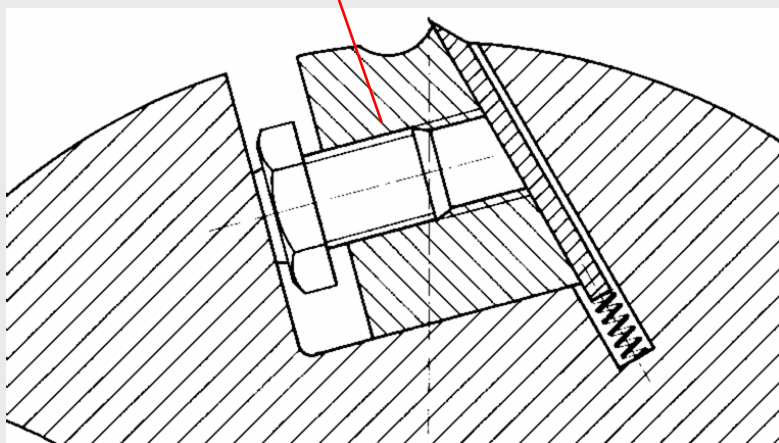


Systemy upínání fréz – nožové hřídele (hlavy)

- Pomocí šroubu se dotahuje nebo povoluje lišta na boku, která drží svým třením nůž.
- Nůž lze tak snadno během chvilky vyměnit

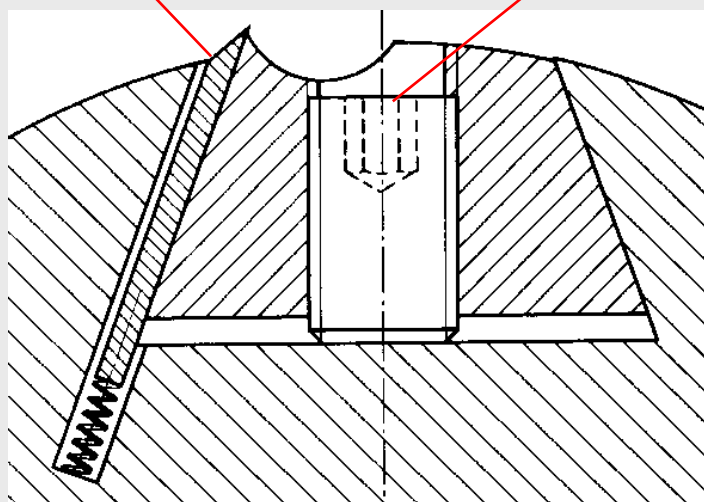
Další třecí způsoby uchycení nožů

Šroub na dotažení nože



Nůž

Šroub na dotažení



Tlačná pružina

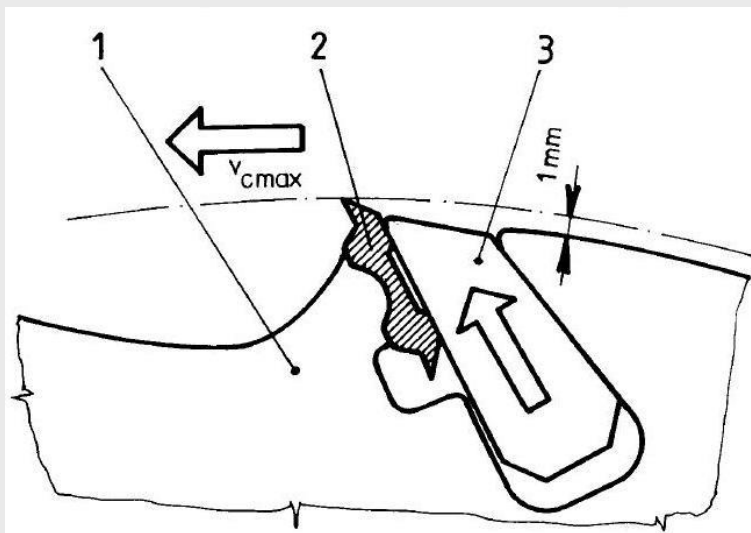


Systemy upínání fréz – nožové hřídele (hlavy)

Konstrukce s automatickým nastavením a upnutím nože přítlačnou lištou

Nový typ konstrukce, u které se nůž automaticky nastavuje a upíná v důsledku odstředivé síly přítlačné lišty.

- Řezná hrana vyměnitelného nože se opakovaně nebrousí, předpokládá se výměna po opotřebení obou řezných hran



- 1 – těleso hřídele
- 2 – vyměnitelný hoblovací nůž
- 3 – přítlačná lišta



Systemy upínání fréz – nožové hřídele (hlavy)

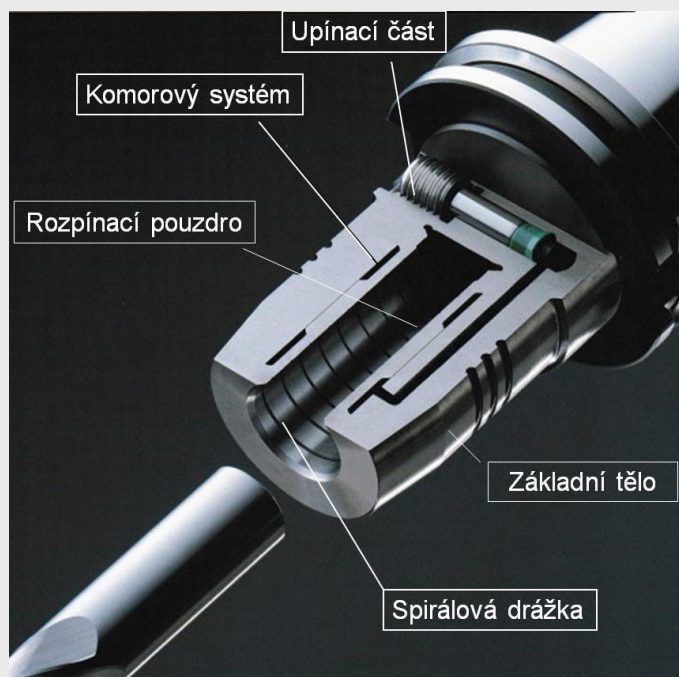
- **Konstrukce upevnění nožů s lichoběžníkovou lištou.**
- Konstrukce je založena na využití odstředivé síly lišty k přitlaku nožů ke korpusu hřídele. Bezpečnost upevnění se zvyšuje ještě šroubem, jehož osová síla zvyšuje přitlak lišty.
- Konstrukční alternativou intenzifikace tlaku lišty na nůž je působení šroubu na lištu z boku.
- Novější konstrukce využívají na zabezpečení proti vyhození nože a lišty další šrouby nebo se hřbet nože a opěrná plocha korpusu orýhuje, čímž se bezpečnost proti vyhození nože znásobí



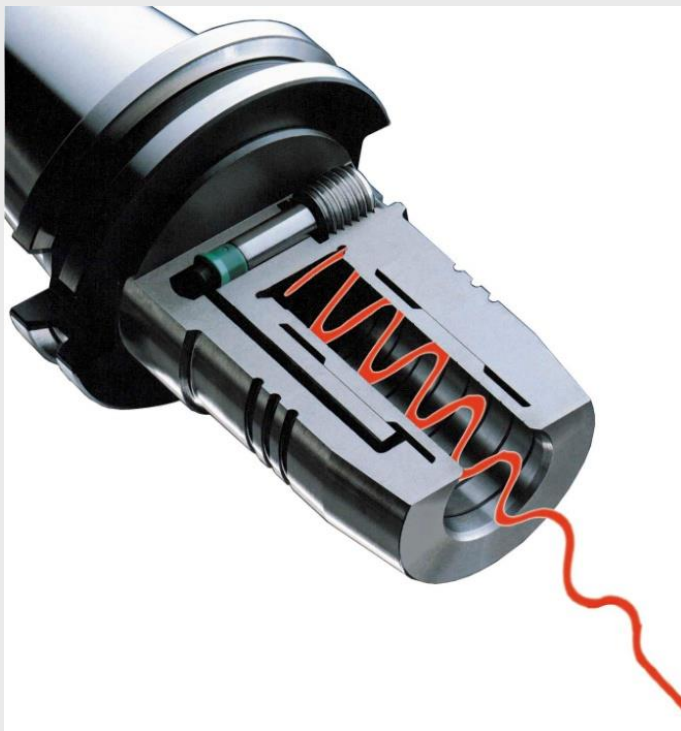
Systemy upínání fréz – hydraulický upínač

Stopkové frézy - frézy horních frézek se upínají stopkou v kuželovém pouzdře anebo stopkou ve sklíčidle, a to centricky. V kuželovém pouzdře je k vřetenu frézky připevněno upínací maticí, která je zašroubovaná proti směru otáčení.

Hydraulický upínač TENDO



Systemy upínání fréz – hydraulický upínač



- **Výhody tohoto systému:**
 - rovnoměrný záběr břitů nástroje, zlepšení výsledků obráběcího procesu.
 - snížení vzniku „mikro -výlomků“ na břitech nástroje, prodloužení trvanlivosti nástroje.
 - menší mechanické opotřebení břitů nástroje - snížení nákladů na broušení a nákup nástrojů.
 - zlepšení kvality obrobeného povrchu (redukce stop po chvění nástroje). - zvýšení životnosti vřetena stroje.



Systémy upínání fréz – hydraulický upínač

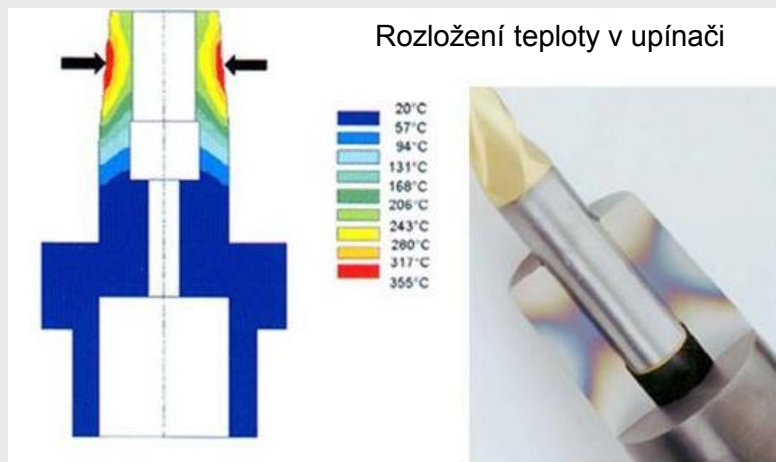
- **Hydraulické upínače** - Otáčením upínacího šroubu se vytváří rovnoměrný tlak hydraulického média uvnitř upínače. Tento tlak působí na upínací pouzdro, které nástroj pevně a přesně upne. Pro upnutí menších průměrů je možné použít redukční pouzdra.
- Výhodami hydraulických upínačů jsou přesné upnutí nástroje s opakovatelností $\leq 0,003$ mm, tlumení vibrací, jednoduché ovládání bez dalších periferních zařízení, procesní bezpečnost a odolnost vůči vnějším znečišťujícím látkám.



Systémy upínání fréz – tepelný upínač

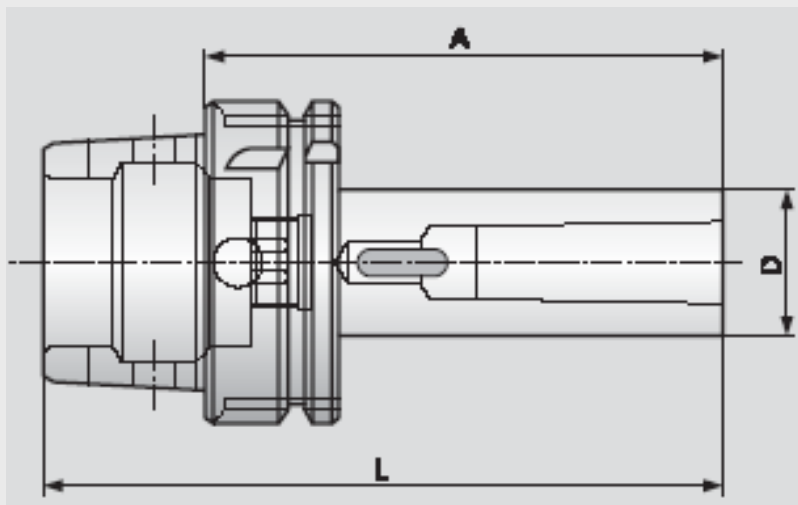
- U **tepelných upínačů** se využívá tepelné roztažnosti kovů při vysokých teplotách. Pomocí vysokofrekvenční indukční cívky se upínač velmi rychle ohřeje přesně na místě, kde se nástroj upíná. Po vsunutí nástroje se upínač musí nechat ochladit, a to buď přirozenou cestou (časově náročné), nebo nuceně (chladicí systém). Výsledkem procesu smrštění je téměř homogenní nástroj s vysokou přesností upnutí, velkými přenášenými krouticími momenty a velmi dobrým poměrem mezi radiální tuhostí a vnějším tvarem upínače, použití pro nejvyšší otáčky.

Tepelný upínač Thermo grip



Systemy upínání– stopkové frézy

HSK 63 A - Morse kužel



MORSE KUŽEL (kuželovitost dle velikosti kužele) zkratka Mk, nebo Mt (morse konus NE, morse taper AJ)
Každá velikost kužele označovaném podle číselné řady 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 má jinou kuželovitost a tím pádem také jiný úhel nastavení na stroji. Například Me 32 a Mk4 jsou takřka identické, jen Mk4 má mírně jinou kuželovitost a proto se dají lehce zaměnit. Používají se u vřeten soustruhů, frézek, vrtaček, dělicích přístrojů.



Systemy upínání fréz – stopkové frézy

Upínače Weldon a Whistle Notch

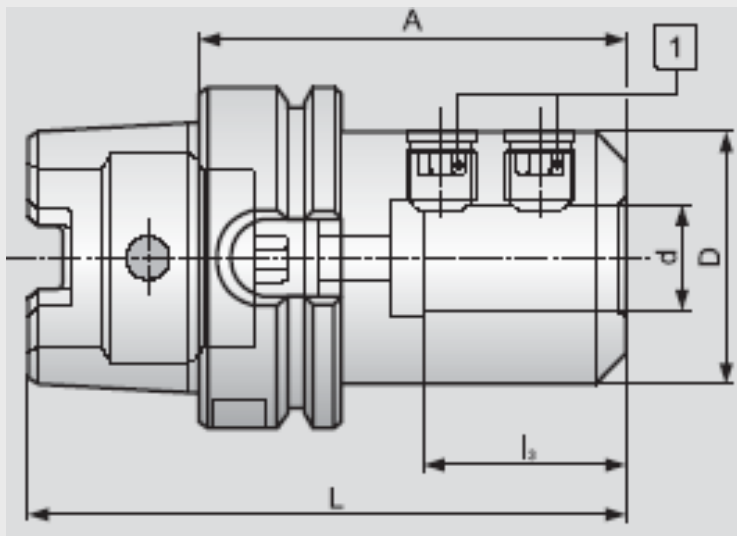
Jedná se o nejjednodušší a tedy cenově nejdostupnější upínače. Slouží k upnutí nástrojů s válcovou stopkou opatřenou odpovídající boční plochou. Upínače Weldon používají k upnutí jeden nebo dva šrouby kolmé k ose nástroje, upínače Whistle Notch jeden nebo dva šrouby skloněné o 2° . Aby byla potlačena excentricita vlivem jednostranného působení upínací síly, je vnitřní průměr upínače broušen s přesností H4 a současně se vyžaduje používání nástrojů s přesnou stopkou h6.

Upínače se vyrábějí pouze ve vybrané průměrové řadě (6, 8, 10, 12, 16, 20, 32, 40 mm), upnutí jiných rozměrů není možné. Hlavní nevýhodou je nutnost užít pro každý průměr stopky nástroje jiný upínač a vysoká házivost upnutého nástroje ($15\text{--}20\text{ }\mu\text{m}$), vycházející z principu upnutí – nástroj je odtlačován upínacím šroubem mimo osu rotace. Rovněž odolnost proti vibracím není vysoká.

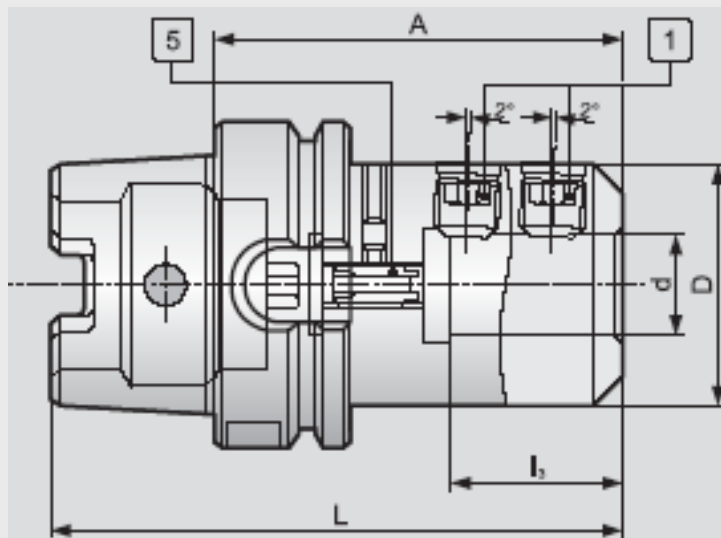


Systemy upínání fréz – stopkové frézy

Weldon



Whistle Notch



Systemy upínání fréz – stopkové frézy

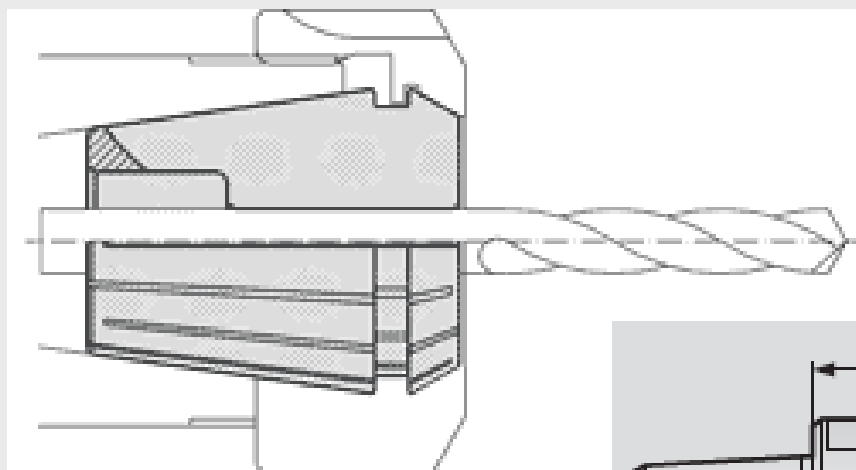
HSK 63A - Kleštinové upínače (mechanický způsob)

- Princip kleštinových upínačů spočívá v zatlačování výměnné vložky (kleštiny) do kuželové dutiny upínače pomocí převlečné matice. Vložka je po obvodu opatřena zářezy, které umožní její malou pružnou deformaci a tím upnutí nástroje. kleštinové upnutí dává velmi dobrou přesnost a přenos kroutícího momentu.
- Rozsah upnutí každé vložky bývá 0.5 až 1 mm. K upínači je tedy nutno 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.**

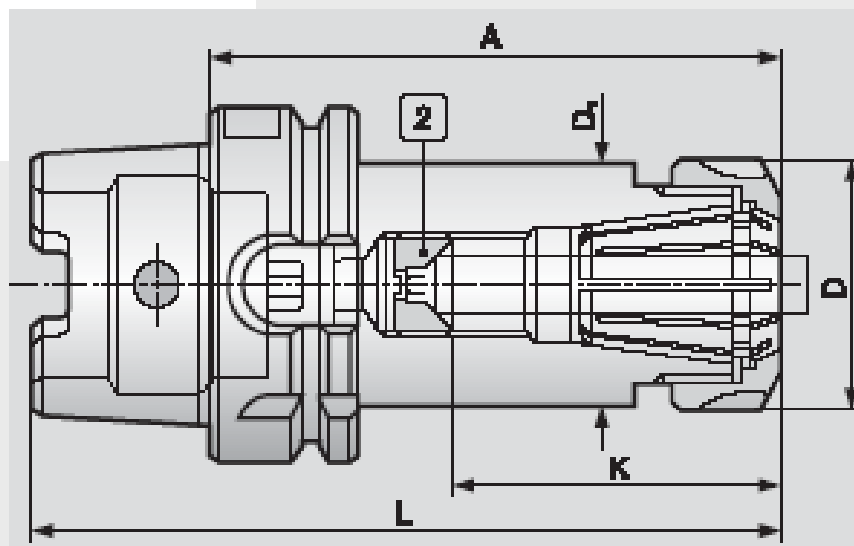


Systemy upínání fréz – stopkové frézy

Princip kleštinového upínače



Kleštinový upínač
typ ER



Systemy upínání fréz – stopkové frézy

System TRIBOS – S a R – silově – deformační upínač

TRIBOS - S

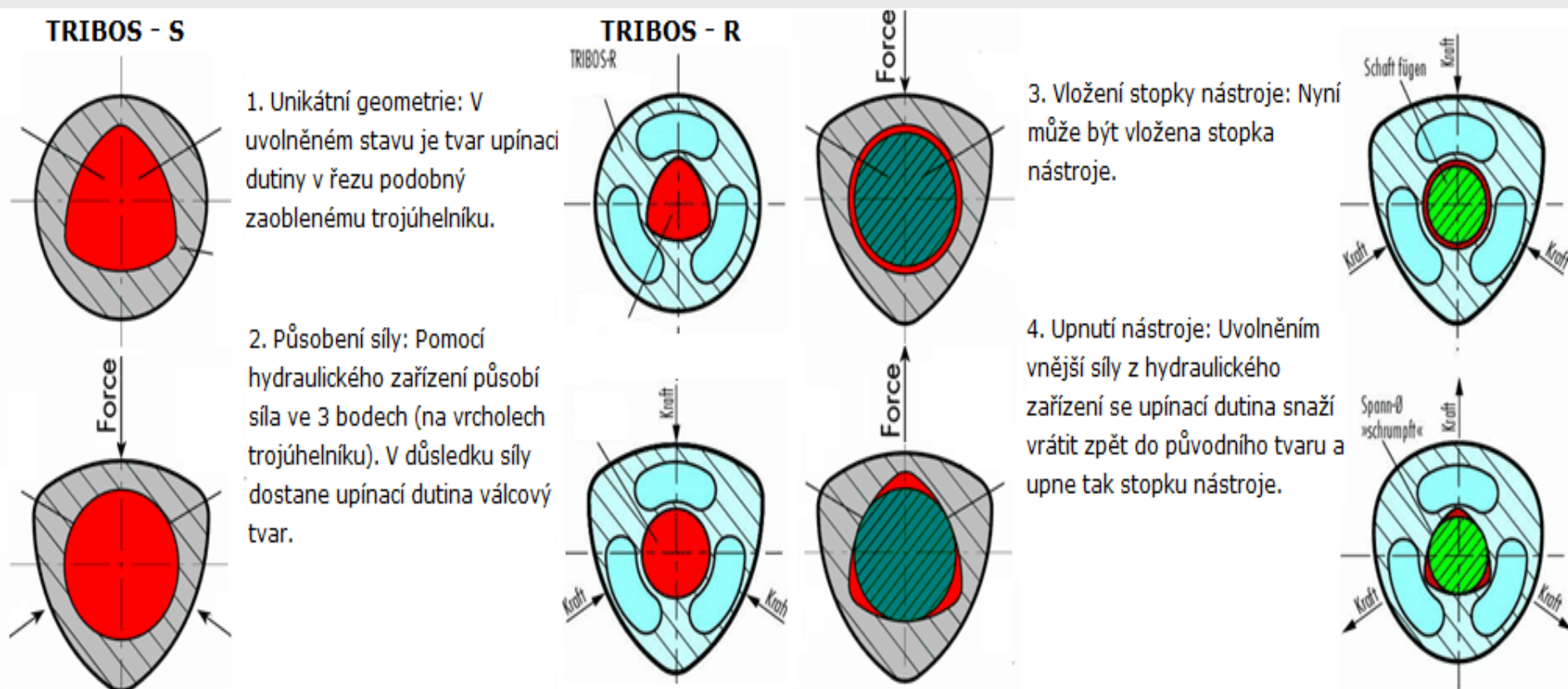
1. Unikátní geometrie: V uvolněném stavu je tvar upínací dutiny v řezu podobný zaoblenému trojúhelníku.

2. Působení síly: Pomocí hydraulického zařízení působí síla ve 3 bodech (na vrcholech trojúhelníku). V důsledku síly dostane upínací dutina válcový tvar.

TRIBOS - R

3. Vložení stopky nástroje: Nyní může být vložena stopka nástroje.

4. Upnutí nástroje: Uvolněním vnější síly z hydraulického zařízení se upínací dutina snaží vrátit zpět do původního tvaru a upne tak stopku nástroje.



Systémy upínání fréz – stopkové frézy

Systém TRIBOS

- Doba upínacího cyklu cca 30 s
- Bezúdržbový systém, Nedochozí k mechanickému opotřebení
- Vysoký stupeň vystředění nástroje: radiální házení $< 3 \mu\text{m}$
- Vysoký stupeň vyvážení: nevyváženost $< 4 \text{ g.mm}$
- Možnost upnout stopku z libovolného materiálu

Speciálně zkonstruované pro upínače TRIBOS funguje na principu mechanického stlačení hydraulické kapaliny $\Rightarrow$ dojde k deformaci upínací části vloženého upínače.

Po zasunutí vyměnitelné redukční vložky i s upínačem do upínacího zařízení se pomocí páky „natlakuje“ kapalina na požadovaný tlak a tak dojde k deformaci upínače (zaujme kruhový tvar). Poté se vloží nástroj a za pomoci přepouštěcího ventilu se tlak působící na pouzdro s upínačem uvolní a dojde k sevření nástroje.

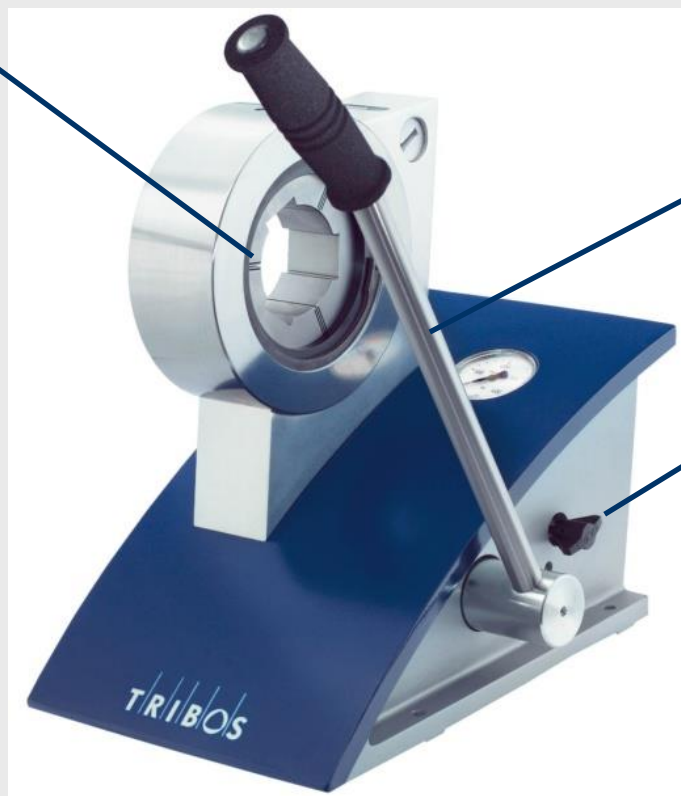


Systém TRIBOS

Hydraulický upínací
válec pro deformaci
průměru

Ruční pumpa pro
nastavení ovládacího
tlaku

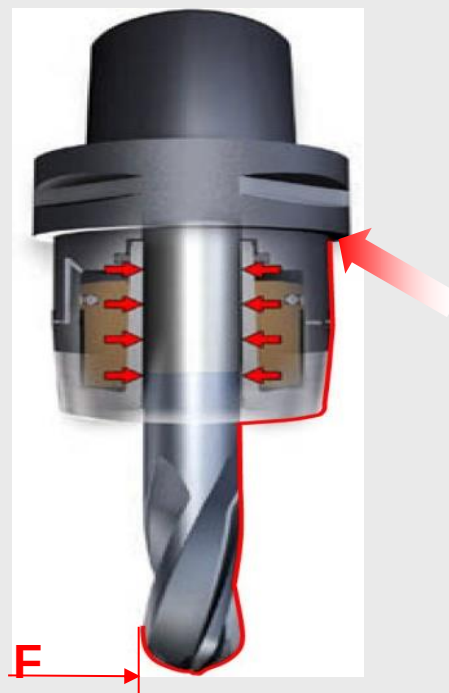
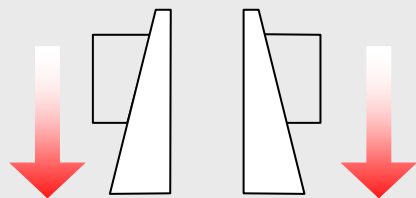
Šroub pro uvolnění
tlaku



Systémy upínání fréz – stopkové frézy

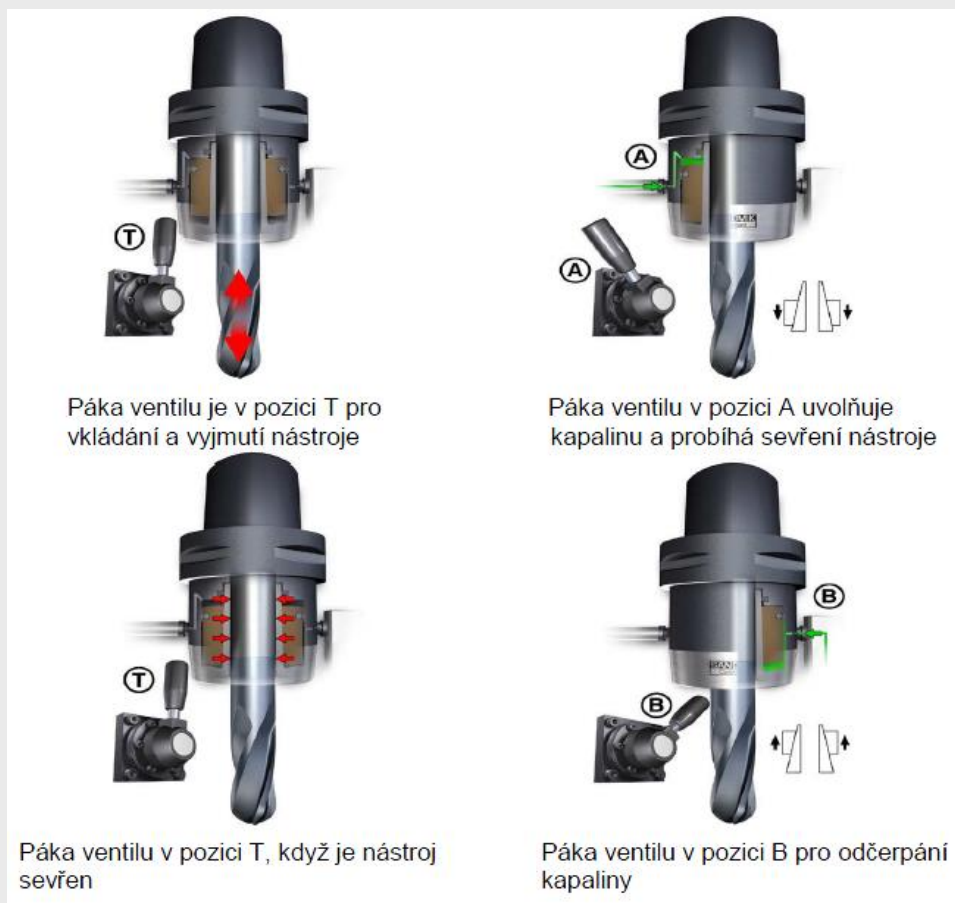
Systém CoroGrip – hydromechanický způsob upínání

- Extrémně vysoká schopnost přenosu kroutícího momentu zabraňuje vysouvání nástroje. Díky samosvornému mechanismu zůstává upínací síla konstantní v průběhu celé operace i při dlouhodobém používání.
- Lze používat spolu s kleštinou nebo bez ní, všechny typy řezných nástrojů s válcovou stopkou, stopkou typu Whistle Notch nebo Weldon



Systemy upínání fréz – stopkové frézy

System CoroGrip

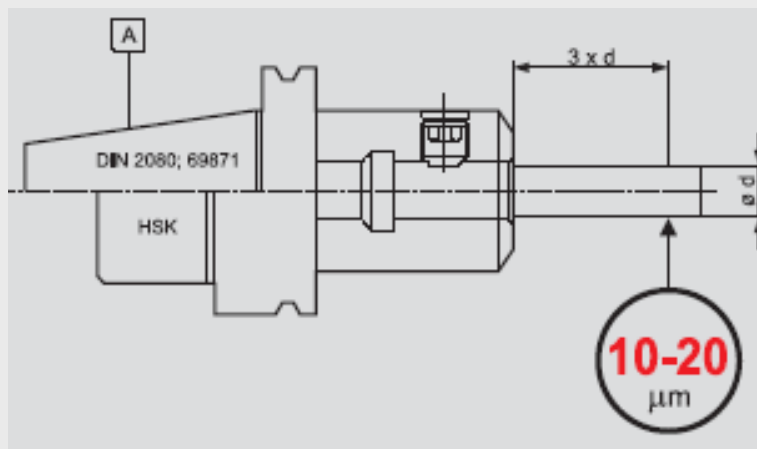
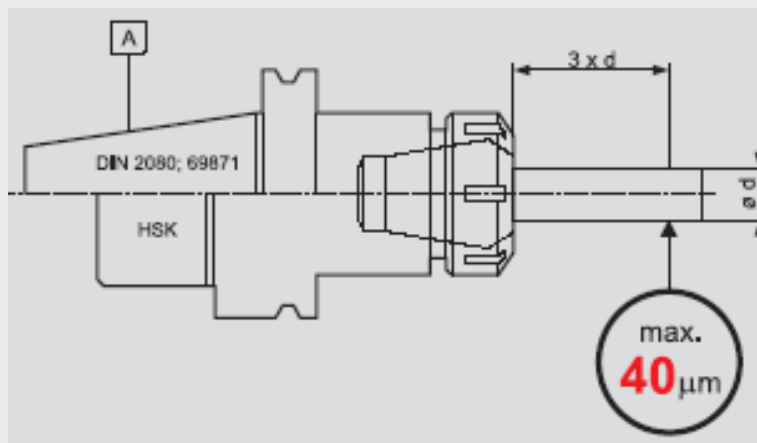


Systemy upínání fréz – stopkové frézy

Přesnost upínacího nářadí

Kleštinový upínač typ ER
+
kleština typu ER

Upínač Weldon
nebo
Whistle Notch



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vyvažování nástrojů

- Vysoké otáčky moderních obráběcích strojů vyžadují **vyvážené nástroje a držáky**. V opačném případě se snižuje přesnost obrábění i produktivita.
- Nevyvážené nástroje dosahují nižších životností a ložiska drahých vřeten se vlivem vznikajících sil poškozuji a v krátkém čase se stávají nepoužitelnými.
- Vinu na těchto negativních účincích má **nevývaha**, která vzniká při rotaci díky nestejnému rozložení hmotnosti.



Vyvažování nástrojů

- Nevývaha vytváří odstředivou sílu, která vede k nepříznivému chvění. Tato odstředivá síla roste kvadraticky s otáčkami, tzn. při stejné nevývaze působí na vřeteno při otáčkách $10\,000\text{ min}^{-1}$ 25krát vyšší odstředivá síla než při otáčkách $2\,000\text{ min}^{-1}$.
- Při vysokorychlostním obrábění, jakož i u těžkých nástrojů nebo nástrojů s velkým vyložení, je negativní působení nevývahy na držáku a na nástroji obzvláště patrné.



Vyvažování nástrojů

- Vznikající vibrace jsou škodlivé nejen pro vřeteno a nástroj, ale narušují spolehlivost procesu a přenášejí se i na obrobky.
- Způsobují rýhy na povrchu, které se musí odstraňovat dalším dokončovacím obráběním.
- Pro zajištění spolehlivosti procesu a požadovaných výsledků obrábění je nutné vibrace co nejvíce omezit.
- Jednou z možností, jak toho dosáhnout, je snížit otáčky, posuv a řeznou hloubku.



Vyvažování nástrojů

- Snížení otáček, posuvu a řezné hloubky sice vede ke klidnějšímu chodu, ale také ke snížení objemu výroby, tedy ke zhoršení produktivity.
- Druhým prostředkem je použití vyváženého nástroje a držáku. Vysoké otáčky, posuv a řeznou hloubku je možné zachovat.
- Při stejné kvalitě obrábění je dosaženo zřetelně lepšího řezného výkonu. Navíc dochází k úsporám díky prodloužení životnosti nástroje a vřetena.



Jednoduché vyvažování nástrojů

- S vhodným vyvažovacím přístrojem a praktickým programovým vybavením jde vyvažování jednoduše a rychle.
- Vložíte držák s nástrojem do přístroje a z menu vybere odpovídající předvolené údaje. O dalších potřebných krocích je již dále informován samotným přístrojem.
- Tak to probíhá u vyvažovacích přístrojů např. Tool Dynamic od firmy Haimer, který je dostupný v několika modifikacích – video https://www.youtube.com/watch?v=RIOESFN_6vY



Nerovnosti při frézování

- Při frézování vznikají na obrobeném povrchu vlivem kinematiky pohybu, t.j. vlivem
- rotačního pohybu nástroje a přímočarého pohybu obrobku nerovnosti, kterých výška je
- ovlivňována průměrem nástroje (při nahrazení cykloidního pohybu řezné hrany
- pohybem kruhovým) a posuvem na zub frézy podle vztahu:

$$R_{z \max} = \frac{f_z^2}{4 \times D}$$



Nerovnosti při frézování

- Z hlediska kvality povrchu je žádoucí, aby řezné hrany všech nožů ležely na jedné kružnici, kde geometrická osa a osa rotace jsou stejné. Pokud není tato podmínka splněna, jsou dvě příčiny rozdílností skutečných kinematických nerovností od teoretických.
- **První příčinou** rozdílností řezných kružnic jednotlivých nožů je nepřesné ustavení nožů v hlavě (při předpokladu, že geometrická osa těchto kružnic a osa rotace nástroje jsou shodné).



Nerovnosti při frézování

- V tomto případě se na odebírání třísky neúčastní všechny nože stejně, ale nože ležící na menším poloměru odebírají třísku menší tloušťky a délka třísky je pro každou řeznou hranu jiná. V krajním případě se může stát, že řezná hrana se vůbec neúčastní řezného procesu, důsledkem je podstatně větší tloušťka třísky odebraná následující řeznou hranou, její intenzivnější opotřebení a snížená životnost.



Nerovnosti při frézování

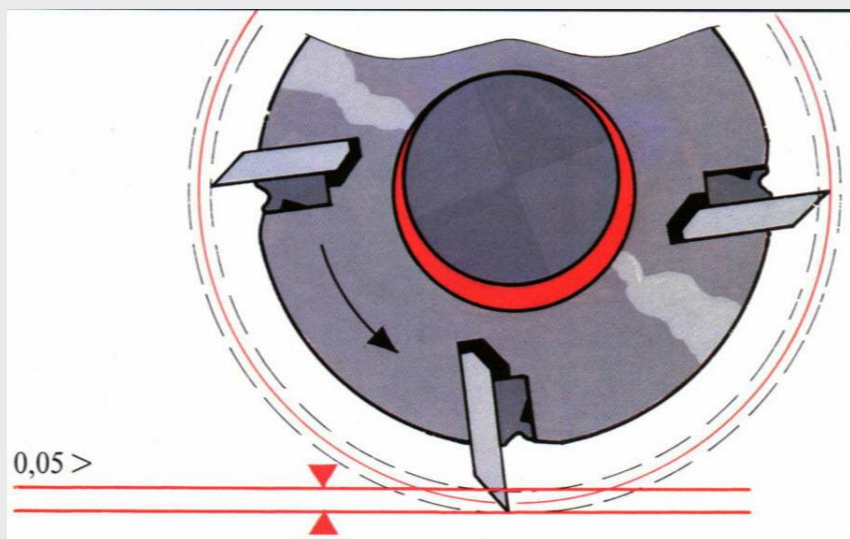
- **Druhým** zdrojem nepřesností (při předpokladu, že všechny řezné hrany leží na stejné kružnici, která je souosá s upínací dírou) je samotný způsob upevnění fréz s upínacím otvorem na vřeteně frézky, který je zabezpečený předepsaným způsobem upevnění H7/h6. Tohle upevnění umožňuje maximální vůli mezi největším průměrem otvoru frézy a nejmenším průměrem hřídele
pro průměr ϕ 60 mm $T_{\max} = 49 \mu\text{m}$,
pro průměr ϕ 40 mm $T_{\max} = 41 \mu\text{m}$ a
pro průměr ϕ 30 mm $T_{\max} = 34 \mu\text{m}$.



Nerovnosti při frézování – H7/h6

Způsob, jakým je nástroj připevněn na trn.

H7/h6



Maximální tolerance (vůle)

- Pro průměr ϕ 60 mm
 $V_{\max} = 49 \mu\text{m}$,
- Pro průměr ϕ 40 mm
 $V_{\max} = 41 \mu\text{m}$
- Pro průměr ϕ 30 mm
 $V_{\max} = 34 \mu\text{m}$.

