

# Nástroje a nástrojové soustavy

*Petr Borovan, Petr Kolář*

## Abstrakt:

Současné vývojové trendy jednotlivých skupin oboru řezných a upínacích nástrojů a jejich dokladování exponáty veletrhu EMO 2009. Nástroje z pohledu účelu, výkonu, životnosti, obráběných materiálů a oblastí použití. Ekonomické přínosy nových nástrojů uživatelům. Zastoupení předních výrobců na veletrhu a představení novinek jednotlivými vystavovateli.

## 1 Úvod

Přesto, že se veletrhu EMO 2009 nezúčastnily špičkové firmy v oboru (Sandvik Coromant, Seco, Walter, Mitsubishi Carbide a další) - dle soukromých diskuzí vedených při jiných příležitostech je údajným důvodem snaha šetřit a disponibilní prostředky směřovat tam, kde přinesou větší efekt - bylo možno jak z expozic výrobců kteří se zúčastnili, tak z novin pro rok 2009 a 2010 avizovaných těmi, kteří přítomni nebyli či z odborné literatury, vysledovat několik základních trendů.

V prvé řadě je nutno konstatovat, že se neobjevila nějaká zásadní a převratná novinka. Vystavované či avizované novinky představují rozšíření stávající nabídky ve směru velikosti. Lze zde zaznamenat stále zlepšování užitečných vlastností stávajících nástrojů buď vyšší produktivitou dosahovanou novými modifikacemi, zvětšením oblasti možného použití směrem rozšíření spektra opracovávaných materiálů jedním nástrojem, či podstatně vyšší životností. Je snaha nabízet komplexní sortiment nástrojů pro opracování neortodoxních materiálů - titanu a jeho slitin, nerezové oceli, vysocelegovaných slitin, kompozitů vyztužených uhlíkovými vlákny a pod. Při opracování lehkých slitin (ale nejen těch) je kladen důraz na nástroje schopné nejvyššího úběru za jednotku času. Dále se oblast užití rozšiřuje do medicínských aplikací (např. opracování obecných ploch kloubních náhrad). Miniaturizace nástrojů dovoluje opracovávat takové subtilní struktury jako jsou opticky aktivní plochy dutin forem na stříkání plastů, nebo opravy tištěných spojů. Tahounem inovace po snížené poptávce automobilového průmyslu se stává letecký průmysl a kosmonautika, což má za následek tlak na ekonomické opracování dílců i v malých sériích a snahu více využívat víceprofesní centra. Výsledné slučování operací na jednom stroji je důvodem, že rozšiřuje spektrum nástrojů vynucených tímto vývojem MTC i nástrojů poháněných, které rozšiřují technologické možnosti strojů, na nichž jsou nasazeny. Snaha po zvýšení produktivity vyvolává nové materiály i polotovary nástrojů.

Výše uvedené trendy lze ilustrovat na příkladech popsanych v následujících kapitolách.

## 2 Vybrané zajímavosti v oblasti nástrojových systémů

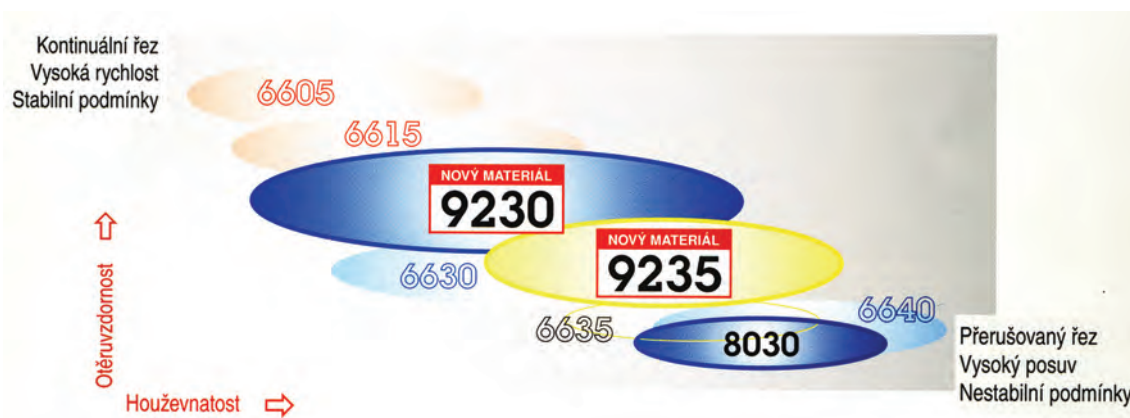
### 2.1 Polotovary ze slinutého karbidu a materiály pro vstřikovací formy

Pokrok ve výrobě polotovarů z SK pro monolitní stopkové nástroje lze nejlépe ilustrovat na nabídce společnosti Gühring. V jejím berlínském provozu se vyrábí ročně cca 1000 tun polotovarů v celkem 11 jakostech, které se liší tvrdostí od 1500 do 1920 HV30, velikostí zrna od 0,2 do 1,2  $\mu\text{m}$  a různým zastoupením dotýkajících prvků. Standartní délka polotovaru obnáší 330 mm a nejmenší dodávaný průměr v této délce je 1,2 mm. O technologických možnostech svědčí fakt, že např. pro stopkové nástroje s vnitřním přívodem chladiva lze dodat polotovar o průměru 3,3 mm, opatřený dvěma průchozími otvory průměr 0,4 mm ve spirále o stoupání 30° a s roztečí 1,6 mm. Rozvoj nástrojařských ocelí lze zaznamenat v nabídce materiálů pro vstřikovací formy pro vstřikování plastů. Moderní materiály pro tyto účely se musí vyznačovat odolností proti opotřebení, dobrou obrobitelností (čas pro obrobení velké dutiny ovlivňuje dodací lhůtu formy), velmi dobrou tepelnou vodivostí která určuje cyklus formy, dobrou leštitelností, rozměrovou stálostí atd. V řadě případů jsou již dodávány tepelně zpracované na a nebo je doporučováno konečné tepelné

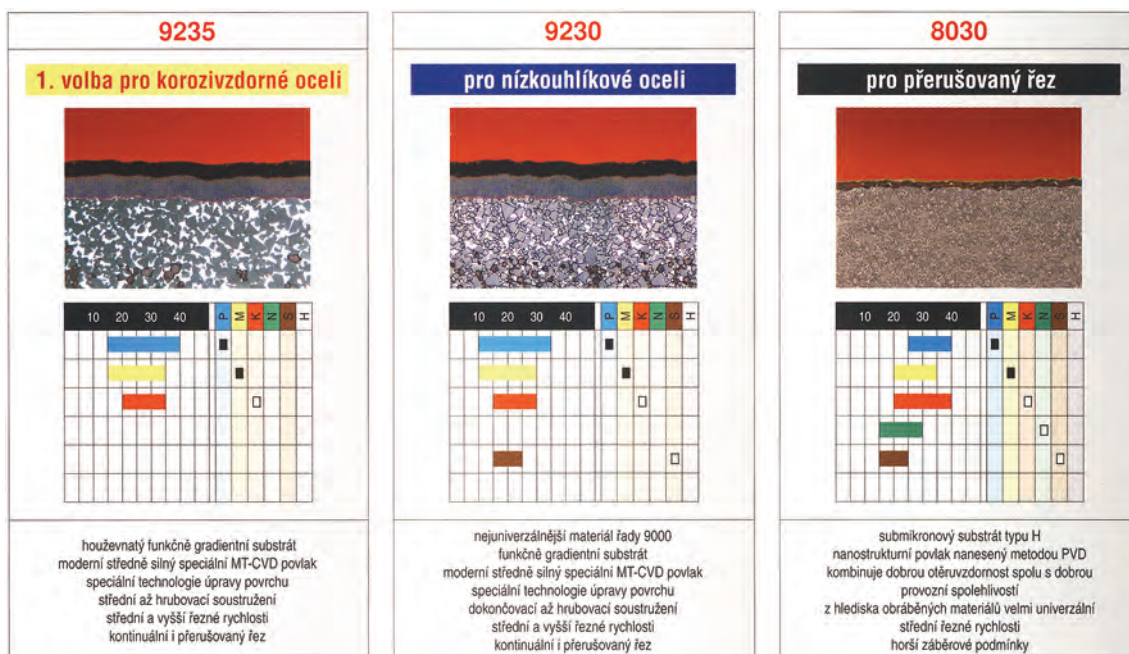
zpracování ve smluvních zařízeních výrobce, aby byly zaručeny deklarované vlastnosti. Jako alternativu k běžným ocelím 1.2311 a 1.2312 dodává švédský výrobce SSAB Oxelösund AB nízkouhlíkové oceli Toolox 33 a 44, které se vyznačují vynikající obrobiteľností, vysokou houževnatostí, pevností v tahu 1080 MPa (1400 MPa), minimálním zbytkovým napětím a tepelnou vodivostí 37 W/mK (34W/mK), což je vyšší než vykazují oceli srovnatelné. Jsou tepelně zpracované na tvrdost 30 (45) HRc. Další švédská společnost Uddeholm nabízí speciálně pro formy vystavené korozivním účinkům nerezovou ocel Ramax LH, vyvinutou pro optimální obrobiteľnost a vyrovnanou tvrdost ve všech směrech. Vyznačuje se vysokou korozivzdorností a velmi dobrou rozměrovou stabilitou. Specializovaný materiál SDC s obsahem 5% Cr, zaručující vyšší životnost zejména velkých forem pro tlakové lití lehkých slitin, nabízí společnost Auber&Duval. Materiál se vyznačuje odolností proti únavovým poruchám a tepelným rázům.

## 2.2 Řezné nástroje - řezné materiály, geometrie, seřízení axiální a radiální polohy VBD

Výsledky výzkumě-vývojových úkolů z poslední doby umožňují vyrábět surogáty z vysoce jemnozrnného slinutého karbidu, které ve spojení se současnými High-Tech povlaky docilují vysoké houževnatosti a tvrdosti resp. odolnosti proti opotřebení. Vizualně lze tento trend nejlépe znázornit na známém grafu, kde na svislé ose je otěruvzdornost a na vodorovné houževnatost. Oblast použití se stále rozšiřuje, materiály se stávají univerzálnější a dosahují vysoké životnosti i při přerušovaných řezech a nestabilních podmínkách obrábění (obr. 1). Tohoto výsledku se dosahuje snížením teplot nanášení povlaku (postupy MT-CVD či PVD), zvyšováním přilnavosti povlaku k substrátu a vytvářením vrstev zajišťujících růst žádoucí  $\alpha$ -modifikace  $Al_2O_3$ , která je vynikajícím tepelným izolantem a zabraňuje vysokoteplotní oxidaci. Houževnatost spolu s velkou



Obr. 1: Příklad diagramu otěruvzdornost vůči houževnatosti (soustružnické materiály Pramet)



Obr. 2: Příklad volby struktury a povlaků SK pro specifické aplikace (soustružnické VBD Pramet)

otěruvzdorností dovoluje nabízet výměnné břitové destičky či monolitní nástroje s vysocepozitivní geometrií řezné hrany a tím přispívat ke snižování řezných sil. Povrchové vrstvy povlaku jsou voleny tak, aby se zlepšily tribochemické vlastnosti povlaku, zabránilo se vzniku nárůstků a usnadnil se odchod třísky (obr. 2). V řadě případů má barevně odlišná vrchní vrstva povlaku za úkol indikovat míru opotřebení VBD (Walter, Pramet). Dalším aspektem, zvyšujícím výkon a životnost řezného materiálu, resp. nástroje, je jeho konečná preparace. Nejde jen o perfektní mikrogeometrii řezné hrany zahrnující detailní rozměry fásky a její geometrie, ale především o cílenou eliminaci tahových napětí, které v řezné hraně vznikají při povlakování. Kartáčováním či přesně definovaným otryskáním se docílí nejen definovaného zaoblení řezné hrany, ale do řezné hrany jsou současně vnášena i tlaková napětí, která zabraňují vzniku trhlin a tím i předčasnému vylamování hrany. Otázka preparace je však stále předmětem intenzivního výzkumu zejména na vysokých školách (TU Dortmund, TU Hannover), protože dosud nelze zcela bezpečně predikovat a zaručit výsledky pro všechny typy nástrojů.

Obecný trend vývoje upínání VBD jde cestou zvyšování tuhosti a bezpečnosti upnutí. Snaha po zvyšování produktivity a kvality výroby se projevuje i v několika zdánlivě okrajových vývojových směrech. Nutnost plně využít celou řeznou hranu kruhových VD zejména s PCBN vede k destičkám, které díky jsou opatřeny polohovacími prvky, takže po opotřebení části kruhové řezné hrany se destička pootočí o definovaný úhel a řeznou hranu lze optimálně využít (Iscar, Mapal). Možnost mikroseřízení řezné hrany se využívá pro dosažení přesných rozměrů u výstružníků a komplexních vyvrtávacích nástrojů; přesné axiální seřízení břitů řezných destiček čelních fréz pro opracování lehkých slitin se využívá pro dosažení excelentní jakosti obrobeneho povrchu. Příkladem jsou kotoučové frézy Ceratizit HPC12  $\phi$  40-315 mm, kde lze VBD axiálně seřídít s přesností 5  $\mu$ m v rozsahu 0,1 mm. U přesných výstružníků, opatřených břity PCBN nebo PKD se pro přesné seřízení průměru používá rozpínání pracovní části zatahováním vnitřního kužele. Rozsah rozepnutí na průměru do 40 mm obnáší 0,05 mm a výsledná radiální házivost je < 3  $\mu$ m (Mapal, výstružníky Monoream 300). Zajímavou konstrukci rozpínaného výstružníku přináší italská firma S.C.A.M.I., kde se vnitřním kuželem rozepíná celá tvrdokovový věnec s vytvořenými řeznými hranami (obr. 3).

Požadavek maximálního úběru za jednotku času při maximální kvalitě obrobene plochy při opracování lehkých slitin vede k čelním frézovacím hlavám s maximálním možným počtem břitů, které je nutno axiálně seřídít ve velmi úzké toleranci, aby obrobenu plochu nepoškodil vyčnívající břit. Řešením jsou hlavy osazené tvarově komplikovanými kazetami, které v sobě integrují břit i třískový prostor. Kazety jsou axiálně seřiditelné v rozsahu několika  $\mu$ m. Frézovací hlavy FeedJet firmy Kieninger jsou na průměru 100 mm osazeny 16 axiálně seřiditelnými kazetami s PKD. Frézovací hlavy Gühring řady PF1000 (obr. 4) pro práce v režimu HSC, především pro opracování lehkých slitin se dodávají se v průměrech do 250 mm, při němž je na obvodu umístěno 20 kazet. Jsou vybaveny vyvažovacími šrouby a patentovaným axiálním seřizováním kazet pomocí klínu. Firma Gühring nabízí rovněž pro vrtací nástroje jemné seřízení polohy VD pomocí klínu buď v provedení posuvném napříč k VBD s radiálním rozsahem seřízení 0,05 mm, nebo příložným,

které má vyšší tuhost a rozsah seřízení až 0,3 mm, ale vyžaduje vyšší zástavbový prostor.



Obr. 3: Rozpínatelný výstružník S.C.A.M.I.

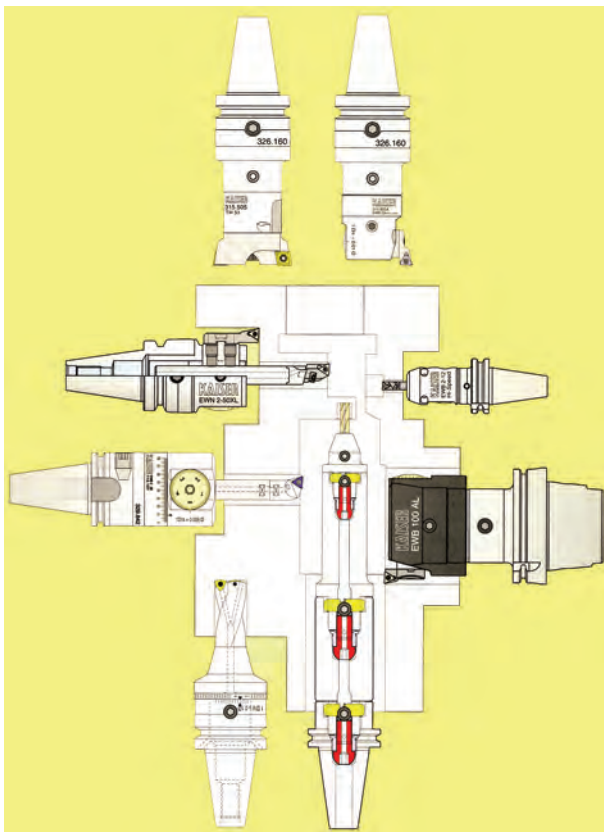


Obr. 4: Hlava Gühring PF1000

## 2.3 Vyvrtávací hlavy

Zájem o klasické ručně stavitelné vyvrtávací hlavy pomalu upadá s tím, jak se rozšiřují obráběcí a víceprofesní centra, která umí zhotovit libovolný průměr jinak než nástrojem, který je na požadovaný průměr pevně

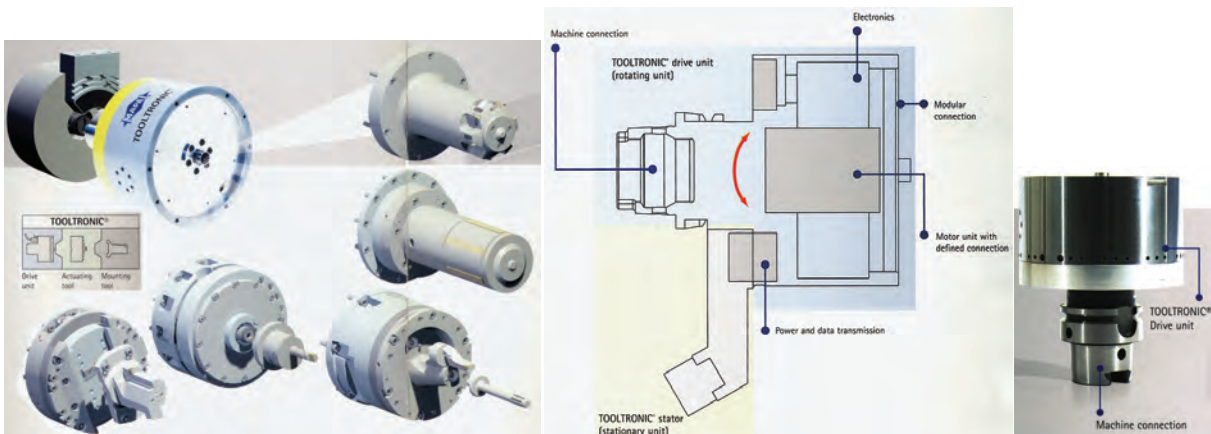
nastaven. Tomu odpovídá i pokles nabídky. Švýcarská firma Kaiser nabízí přesně stavitelné jedno, či dvoubřité hlavy s vnitřním vyvažováním a přesností nastavení až 0,002 mm. Hlavy se dodávají jakou součástí modulární soustavy, pokrývající určitý rozsah průměrů. Soustavy se skládají z upínače (HSK, ISO kužel a další), prodlužovacích členů, kompatibilních typů hlav, nástavců pro práci v hlubokých dutinách a vlastních řezných nástrojů (obr. 5). Jiní dodavatelé, jako italská D'Andrea nebo německý Mapal či Komet, se soustředují na hlavy elektronicky stavitelné, řízené vlastním řídicím modulem či napojitelné na CNC systém stroje. Tyto hlavy jsou koncipované tak, že je lze osadit do zásobníku stroje a tak představují další řízenou osu stroje. Při opracování nerotujícího obrobku jimi lze obrobit otvory s měnícím se průměrem či vnější tvarované rotační plochy (obr. 6, obr. 7). Pracovní průměr řezného nástroje se mění buď pohybem příčných saní, do nichž je nástroj upnut, nebo vzájemným pohybem dvou excentrických vložek, z nichž jedna nástroj nese. Změna pracovního průměru je možná i během práce, konstrukce hlavy dovoluje přívod chladiva k nástroji. V závislosti na konkrétním typu může či nemusí být pohon přestavovacího mechanismu integrální součástí hlavy; udávaná směrná přesnost obrobeného otvoru je H7.



Obr. 5: Soustava Kaiser CKB/CKS 7 pro průměry 2 - 1180 mm



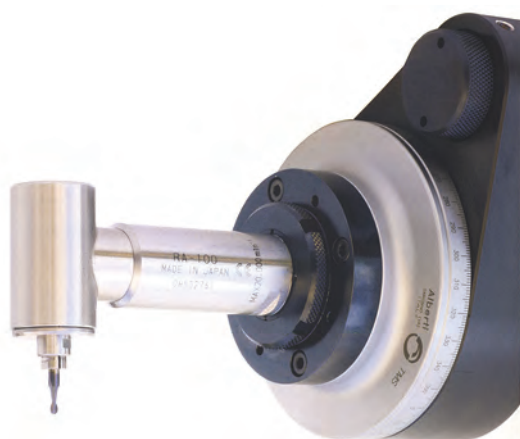
Obr. 6: Řízená hlava TA-Center D'Andrea



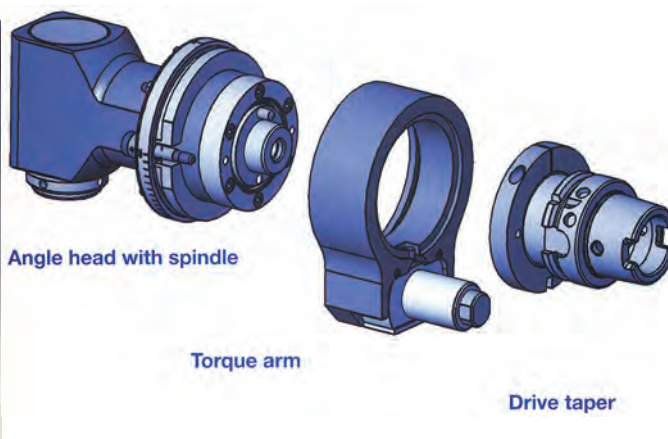
Obr. 7: Řízená nástrojová hlava MAPAL Tooltronic

## 2.4 Poháněné nástroje

Nabídka poháněných nástrojů je poměrně rozsáhlá, protože každý z nich levně a podstatným způsobem rozšiřuje pracovní možnosti stroje. Na požadavek obrábění miniaturních součástí, které vyžadují vysoké otáčky vřetena stroje, odpovídá nabídka zrychlovacích hlav. Jejich představitelem je nabídka řady hlav SlimLine a Turboflex italské společnosti Alberti (obr. 8), které dosahují otáček až 58.000 ot./min, jsou v přímém či úhlovém provedení, mohou být umístěny v zásobníku nástrojů a nasazovány v rámci automatické výměny. Pohon je buď stlačeným vzduchem, nebo prostřednictvím vřetena stroje udávaná radiální házivost je pod 0,002 mm. Rozsáhlé modulární systémy poháněných nástrojů nabízejí německé firmy Mimatic a Benz Werkzeugsysteme. V nabídce firmy Mimatic pro soustružnická obráběcí centra předních výrobců jsou poháněné nástavce přímé, úhlové a s přesazenou osou s jedním nebo více vřeteny. Do vřetena nástavce lze rychloupínacím systémem Mimatic®mi upnout vložku pro upnutí vrtáku, stopkové či čelní frézy pomocí kleštiny, kužele, hydraulicky rozpínatelného pouzdra apod.; deklarovaná házivost je menší než 3 μm.



Obr. 8: Úhlová zrychlovací hlava Alberti

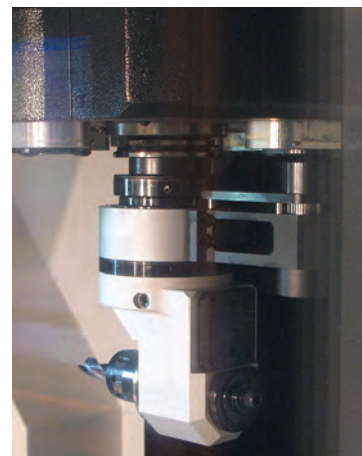


Obr. 9: Sestava úhlové hlavy Benz

Poháněné nástavce pro obráběcí centra jsou vybaveny upínáním CAT/ISO, BT nebo HSK, vyráběny jsou opět jako přímé, úhlové, jedno-či vícevřetenové či s přesazenými osami a je možno použít vnitřní chlazení tlakem 60 až 80 bar. Firma Benz Werkzeugsysteme nabízí pro frézovací centra rozsáhlý soubor poháněných nástavců, které se v zásadě skládají ze tří skupin: vlastní náhon nástavce pomocí HSK, jednotka přenosu krouticího momentu a konečně vlastní úhlová hlava (obr. 9). Úhlová hlava může být v provedení přímém, pravoúhlá, s obecným úhlem či měnitelným úhlem; jedno či oboustranná, vybavená jedním či vícevřeteny, nebo provedena jako zrychlovací. Dle přání zákazníka mohou mít hlavy různé velké vyložení resp. konstrukci přizpůsobenou práci v omezených prostorech. Vlastní upnutí nástroje do hlavy se děje pomocí adaptéru, který je na straně hlavy opatřen metrickým kuželem a na straně nástroje kleštinovým upínačem, čepem pro upnutí frézy či HSK rozhraním. Konstrukčně jsou poháněné nástavce Benz přizpůsobeny pro automatickou výměnu a dle přání s vnitřním nebo vnějším přívodem chladicí kapaliny.

V nabídce poháněných nástrojů firmy Benz je i nástavec na obrábění drážek o šířce až 10 mm s deklarovanou symetrií  $\pm 0,02$  mm v kvalitě IT8. Zdvih nože obnáší 30 mm, při zpětném pohybu je nůž odlehčen. Zvláštní skupinu poháněných nástrojů tvoří nástroje pro manipulaci s obrobky, nabízené oběma zmiňovanými výrobci.

Firma Mazak prezentovala na svých vertikálních frézovacích centrech úhlové nástrojové hlavy. Hlavy se vyrábějí ve dvou velikostních provedeních (obr. 10). V obou případech mají opěrné zpevňovací body (malá má jeden, velká tři), které zvětšují ohybovou tuhost celé soustavy přímým připojením na vřeteník stroje. Hlavy se mohou vysunout ve vertikálním směru a následně mohou být polohovány hlavními



Obr. 10: Úhlové nástrojové hlavy Mazak

vřetenem stroje po devadesáti stupních. Tímto způsobem je možno rozšířit technologické možnosti stroje s vertikálním vřetenem pro obrábění bočních ploch obrobků ze čtyř stran.

## 2.5 Měření

Stoupající nároky a požadavky na řezné nástroje si vynucují jejich přesné provedení a tudíž i specifické postupy. Stojí za to některé, které byly na EMO Milán prezentované zde blíže popsat.

Firma Walter Maschinenbau ve své řadě nástrojových brusek Helitronic používá mimo systémy běžné u klasických obráběcích strojů automatické měřicí senzory, nebo automatický měřicí skener pro vyhodnocení polohy broušného nástroje. Získané hodnoty tvoří vstup pro systém IMS - Internal Measurement System, který měří nejdůležitější parametry broušení (dva vnější průměry a průměr jádra, úhel stoupání a rozteč šroubovice) a automaticky je v průběhu procesu kompenzuje, je-li třeba. Frekvence měření je volitelná, všechny měřené parametry se zobrazují na dotykové obrazovce. Zcela specifické jsou způsoby měření povlaků a výměnných řezných destiček. Kontrolní systém firmy Platit zahrnuje mikroskopickou analýzu zkušebních destiček a povlakovaných nástrojů, kalotesty na kontrolních destičkách i reálných nástrojích, které dají informace o tloušťce povlaku a jeho vrstev vyhodnocení přilnavosti povlaku vrypem na testeru Rockwell, vyhodnocení kvality povrchu povlaku. Pro kontrolu mikrogeometrie řezné hrany a její drsnosti a rádiu špičky nástroje se užívají optické 3D měřicí přístroje MikroCAD Light německé firmy GFM Messtechnik. Ty porovnávají emitovaný světelný paprsek s paprskem odraženým a rozdíl vyhodnocuje měřicí CCD čip. Jmenované přístroje jsou určeny pro práci v měrovém středisku a jsou vhodné pro kontrolu již vyrobené dávky resp. seřízení parametrů výrobních zařízení.

Novinkou je automatický optický 3D měřicí přístroj EdgeMaster rakouské firmy Alicona, který je navržen pro práci přímo ve výrobní lince (obr. 11). Pracuje na principu změny ohniskové vzdálenosti optické soustavy, při každém měření se vyhodnocuje více než 1 milion 3D měřících bodů. Nepotřebuje žádnou předchozí přípravu měřené destičky s výjimkou jejího vložení do pracovního držáku. Nejmenší měřený rádius je 1  $\mu\text{m}$ , vertikální rozlišení 10 nm, vodorovné rozlišení 0,4  $\mu\text{m}$ , měřená kvalita povrchu  $R_a > 15 \text{ nm}$ ; měří úhly v různých rovinách, drsnost řezné hrany a může proměřit tvar utvářeče třísky. Není citlivý na pracovní prostředí, nepotřebuje speciální stínění cizího světla. Měřicí cyklus trvá 30 - 50 sekund a výstupem může být grafika na obrazovce, tištěný protokol nebo dvojkový signál, který lze využít řídicím systémem výrobní linky.



Obr. 11: EdgeMaster fy Alicona

## 2.6 Upínání nástrojů

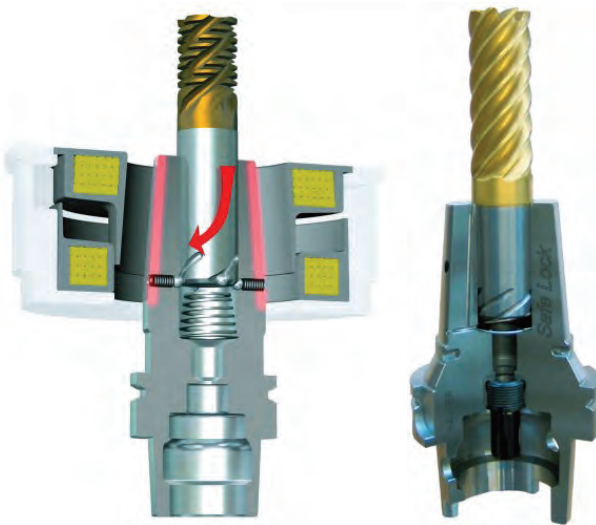
Od systému upínání nástrojů se požaduje vysoká tuhost, minimální házivost a to nejen v jedné vzdálenosti od příruby, rychlost upnutí, bezpečnost a v neposlední řadě i možnost pracovat s nástrojem při dostatečném vyložení v dutině obrobku tak, aby nedošlo ke kolizi s konturami dutiny. Rychlost a bezpečnost upnutí lze ilustrovat na upínacím systému, vyvinutém ve spolupráci společností Mapal a Röhms a určeném pro bezpečné upnutí při vysokých otáčkách. Systém se stává ze samosvorného uzlu SuperLock, kde je eliminován jinak nutný svazek talířových pružin a nahrazen samosvornými elementy obsluhovanými tahovou tyčí systému Clamp by Wire, jehož jádrem je lineární motor. Výsledkem je bezpečný upínací systém, který zaručuje upnutí během 50  $\mu\text{s}$  a umožňuje regulaci upínací síly a detekci nečistot na upínacích plochách.

Firma Haimer se prezentovala upínacím systémem SafeLock, který zabraňuje vytažení stopky nástroje z pouzdra axiální složkou řezné síly. V tomto případě tvoří bezpečnostní elementy kuličky, zapadající do šroubové drážky ve stopce nástroje (obr. 12).

Příkladem upínače určeného pro stopkové nástroje, pracující v hloubce dutiny obrobku, kde je tepelně smrštitelné pouzdro, jsou uvedené na trh firmou Haimer (obr. 13). Firma Schunk pro podobné aplikace prezentovala jako novinku prodlužovací nástavec Tendo (obr. 14). Nástavec je zatím dostupný pro průměry 12 a 20 mm.

Firmy také věnují velkou pozornost pevnému a spolehlivému upnutí hrubovacích nástrojů s velkou upínací silou. V tomto směru prezentovala firma Haimer zesílené tepelně-smrštitelné držáky (obr. 15), které mají tvarové odlehčení v dutině, aby nedošlo k poškození držáku kvůli pnutí v materiálu v důsledku velkého

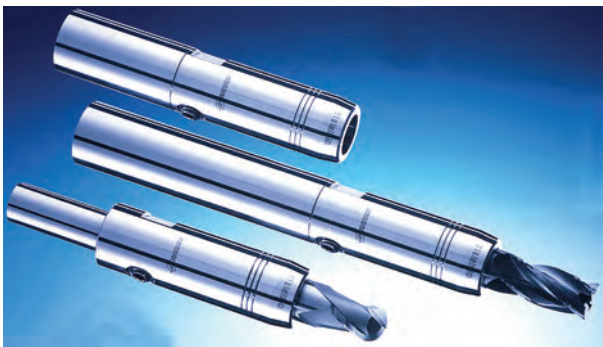
teplotního gradientu. Firma Mapal vystavovala modifikovaný hydraulický držák s větší upínací silou. Na obr. 16 jsou na horním grafu porovnány přenositelné krouticí momenty, na dolním grafu statická tuhost v ohybu. Firma SwissTool předvedla vlastní způsob upínání pro silově náročné aplikace na principu přesné kleštiny (obr. 17).



Obr. 12: Upínání nástrojů systémem SafeLock (Haimer)



Obr. 13: Prodloužený nástrojový držák Haimer



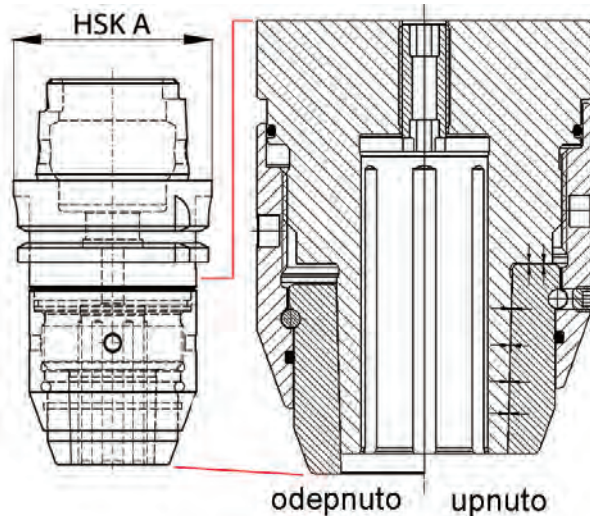
Obr. 14: Prodlužovací nástavce Tendo (Schunk)



Obr. 15: Zesílené tepelné držáky od firmy Haimer



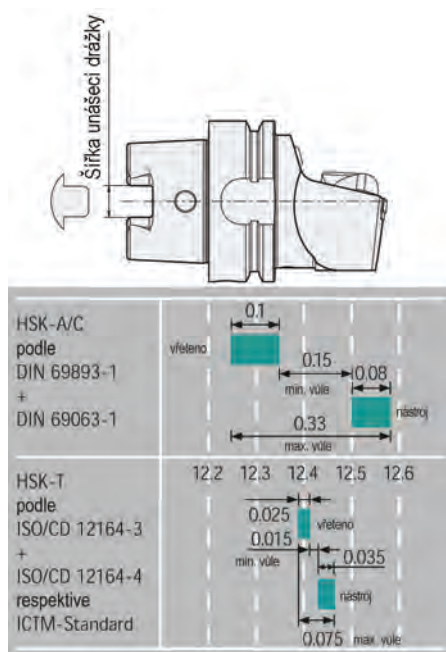
Obr. 16: Nástrojový držák firmy Mapal se zesíleným upnutím



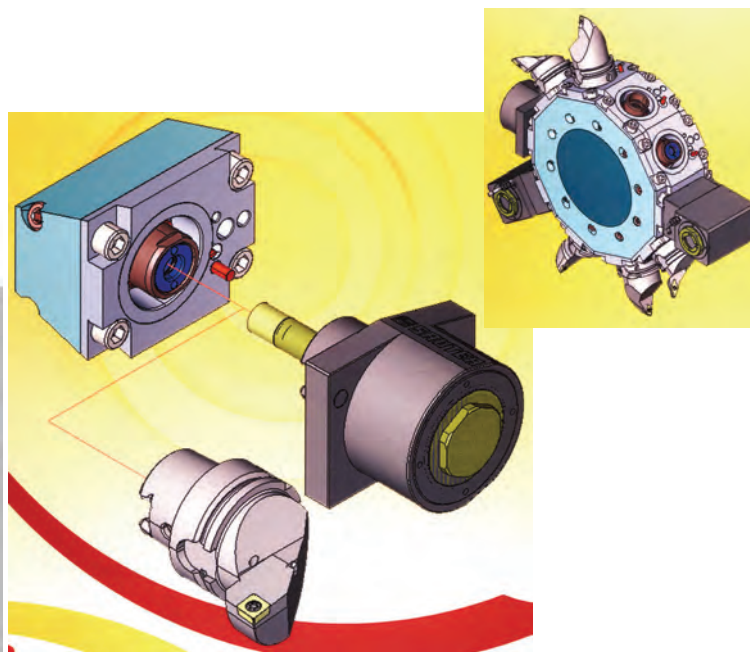
Obr. 17: Nástrojový držák firmy SwissTool pro velké upínací síly

Pro přesnou práci soustružnickým nástrojem je klíčové ustavení polohy jeho špičky. V souvislosti s nárůstem výrobních aplikací, které jsou prováděny multifunkčními centry, vzrostl také požadavek na přesnost upnutí nerotačních nástrojů do frézovacích vřeten. Toto upnutí musí zajistit úhlově definovanou polohu nástroje, protože poloha špičky nástroje je na ní závislá. Racionalizace správy nástrojů pro multifunkční centra

(především na bázi soustruhů) si vynucuje sjednocení nástrojového rozhraní pro nástroje upínané ze zásobníku do frézovacího vřetena a pro nástroje upínané do spodní revolverové hlavy. Sjednocení rozhraní zrychluje a zjednodušuje osazení stroje nástroji při přípravě nové technologie. Z tohoto důvodu se začalo ve frézovacích vřetenech rozšiřovat rozhraní Capto, které bylo tradičně určeno především pro upnutí nerotačních nástrojů. Dosednutí na dvě plochy (čelní a kuželovou) zaručuje tuhé spojení, trojboký profil umožňuje přenášet i velké krouticí momenty. Na EMO Miláno byla vidět nová konkurence tomuto rozhraní - rozhraní HSK-T. To se od běžného rozhraní HSK-A odlišuje větší šířkou unášecích kamenů ve vřeteni a menší šířkou unášecí drážky v nástroji (obr. 18). Protože mezi drážkou a kamenem zůstává minimální vůle, je rozhraní vhodné i pro upínání soustružnických nástrojů, které vyžadují zajištění nástroje proti pootočení. Rozhraní HSK-T je plně kompatibilní s běžným rozhraním HSK-A - do vřetena HSK-T lze upnout nástroj HSK-A a obráceně. Nové rozhraní je výrazně podporováno širokou skupinou především německých výrobců strojů a nástrojových systémů sdružených v tzv. "Arbeitskreis HSK-T". Z výrobců strojů a jejich komponent lze uvést např. firmy DMG (soustružnické stroje), Sauter (revolverové hlavy), Ott-Jakob Spanntechnik (obr. 19), Röhmi, Haimer (stacionární i rotační rozhraní a systémy pro upínání nástrojů). Výrobci nástrojových držáků z uvedeného sdružení již na EMO nabízeli jako katalogové výrobky s držáky velikostí 63 a 100 s tím, že další velikosti budou uvedeny v příštím roce. Velikosti 40 a 50 nabízí již nyní např. firmy Mapal a Swiss Tool System. Tato masivní podpora standardu HSK-T by mohla pomoci jeho prosazení, protože pro soustružnické nástroje bylo již na EMO vidět množství řešení různých adaptérů (přímých, úhlových, zdvojených apod.) do revolverových hlav a nabídka držáků frézovacích nástrojů ve standardu HSK-A je již nyní velmi široká. Bude zajímavé sledovat, jak se tento trend sjednocování nástrojových rozhraní bude vyvíjet dále a zda se výrobci strojů přikloní k rozhraní HSK a kam dále se posune používání rozhraní Capto.



Obr. 18: Porovnání tolerancí na unášecích kamenech rozhraní HSK-A a HSK-T



Obr. 19: Upínací jednotky CCS s rozhraním HSK-T pro stacionární i rotační nástroje (Ott-Jakob Spanntechnik)

### 3 Shrnutí a závěr

Přesto, že na veletrhu EMO 2009 se v oblasti nástrojů neobjevily zásadní a převratné novinky, je nutno konstatovat, že v každé skupině nástrojů lze vidět soustavné zlepšování. Prezentace se děje především pomocí deklarování přínosu pro zákazníka - vyšší životnost, vyšší produktivita, vyšší univerzalita a úspora výrobních nákladů. HPC (vysoce produktivní obrábění) jak se zdá, nahrazuje již běžný HSC, nebo cílem je minimalizace nákladů respektive optimální úběr materiálu za minutu a toho lze docílit i jinak, než vysokou řeznou rychlostí. Pokud nástroj umožní vysokou řeznou rychlost, pak je užita jen v případech, kdy se tím šetří náklady. Sestavy nástrojů jsou představovány jako cesta ke snížení skladových nákladů. Drahé řezné povlaky se prosadí jen tehdy, když je jejich cena více než eliminována životností a tedy snížením nákladů za nástroje na obrobek. Bohužel řada špičkových firem rovněž dospěla k závěru, že je pro ně finančně efektivnější veletrh v Moskvě, Sao Paulu, Šanghaji či Bangalore, protože tam trh ještě není rozdělen, a proto jsme je v Miláně neviděli. Uvidíme, jaké trendy v tomto směru přinese EMO Hannover 2011.