



## Současné trendy středění nástrojů pro výrobu přesných děr

Jan Řehoř<sup>1</sup>, Jaroslava Fulemová<sup>1</sup>, Karel Kouřil<sup>2</sup>, Pavel Matouš<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta Strojní, Katedra technologie obrábění, Univerzitní 8, 306 14 Plzeň. Česká republika. E-mail: rehor4@kto.zcu.cz, fulemova@kto.zcu.cz, matous@students.zcu.cz.

<sup>2</sup>HAM-FINAL s.r.o., Vlárská 22, 627 00 Brno. Česká republika. E-mail:kouril@ham-final.cz.

Výroba velmi přesných děr si žádá nejen velmi přesných nástrojů, ale taktéž sofistikovanějších způsobů jejich upínání. Současné upínací systémy lze rozdělit do dvou základních skupin, a to na aktivní a pasivní. Pasivní systémy mají různou přesnost upnutí nástroje, která vychází z vlastní konstrukce upínače. Přesnost upnutí je vyjádřena maximální obvodovou házivostí. Aktivní systémy vycházejí z pasivního systému středění řezného nástroje a navíc přidávají možnost seřizovat míru excentricity (házivosti) až do jednotek mikrometrů v oblasti řezné části nástroje. Tento článek ve své první části představuje běžně používané nástrojové upínače, jejich základní charakteristiku, výhody a nevýhody. Následně jsou představeny aktivní systémy středění nástrojů se zaměřením na nástrojový systém HAM-FINAL RC.

**Klíčová slova:** Vystružování, středění nástrojů, upínače, seřizování nástrojů

### 1 Úvod

Výroba děr patří mezi nejstarší a nejrozšířenější výrobní operace. Základní technologickou operací pro výrobu děr je vrtání. Technologii vrtání šroubovým vrtákem z rychlořezné oceli se však nedosáhne vyšších kvalitativních parametrů děr, které jsou dnes běžně požadovány. Výrobky jsou stále složitější, výroba hromadnější, zákazník náročnější a tento trend se odráží i ve výrobě. Trendem současnosti je tedy vyrobit přesnou díru s minimálními náklady. Pro termín přesná díra není přesně definována určitá hranice. Vždy záleží na aplikaci, pro kterou je díra určena a zda pro danou funkci splňuje požadovanou přesnost. Nicméně lze za přesné díry považovat ty, které mají toleranční stupeň do IT8 a drsnost povrchu Ra nižší než 0,8μm. V strojírenské praxi je výroba přesných otvorů silně zastoupena vystružováním. [1]

Hlavní podstatou vystružování je zvýšení kvality obrobeného povrchu, zlepšení geometrických úchylek tvaru a polohy a získání požadovaného rozměru předem vyhotovených děr. Ty mohou být vyrobeny vrtáním, frézováním, předlitím, či dalšími jinými metodami. V mnoha případech tyto díry nespĺňují zadané požadavky na přesnost a kvalitu a proto zde přichází na řadu právě vystružování. Vystružováním je standardně možné dosáhnout přesnosti rozměru IT6 – IT8 a drsnosti obrobeného povrchu Ra = 0,3 – 0,8μm [2]. Parametr Ra je jeden z mnoha faktorů, který je ovlivněn výběrem obráběcího stroje, řeznými podmínkami, nástrojem a jeho upnutím[3]. Co se týče geometrických tolerancí, lze vystružováním ovlivnit zejména geometrické tolerance tvaru a to kruhovitost a válcovitost. Dále jsou pro přesnou díru důležité také geometrické tolerance polohy, jako je rovnoběžnost, kolmost a sousost. Tyto jmenované lze vystružováním jen minimálně ovlivnit. Jejich výslednou hodnotu určují hlavně operace předcházející vystružování, jako je například vrtání, vyvrtávání, apod.[4]

Pro zajištění stability řezného procesu a na výsledné hodnoty kruhovitosti a válcovitosti, které jsou pro přesnou díru zásadní, má mimo jiné zásadní vliv soustava Stroj – Upínač – Nástroj – Obrobek a její stav. Základním požadavkem je celková tuhost soustavy S – U – N – O, čímž dochází k minimalizaci rezonančních kmitů. Dalším požadavkem je co nejnižší hodnota radiálního házení upnutého nástroje, v tomto případě výstružníku. Pokud je nástroj přesně vyroben a není poškozen, hodnotu radiálního házení ovlivňuje zejména nástrojový upínač, a to tím, jak přesně dokáže nástroj upnout.

### 2 Upínače pro nástroje s válcovou stopkou

Vzhledem k používání výkonnějších nástrojů, zvyšujícím se otáčkám pracovních vřeten strojů a stále rostoucím požadavkům na kvalitu obrobeného povrchu jsou na upínače kladeny vyšší a vyšší nároky. V úvodu byl poznamenán významný vliv upínače na přesné upnutí nástroje a v důsledku toho i na získanou rozměrovou a geometrickou přesnost vyrobené díry. Ideální upnutí by mělo být pevné, tuhé, přesné a spolehlivé. Správné upnutí má vliv nejenom na přesnost rozměrových a geometrických tolerancí, ale také na dosaženou drsnost povrchu, na trvanlivost nástrojů a jejich hospodárné využívání. Základní požadavky, které by měl upínač splnit, jsou [5]:

- dokonalý přenos krouticího momentu ze stroje na nástroj,
- vysoce přesné středění nástroje s dobrou opakovatelností,
- vysoká vlastní tuhost,
- snadná a rychlá manipulace při ruční výměně nebo úchopové místo pro automatickou výměnu,
- přívod procesní kapaliny do místa řezu,
- statické a dynamické vyvážení,
- vysoká životnost,

- cenová dostupnost a další zvláštní požadavky.

Pouze ve výjimečných případech se dnes nástroje upínají přímo do dutiny vřetena obráběcího stroje. Dříve často používané a relativně jednoduché řešení se vyznačuje výraznou nevýhodou a to, že nástroj musí mít rozměrnou, kvalitně vyrobenou a tedy i nákladnou kuželovou upínací stopkou. Celou problematiku ještě komplikuje velký počet druhů kuželů ve vřetení obráběcích strojů. Trendem je tedy zkonstruovat nástroj s výrazně méně nákladnou válcovou stopkou. V tom případě je však potřeba vyřešit problém, jak nástroj upnout a vzniká prostor pro další prvek a tím je upínač nástroje. [5]

### 3 Systémy středění řezných nástrojů

Na upínače lze pohlížet z mnoha různých pohledů. Pro získání přesné díry a docílení dobré kruhovitosti a válcovitosti je však zejména důležitý pohled z hlediska vystředění řezného nástroje. Upínací systémy lze rozdělit na aktivní a pasivní. Pasivní systémy mají různou přesnost upnutí nástroje. Ta vychází z vlastní konstrukce upínače. Výrobci jednotlivých upínacích systémů udávají hodnotu nepřesnosti upnutí – obvykle maximální obvodovou házivost. Tyto systémy nástroj tedy vystředí, ale jen na určitou hodnotu, kterou není možné dále ovlivnit. Pro mnoho aplikací je však tato hodnota dostačující. Druhou skupinou jsou aktivní systémy středění řezných nástrojů. Tyto systémy vychází z pasivních systémů středění nástrojů, ale přidávají možnost seřizovat míru excentricity (házíivosti) nástroje až do jednotek mikrometrů a to v oblasti řezné části nástroje.

## 4 Pasivní systémy středění řezných nástrojů

### 4.1 Upínače weldon a whistle notch

Jedná se 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 WhistleNotch 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 je vyžadováno používání nástrojů s přesnou stopkou h6. Nevýhoda těchto jednoduchých mechanických upínačů spočívá však v relativní hodnotě nevyváženosti. Nerovnoměrné rozložení hmotnosti je dáno principem upínání radiálním šroubem. Radiální šroub pak zase s výhodou udržuje nástroj ve správné poloze a zabraňuje vytažení nástroje z upínače či jeho prokluzu v upnutí [5].

### 4.2 Kleštinové upínače

Kleštinové upínače patří do skupiny upínačů na mechanickém způsobu upnutí nástroje. Princip kleštinových upínačů spočívá v zatlačování kleštiny (výměnné vložky) do kuželové dutiny upínače pomocí převlečné matice. Kleština je po obvodu opatřena zářezy, které umožní její malou pružnou deformaci a tím upnutí nástroje. Během dlouhodobého používání kleštinových upínačů bylo dosaženo jejich maximální technické dokonalosti. Přesto jsou v dnešní době často nahrazovány jinými způsoby upnutí a to z důvodu nižší upínací síly a horším hodnotám axiálního a radiálního házení. Rozsah upnutí každé vložky bývá 0,5 až 1 mm. K upínací 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 [5].

### 4.3 Hydraulické upínače

Tyto upínače pracují na principu deformace tenké vnitřní stěny upínací dutiny tlakem hydraulického média. Hydraulické upínače je možné rozdělit na dvě skupiny. Dělí se podle způsobu vyvození upínací síly.



Obr. 1 Hydraulický upínač [6]  
Fig. 1 Hydraulic tool holder [6]

#### 4.4 Tepelné upínače

Tepelná upínací pouzdra, viz obr. 2, jsou vyrobena ze speciálních materiálů a pracují na principu tepelné dilatace materiálu. Ohřev pouzdra upínače umožní vsunutí nástroje a po zchlazení je dosaženo velmi dokonalého a tuhého upnutí. Pro vyjmutí nástroje je třeba opět upínač ohřát. K ohřevu je nutno používat speciální přístroje obvykle fungující na principu indukčního ohřevu a dále je nutné rychlé vzduchové zchlazení. Ohřev upínacího pouzdra na teplotu kolem 250 – 350°C se pohybuje v řádu několika sekund. Při této teplotě nedochází k žádným strukturálním změnám materiálu a je důležité, aby nedošlo k ohřevu na vyšší teplotu. Při teplotě kolem 500°C může dojít k popuštění a materiál pouzdra ztratí své mechanické vlastnosti a tepelný upínač už nemůže plnit svou funkci.

Největší výhodou tepelných upínačů jsou minimální rozměry upínacího systému dovolující konstrukci velmi štíhlých upínačů pro hloubkové frézování. Na stopky nástrojů jsou kladeny opět vysoké nároky – vybrané průměry a vysoká přesnost. Pro upínání je nutno používat speciální přístroje s horkovzdušným či induktivním ohřevem a rychlým vzduchovým chlazením. V tepelných upínačích je možné upínat i nástroje s boční ploškou a při správném používání výrobci deklarují, že tepelné pouzdra zvládnou více než 5000 upínacích cyklů [7].

Nevýhodou je nutnost přídavného zařízení pro upínání a uvolňování nástroje a také z pohledu bezpečnosti práce není ideální, že se ve výrobě vyskytují součásti o vysoké teplotě.



Obr. 2 Tepelný upínač a rozložení teplot na upínači [8 a 9]  
Fig. 2 Shrink fit tool holder and heat distribution on the tool holder [8 a 9]

#### 4.5 Silově deformační upínače

Hlavním představitelem této skupiny je mechanický (silově- deformační) polygonální systém TRIBOS. Jedná se o patentovaný systém společnosti SCHUNK vyznačující se unikátní geometrií upínací dutiny. Dutina má v nezatíženém stavu tvar „zaobleného trojúhelníku“ a po zatížení hydraulickým zařízením je vyvozena vnější síla působící na přírubu upínače ve přesně definovaných bodech. V důsledku zatížení dostane upínací dutina válcový tvar a je možné vložit nástroj. Po uvolnění vnější síly je nástroj upnut [10]. Princip upnutí spočívá v pružné deformaci těla upínače. Výhodou je, že nedochází k žádným molekulárním změnám v materiálu. Výrobce neudává žádný limitní počet upnutí. Nevýhodou lze spatřovat v potřebě zařízení, které provádí deformaci upínače a je potřeba nepřesáhnout hodnotu vyvozené síly. Za další nevýhodu může být považováno, že upínač nezajišťuje nástroj vůči vytažení.

### 5 Aktivní systémy středění řezných nástrojů

Aktivní systémy středění nástrojů vychází z pasivních systémů středění nástrojů, ale přidávají možnost seřizovat míru excentricity (házivosti) nástroje až do jednotek mikrometrů. Jednotliví výrobci pasivních systémů středění sice udávají velikost maximální házivosti nástrojů (v řádu mikrometrů), avšak tato radiální házivost není určena v oblasti řezného břitu nástroje, ale ve vzdálenosti X násobku průměru nástroje od čela upínače, viz. Tab1. S rostoucí délkou nástroje však přímo úměrně roste i hodnota radiální házivosti. Řešení tohoto problému nabízí právě aktivní systémy středění řezných nástrojů, u kterých lze velikost radiálního házení korigovat v oblasti řezných břitů nástroje.

Tab. 1 Obvodové házení jednotlivých systémů upínání

Tab. 1 Radial runout of each tool holders

Typ upínače	Weldon	Kleštinový	Hydraulický	Tepelný	Silově deformační
Házivost	15-20 $\mu\text{m}$	10-20 $\mu\text{m}$	$\leq 3 \mu\text{m}^*$	$\leq 3 \mu\text{m}^{**}$	$\leq 3 \mu\text{m}^*$

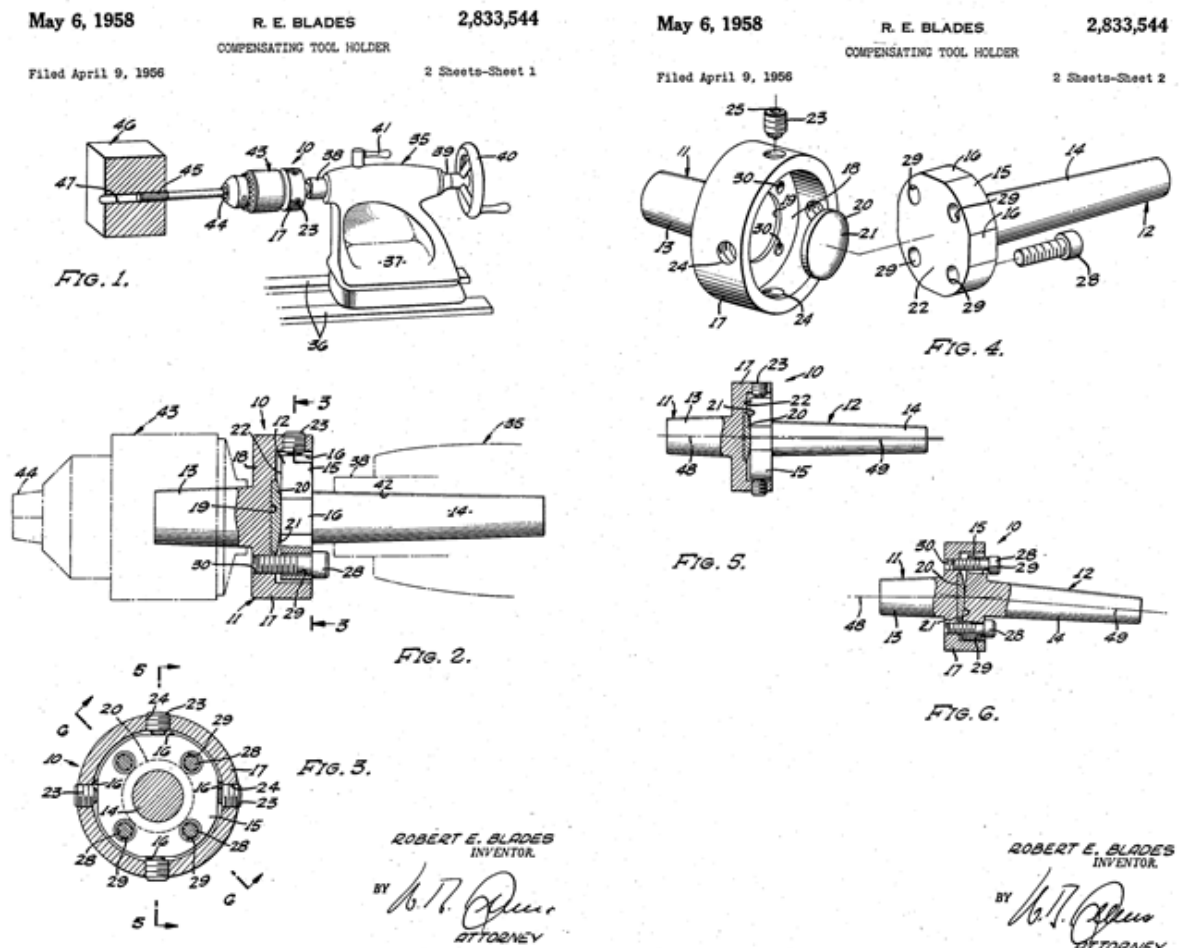
\* Měřeno ve vzdálenosti 2,5 D od čela upínače

\*\* Měřeno v upínacím průměru

Tyto upínací systémy nacházejí své uplatnění zejména u výroby přesných otvorů metodou vystružování. Problematika přesného upnutí výstružníku je již delší dobu řešena. Tomu napovídají patenty, které řešily, jak regulovat velikost obvodového házení nástroje dané vlivem nepřesností od upínacího zařízení či vřetena stroje. Například v roce 1956 si nechal takovýto systém, pod názvem Compensating tool holder (Kompenzační držák nástroje), patentovat Robert E. Blades.[11]

Tento vynález řešil regulaci centricity nástroje upnutého v tříčelisťovém sklíčidle pomocí vyrovnávací části, označená (pozice 10). Po obvodu vyrovnávací části byla umístěna čtveřice stavěcích šroubů (pozice 23), která umožňovala seřizovat radiální házení. Úhlové naklonění bylo seřizováno pomocí 4 šroubů (pozice 28).

I v současné době společnosti zabývající se problematikou vystružování nabízí podobné avšak mnohem sofistikovanější systémy. Systémy aktivního středění výstružníků mají ve svém sortimentu například společnosti MAPAL, DIHART (součástí skupiny firem KOMET) a také český zástupce – společnost HAM-FINAL.



Obr. 3 Kompenzační držák nástroje [11]  
Fig. 3 Compensatory tool holder [11]

Jak už bylo zmíněno výše, aktivní systémy středění řezných nástrojů vychází z pasivních systémů. Na obr. 4 je kompenzační upínač využívající způsob upnutí metodou WELDON, dále pak produkt DAH od společnosti Dihart, který řeší upínání nástroje pomocí hydraulického upínače a systém HAM-FINAL RC, který využívá upnutí pomocí kleštinou.

Způsob upínání nástroje je tedy řešen u jednotlivých výrobců rozdílně, ale všechny vycházejí ze stejného principu konstrukce. Upínací systém má vždy část, za pomoci které se upíná nástrojový systém do stroje (HSK, SK kužel, apod.). Druhou částí je příruba, která umožňuje pomocí šroubů cíleně regulovat házení nástroje a třetí je nástrojový upínač.

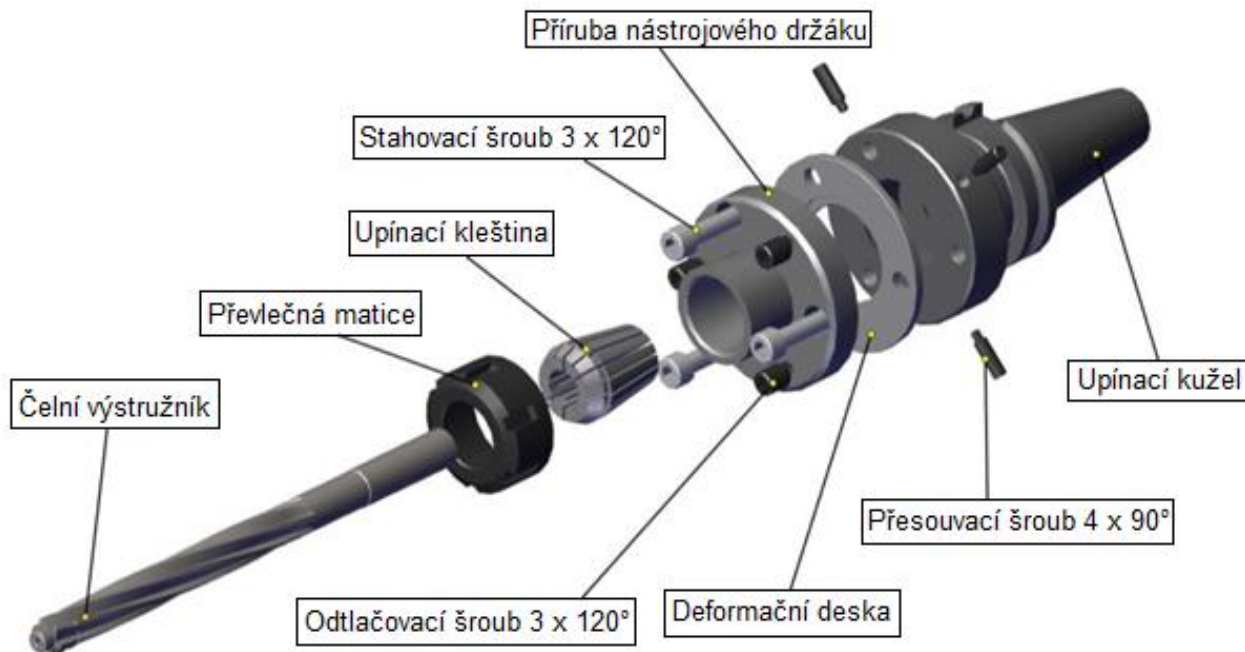


Obr. 4 Systémy aktivního středění společností: a) Diatool [13], b) Dihart DAH [14], c) HAM-FINAL RC [12]  
 Fig. 4 Systems of active centring from companies: a) Diatool [13], b) Dihart DAH [14], c) HAM-FINAL RC [12]

## 6 HAM-FINAL RC

Českým zástupcem mezi výrobci aktivních systémů středění nástrojů je brněnská firma HAM-FINAL s nástrojovým systémem HAM-FINAL RC (Regulace Centricity). Tento systém představuje vysoce efektivní technologii dokončování přesných děr od průměru 2,5 do 20,1 mm ve stupni přesnosti IT7 do hloubek až 8D. Je určen pro obráběcí stroje s rotací nástroje a s dostatečnou přesností, pro bezvúlové uložení a s dostatečnou tuhostí vřetena. Zejména tedy pro obráběcí centra. Nástrojový systém HAM-FINAL RC je tvořen dvěma základními prvky a těmi jsou čelní výstružníky a RC upínací hlavice. Čelní výstružníky jsou rozděleny dle jejich aplikace do řad označených 6810, 6811 a 6813. Všechny výstružníky jsou vyráběny z vysoce kvalitního slinutého karbidu (K10 – K30 ultra-mikrozrno) v provedení s tvrdým otěruvzdorným povlakem TiAlN. Varianta 6810 je určena pro vystružování děr do měkkých materiálů s tvrdou třískou. Varianta 6811 umožňuje vystružování děr v tvrdých materiálech do tvrdosti 48 HRC. Varianta 6813 je určena pro vystružování děr v abrazivních materiálech, které dávají sypkou třísku (např. šedá litina). RC upínací hlavice je standardně dodávána s upínacím kuželem DIN 69871 (možno i s jinými variantami) a přírubou pro komplexní seřízení sousostí upnutého čelního výstružníku s osou jeho vlastní rotace. Seřízení této sousostí je velmi přesné a je nutnou a zásadní podmínkou pro dosažení efektivního a přesného vystružování.

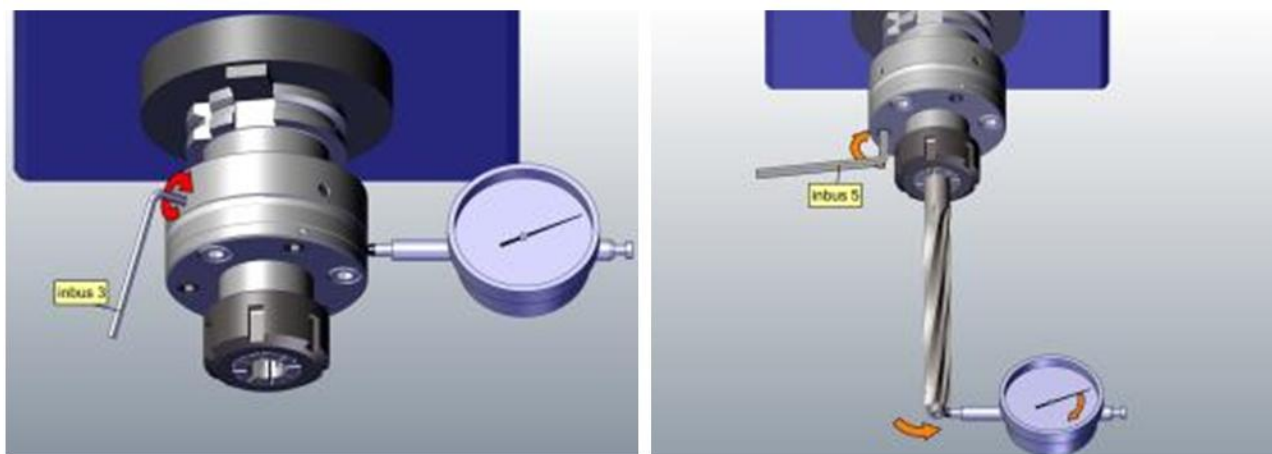
Hlavní výhodou systému je, že přesně centricky upnutý čelní výstružník řeže obráběný materiál prakticky pouze břity na čele řezné části nástroje, takže má z části povahu vyvrtávacího nástroje a z části výstružníku. Čelním vystružováním se pak minimalizuje kopírování polohové a tvarové nepřesnosti předpracovaných děr. Příklad na vystružování se volí v rozmezí 0,3 – 1 mm na průměr předpracované díry. [12]



Obr. 5 Rozstřel sestavy nástrojového systému HAM-FINAL RC  
Fig. 5 Linear transformation of HAM-FINAL RC assembly

## 7 Princip seřízení nástrojového systému HAM-FINAL RC

Seřízení souososti osy čelního výstružníku s vlastní osou rotace je základní a nutná podmínka přesného vystružování. Seřízení je možné provádět přímo na stroji nebo provádět postup analogicky mimo stroj na pomocném měřícím zařízení. Seřízení na stroji spočívá v upnutí upínacího kuželu do dutiny vřetene obráběcího stroje. Při pootáčení vřetene se změří a následně seřídí nejdříve házení příruby nástrojového držáku. To se provede pomocí čtyř přesouvacích šroubů po obvodu příruby, viz obr. 6 (vlevo). Po provedené regulaci házivosti v oblasti upnutí nástroje, je třeba změřit a regulovat házení v oblasti řezných břitů viz obr. 6 (vpravo). Toho se docílí pomocí jemného seřízení třech odtlačovacích šroubů a měření házení se provádí na válcovém čepu na špičce nástroje. Odtlačovací šrouby se opírají o deformační desku. Tato součást je tvořena třemi opěrnými a třemi pružnými segmenty umožňujícími velmi jemné seřízení centricity upnutého čelního výstružníku na válcovém čepu. Vysoká tuhost seřízené upínací hlavice vůči řezným odporům je dána přepětím třech stahovacích šroubů [12].



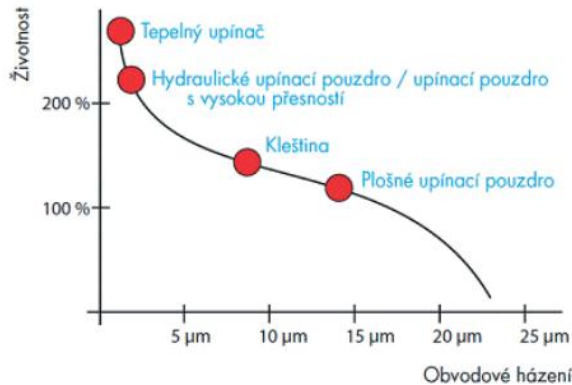
Obr. 6 Seřízení házivosti příruby (vlevo) a seřízení házivosti na čepu nástroje (vpravo)  
Fig. 6 Setting a collar run-out (left) and setting of run-out on the tool plug (right)

## 8 Závěr

Vystružováním je dlouhodobě známou a v strojírenské praxi velmi často využívanou technologií třískového obrábění a řadí se mezi dokončovací metody obrábění. Výroba přesných děr vystružováním, ale patří mezi přesnější metody obrábění. Požadavky na rozměrovou, tvarovou přesnost díry a kvalitu obrobeného povrchu jsou velmi v řadě případů velmi

vysoké. Jednou z podmínek přesného vystružování je souosost výstružníku s osou vlastní rotace. K tomu je zapotřebí správného upnutí řezného nástroje.

Současná nabídka v oblasti systémů středění řezných nástrojů nabízí dvě možné varianty. Využití pasivních systémů středění nebo aktivních systémů středění řezných nástrojů. Přesnost upnutí nástroje je výrobcí popisována maximální hodnotou radiálního házení upnutého nástroje. Tato hodnota má vliv jak na parametry výsledného otvoru, tak i na životnost nástroje viz obr. 7. Pasivní systémy mají tuto hodnotu danou vlastní konstrukcí a nelze ji dále ovlivňovat. Pro mnohé případy vystružování jsou však dostačující.



Obr. 7 Závislost obvodového házení na životnosti nástroje [15]  
Fig. 7 Dependence of radial runout on tool life [15]

Aktivní systémy středění umožňují cíleně regulovat házení upnutého nástroje. Tím umožňují splnění náročných požadavků na vlastnosti přesných děr. Jejich využití je zejména výhodné při vystružování děr čelními výstružníky, především tam, kde jsou kladeny vysoké požadavky na rozměrovou, tvarovou a polohovou přesnost vystružených děr. Dalším typickým uplatněním středících upínacích systémů je upínání výstružníků s abnormální délkou vyložení řezných břitů, nebo sružených nástrojů zejména s břity z PKD.

Článek si klade za cíl seznámit odbornou veřejnost se současnými systémy středění řezných nástrojů a dále představit českého zástupce mezi aktivními systémy středění řezných nástrojů, kterým je produkt HAM-FINAL RC.

## Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory GA ZČU v Plzni: SGS-2013-031 „Výzkum a vývoj pro inovace v oboru strojírenská technologie – technologie obrábění“.

## Literatura

- [1] ČMIEL, Milan. *Vývoj nástrojů s PKD, CVD vrstvou a CVD povlakem pro dokončování děr*. Brno, 2009. Dostupné z: [http://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/9338/2009\\_DP\\_Cmiel\\_Milan\\_84601.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/9338/2009_DP_Cmiel_Milan_84601.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [2] *Hole finishing - Kennametal*. 2012. Dostupné z: [http://www.kennametal.com/content/dam/kennametal/kennametal/common/Resources/Catalogs-Literature/Metalworking/Master%20Catalog%20-%20Metric%20Sections/A-11-02679\\_MasterCat\\_rotating\\_holefinishing\\_metric.pdf](http://www.kennametal.com/content/dam/kennametal/kennametal/common/Resources/Catalogs-Literature/Metalworking/Master%20Catalog%20-%20Metric%20Sections/A-11-02679_MasterCat_rotating_holefinishing_metric.pdf)
- [3] NOVÁK, M., NÁPRSTKOVÁ, N., Vliv řezných podmínek na drsnost povrchu pro broušení oceli X6CrNiMoTi. *Strojírenská technologie*. 2013, roč. 18, č. 3, s. 182-186. ISSN1211-4162
- [4] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001, 273 s. ISBN 80-708-2823-4.
- [5] ČVUT. Upínače rotačních nástrojů [online]. 2013 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: [http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013\\_6\\_Upinace\\_rotacnich\\_nastroju\\_2013.pdf](http://u12134.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013_6_Upinace_rotacnich_nastroju_2013.pdf)
- [6] Hydraulický upínač [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.winter-servis.cz/obrazy/schunk/tendo1.jpg>
- [7] Polygonální upínače nástrojů TRIBOS. Business life: Strojírenský speciál MSV 2014 [online]. 2014, s. 2 [cit. 2014-11-26]. Dostupné z: <http://www.business-life.cz/wp-content/uploads/2014/09/Speci%C3%A1l-MSV-2014.pdf>

- [8] Rozložení teplot na upínači [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: [http://nd06.jxs.cz/046/934/ac2c2c66b3\\_97194621\\_o2.jpg](http://nd06.jxs.cz/046/934/ac2c2c66b3_97194621_o2.jpg)
- [9] Tepelný upínač [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: [http://d2n4wb9orp1vta.cloudfront.net/resources/images/cdn/cms/MMS\\_1109\\_ct\\_schunk.jpg](http://d2n4wb9orp1vta.cloudfront.net/resources/images/cdn/cms/MMS_1109_ct_schunk.jpg)
- [10] Sborník z 2. workshopu v rámci projektu POSPOL: Upínače Schunk. Plzeň: ZČU, 2012.
- [11] BLADES, Robert. Compensatingtoolholder [patent]. USA. B23B 31/02, US2833544 A. Uděleno 6. květen 1958. Dostupné z: <http://www.google.com/patents/US2833544>
- [12] Interní materiály společnosti HAM-FINAL
- [13] Diatool [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: [http://www.dektechnik.cz/others/Katalog\\_Diatool.pdf](http://www.dektechnik.cz/others/Katalog_Diatool.pdf)
- [14] Dihart DAH [online]. 2014 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.directindustry.it/prod/komet-group/alesatori-7054-564238.htm>
- [15] Garant. *Příručka obrábění*. [Německo] : [s.n.], [2006]. 640 s.

## Abstract

**Artilec:** **Modern trends of tool centring for manufacturing precise holes**

**Authors:** Řehoř Jan<sup>1</sup>  
Fulemová Jaroslava<sup>1</sup>  
Kouřil Karel<sup>2</sup>  
Matouš Pavel<sup>1</sup>

**Workplace:** <sup>1</sup>Faculty of Mechanical Engineering, UWB in Pilsen, PILSEN, Czech Republic  
<sup>2</sup>HAM-FINAL s.r.o., BRNO, Czech Republic

**Keywords:** Reaming, tool centring, tool holders, tool adjusting

Production of very precise hole is complex problem, because there is demand on both very high-quality (precise) tools and more sophisticated system of their clamping. There are two basic groups of current tool holders; we can call them active and passive. Passive systems have different accuracy of tool clamping. It is caused by own design of tool holder. Accuracy of clamping is stipulated in maximal radial runout. Active systems are based on passive systems of tool centring and in addition there is possibility to adjust value of eccentricity in micrometers at the area of tool edge. At the beginning of this article there are introduced tool holders for tool with straight shank, it means their characteristic, pros and cons of their usage. Basic requirements, which the tool holder should meet, are following: perfect transmission of torque from a machine tool to a tool, ultra-precision tool centring with very good repeability, high own rigidity, easy and fast manipulation during hand exchange or a grip place for automatic exchange, cutting fluid supply into the place of cut, static and dynamic balancing, high service life, reasonable price and others. The next part is focused on description of active tool centring systems. As it was mentioned above, active systems of tool centring are based on passive systems, but there is possibility to set up the value of eccentricity in micrometers. Each producer of passive tool centring systems mentions the maximum value of tool radial runout; however this value is not measured in the area of tool edge, but in distance of X multiple of tool diameter from the rake of tool holder, see in the Tab. 1. Value of radial runout is proportionally rising with the length of tool. Solving of this problem is connected to active tool centring systems, which are able to set up the value of radial runout in the area of tool edge. These systems are suitable for production of very precise holes by reaming technology. Precise clamping of reamers is solved very long time (since 1956). Companies' MAPAL, DIHART and Czech company HAM-FINAL devoleped special centring system. System of adjusting can be seen in Fig. 6 and the design is in the Fig. 5.

