

Soustruhy s vodorovnou osou

Petr Kolář, Petr Fojtů

Abstrakt:

Článek popisuje vystavené soustružnické stroje malé a střední velikosti s vodorovnou a svislou osou vřetena a dále multifunkční soustružnická centra. Článek je zaměřen především na popis stavby strojů vzhledem k předpokládanému technologickému nasazení strojů v provozu.

1 Úvod

Soustružnické stroje jsou univerzální stroje vhodné pro obrábění součástí především rotačního tvaru. Moderní soustružnická centra umožňují komplexní opracování obrobku více technologiemi, především soustružením a frézováním. Jak ukázala světová výstava EMO, jsou soustružnické stroje a centra stále významným prvkem malosériové i velkosériové produktivní výroby širokého spektra součástí. Na výstavě se kromě všech nejvýznamnějších světových výrobců prezentovala i řada menších producentů se širokou škálou strojů.

2 Soustružnické stroje vystavované na EMO

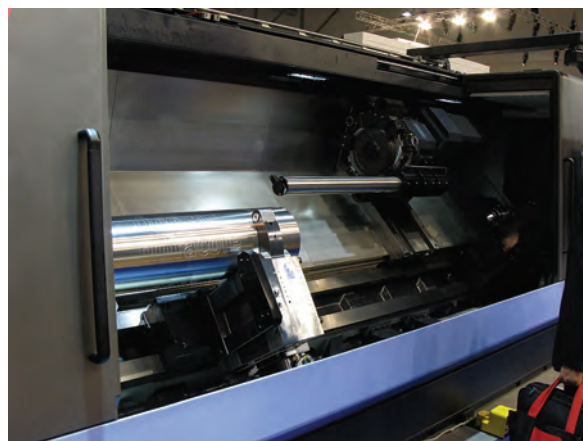
2.1 Soustružnické stroje s horizontální osou a s jednou revolverovou hlavou

Kategorie strojů s jednou revolverovou hlavou obsahuje několik odlišných koncepcí a velikostí strojů. Patří sem levné stroje střední velikosti, těžké stroje pro větší obrobky i vícestrojové výrobní buňky s integrovanou manipulací.

Na EMO bylo možno vidět dvě cesty, které volí výrobci soustruhů v současné náročné ekonomické situaci. Soustruhy vybavené osami X a Z (eventuelně i osou C) mají zákazníka oslovit především nízkou cenou a snadnou obsluhou. Renomovaní výrobci nabízejí rozšíření možností strojů buď množstvím doplňujících opcí, nebo naopak předem definovanými technologickými balíčky. Příkladem prvního přístupu je firma Mazak, která vystavovala nové stroje řady Quick Turn Smart ve velikosti 200 a 350. Stroje se vyznačují výrazně jednodušší kapotáží s jednoduchým hranatým designem (obr. 1), absencí harddisku pro ukládání dat a řídicím systémem fungující na platformě DOS, u kterého jsou přesto zachovány všechny technologické funkce jako v poslední verzi systému Matrix. Druhý přístup zvolila firma DMG, která nabízí soustruhy CTX velikosti 310 a 510 v levnějším provedení označeném ECO. Stroje mají starší hranatý design kapotáže,



Obr. 1: Soustruh Mazak Quick Turn Smart 200 se zjednodušenou konstrukcí kapotáže

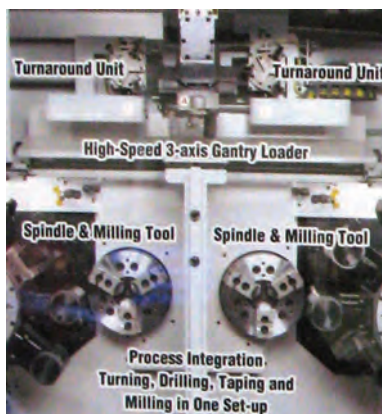


Obr. 2: Soustruh Doosan Puma 480XLM s tlumeným soustružnickým nástrojem o délce 1500 mm

vřeteno poháněné řemenem z externího motoru (místo koaxiálního pohonu obvyklého u řady CTX) a řídicí systém Sinumeric 810D (místo 840D). Počet doplňujících opcí mimo tři základní balíčky výbavy je omezen. Firma Mori Seiki vystavovala v této kategorii svůj nejlevnější soustružnický stroj DuraTurn 2550 MC doplněný šestiosým robotem pro automatickou manipulaci obrobků. Je to ukázka toho, že základem výrobní technologie může být i levný a jednoduchý stroj, který však musí mít možnost rozšíření o další technologické periférie.

Na výstavě bylo vidět i poměrně velké množství soustruhů pro obrábění větších obrobků - tj. dílců s průměrem nad 600 mm v délce 2000 ÷ 3000 mm. Prezentačními příklady byly stroje Hwacheon Hi-Tech 7026, Mazak Slant Turn Nexus 550, Hyundai-Kia SKT700LM, YCM NT-2500SY aj. Tyto stroje jsou obvykle vybaveny jednou revolverovou hlavou pro 12 až 15 nástrojů a mohou mít NC řízený koník a opěrné lunety. Stroje mohou být nestandardně vybavovány i dlouhými soustružnickými nebo vyvrtávacími nástroji, jak bylo vidět na stroji Doosan Puma 480XLM (obr. 2).

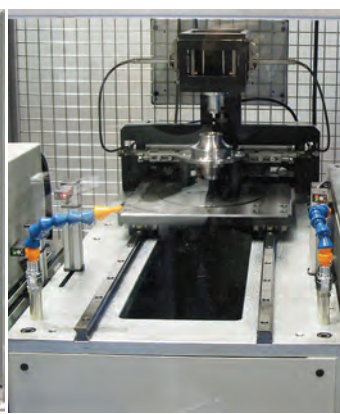
Pro produktivní obrábění přírubových dílců jsou určeny stroje s horizontálními příčně umístěnými vřeteny. Obvykle se jedná o dvoustroje s integrovanou manipulací obrobků pomocí gantry manipulátoru. Stroje mohou být vybaveny i automatickou čisticí a měřicí stanicí, takže fungují jako ucelená výrobní buňka. Tyto stroje bylo možno vidět na stánku firmy Doosan (obr. 3 až obr. 5), Muratec, Jyoti nebo Kitako. Stroj Kitako HS 4200i má zajímavou koncepci čtyř vřeten umístěných v jednom bubnu otočném po 180° okolo horizontální osy. Spodní dvojice vřeten je určena k paralelnímu obrábění dvou obrobků dvěma revolverovými hlavami. Na horní dvojici vřeten při tom probíhá výměna obrobků. Tím je dosaženo překrytí hlavního a vedlejšího času a maximalizována produktivita stroje.



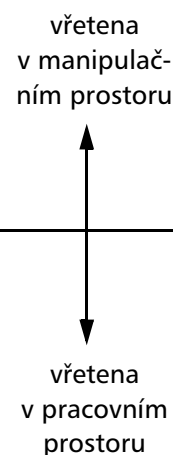
Obr. 3: Uspořádání vřeten a manipulátoru stroje Muratec MD120



Obr. 4: Pohled z boku na manipulátor nad pracovními jednotkami



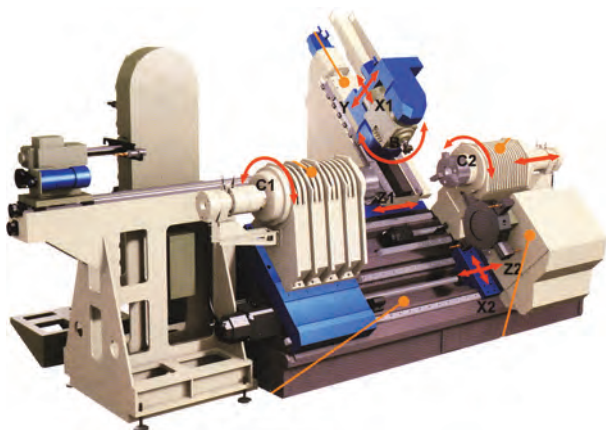
Obr. 5: Obrobek v měřicí stanici stroje



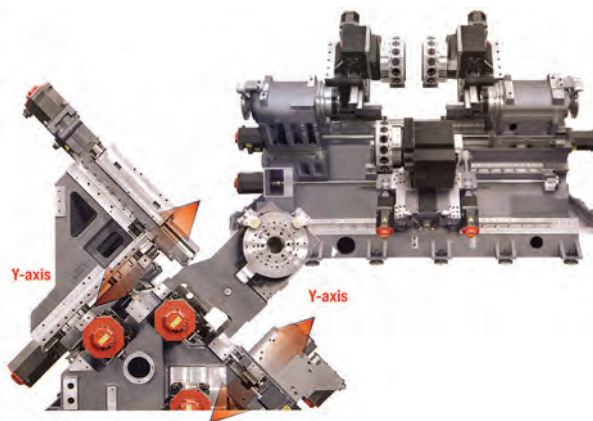
Obr. 6: Čtyřvřetenový stroj Kitako HS 4200i - pohled na celý stroj a detail vřeten

2.2 Soustružnické stroje s horizontální osou a s více revolverovými hlavami

Pro produktivní opracování tvarově náročných dílů jsou určeny soustružnické stroje se dvěma nebo třemi revolverovými hlavami a protivřetenem, které vystavovalo mnoho výrobců. Stroje jsou často vybaveny osou Y, takže umožňují provádět mimoosé vrtací a frézovací operace. Pohyb v ose Y je obvykle realizován pomocí pohybu revolverové hlavy po klínovém nosném dílci a jeho současném pohybu v ose X (obr. 7). Skládáním



Obr. 7: Nosná struktura soustruhu firmy DMTG



Obr. 8: Nosná struktura soustruhu Mori Seiki série NZ

těchto dvou vzájemně šikmých pohybů vzniká pohyb hlavy ve virtuální ose Y, která ale obvykle má pouze malý zdvih. Jinou možností je ortogonální uspořádání os, tj. osa Y je fyzicky kolmá na osu X, což umožňuje mít v této ose větší zdvihy. Příkladem takového řešení ve velmi kompaktním uspořádání je nosná struktura stroje Mori Seiki NZ (obr. 8). Ortogonálně jsou uspořádány pohybové osy i u novinky firmy Hwacheon s označením T2, která však může mít pouze dvě revolverové hlavy. Modulární stavba této kategorie strojů umožňuje provést konfiguraci stroje přesně podle potřeb zákazníka. Jednotlivé varianty se liší především počtem a uspořádáním revolverových hlav a dále počtem pohybových os revolverových hlav. Parametry protivřetena jsou obvykle stejné jako u hlavního soustružnického vřetena, takže díky počtu revolverových hlav může na obou vřetenech probíhat nezávislé obrábění dvou kusů. Vřeteno i protivřeteno mají obvykle řízenou osu C.

Revolverové hlavy jsou klíčovým prvkem, který určuje výrobní možnosti tohoto typu strojů. Přímé rotační pohony prstencovými motory se tak začínají prosazovat jako kompaktní a výkonné řešení i pro poháněné rotační nástroje v revolverových hlavách. Průkopníkem v této oblasti je firma Mori Seiki, která prstencový motor integrovaný v revolverové hlavě nazývá DDM - Direct Drive Motor. Podobné řešení s integrovaným prstencovým motorem bylo možno vidět i na hlavách Sauter, kterými byly osazeny stroje DMG CTX Alpha a Beta. Přímý pohon může pohánět nástroje maximálními otáčkami 6000 ot/min, výkonem 5,5 kW a krouticím momentem 40 Nm. Firma Sauter měla na EMO vlastní stánek, kde prezentovala další vývojové novinky. Kromě zmíněného přímého náhonu rotačních nástrojů, u kterého na vystaveném exponátu uváděla maximální otáčky až 12000 ot/min, to byla i revolverová hlava s přímým pohonem pro natáčení hlavy a souvislým řízením polohy. Pro práci v konkrétní poloze je možno osu hydraulicky zpevnit. Protože konstrukce neobsahuje žádné převody, má celá hlava velmi kompaktní rozměry (obr. 9). Přímý pohon umožňuje dosáhnout maximálních otáček 10000 ot/min a výkonu 13 kW.



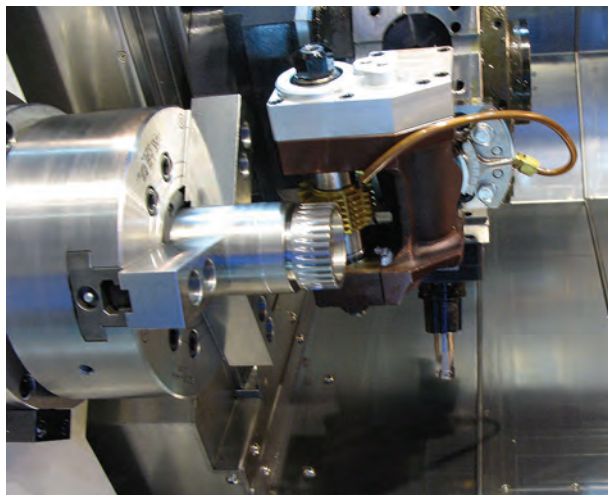
Obr. 9: Revolverová hlava Sauter vybavená jednomotorovou technologií



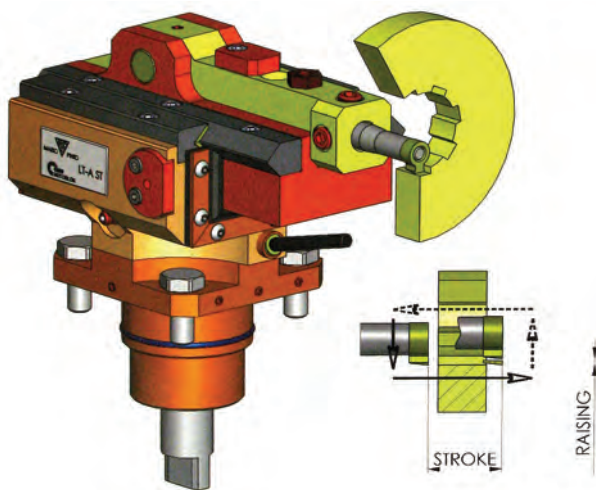
Obr. 10: Příklady tvarově složitých obrobků vyrobených na soustružnickém centru Mori Seiki NZ

Možnosti soustružnických strojů s horizontální osou a s více revolverovými hlavami byly na veletrhu prezentovány velkým množstvím tvarově složitých obrobků s velkým podílem mimoosých vrtacích a frézovacích operací. Dobře vybavené soustružnické stroje se v tomto ohledu snaží vyrovnat multifunkčním

soustružnickým centřům (obr. 10). Rostoucí parametry pohonů rotačních nástrojů umožňují plnohodnotné výkonné frézování. Např. firma Mori Seiki uvádí, že stroje série NZ mohou být osazeny frézovacími hlavami až do průměru 80 mm. Technologické možnosti strojů mohou být rozšířeny i speciálními nástroji upínanými do revolverových hlav. Na stroji Doosan Puma TT1800SY tak bylo možno vidět přídavné zařízení pro frézování ozubení odvalováním (obr. 11). Na stroji Biglia B765 Y3 byl osazen přídavný obrážecí nástroj od firmy Mario Pinto (obr. 12), který za 6,6 sec dokázal obrazit jednu drážku o délce 5 mm a hloubce 3,5 mm do kalené a popuštěné oceli 38NCD4. Zařízení se vyrábí se zdvihy 35 mm a 65 mm.



Obr. 11: Frézování ozubení nástrojem upnutým v revolverové hlavě stroje Doosan Puma TT



Obr. 12: Obrážecí nástroj Mario Pinto pro upnutí do revolverové hlavy soustruhy

2.3 Multifunkční soustružnická centra

Multifunkční soustružnická centra jsou stroje, ve kterých je obrobek upnut do soustružnického vřeten s C osou. Stroje jsou vybaveny plnohodnotným frézovacím vřetenem na pohybové struktuře se třemi lineárními osami a naklápěním vřeten v ose B. Obrobek tedy může být opracován buď soustružením nástrojem umístěným v zabrzděném frézovacím vřetení, nebo ve spodní revolverové hlavě, nebo plnohodnotným pětiosým frézováním. Jedná se o produktivní univerzální stroje, jejichž konstrukce vykazuje typické prvky v závislosti na velikosti stroje.

Stroje malých velikostí nejsou obvykle vybaveny soustružnickým protivřetenem. Místo toho disponují pomocnou manipulační jednotkou, která může sloužit jako pomocná manipulační jednotka pro otočení kusu v hlavním vřetení, jako koník nebo obrobkový manipulátor pro odležení hotových kusů. Zásobník nástrojů je umístěn nad nebo před soustružnickým vřetenem a je tedy obsluze dobře přístupný z přední strany stroje. Mezi největší stroje této koncepce patří stroj Mazak Integrex i-150, který byl představen jako novinka na minulém EMO 2005 v Hannoveru. Letos Miláně byl vystavován se zdvojeným zásobníkem nástrojů s kapacitou až 72 pozic (obr. 14). Firma Mori Seiki představila stroj podobné koncepce s označením NT1000 (obr. 13). Jedná se o velmi kompaktní stroj, který umožňuje připojit automatický podavač tyčí nebo pracovat z přířezu. Místo protivřetená je stroj osazen univerzální jednotkou, která umožňuje opření dlouhých kusů a odložení hotového obrobku do výstupního zásobníku. Základní konfiguraci stroje je možno rozšířit o pravou nebo levou spodní revolverovou hlavu. Porovnání technických parametrů obou strojů je v tab. 1.

Menší multifunkční stroje podobné koncepce vystavovaly např. firma Bumotec, Willemin Macodel nebo Realmeca. Stroje se vyznačují frézovacími vřeteny s maximálními otáčkami v řádu 30000 ÷ 50000 ot/min, výkonem v rozsahu 3 ÷ 10 kW a nástrojovým rozhraním HSK-E 25 nebo 40. Soustružnická vřetená mají otáčky okolo 6000 ot/min a výkon cca 5 kW. Z hlediska konstrukce jsou zajímavé stroje Bumotec S-191, které mají přímé pohony všech os lineárními nebo prstencovými motory. Vystavené stroje byly prezentovány především velkými galeriemi obrobků, na kterých bylo možno vidět komplexní obráběcí schopnosti strojů. Jednoznačný prim hrály ukázky zubních a kloubních implantátů, což jsou díly s množstvím tvarových ploch, vyráběné ze speciálních materiálů (slitiny Ti, Zr) a s extrémními požadavky na přesnost a kvalitu povrchu.

Tab. 1: Porovnání parametrů malých multifunkčních soustružnických center

	Integrex i-150	NT 1000
Rozjedy os X, Y, Z [mm]	370, 200, 435	380, ± 105 , 460
Půdorysná plocha [mm]	2200 x 2420 (5,3 m ²)	2425 x 2705 (6,5 m ²)
Soustružnické vřeteno		
Max. otáčky [1/min]	5000	6000
Max. výkon S1 [kW]	7,5	7,5
Průchozí průměr vřetena [mm]	76	61
Vrtání předního ložiska [mm]	110	100
Frézovací vřeteno		
Max. otáčky [1/min]	12000	12000
Max. výkon S1 [kW]	3,0	5,5
Nástrojové rozhraní	HSK-A63	HSK-A50
Zásobník nástrojů	36/72 nástrojů	38/76 nástrojů



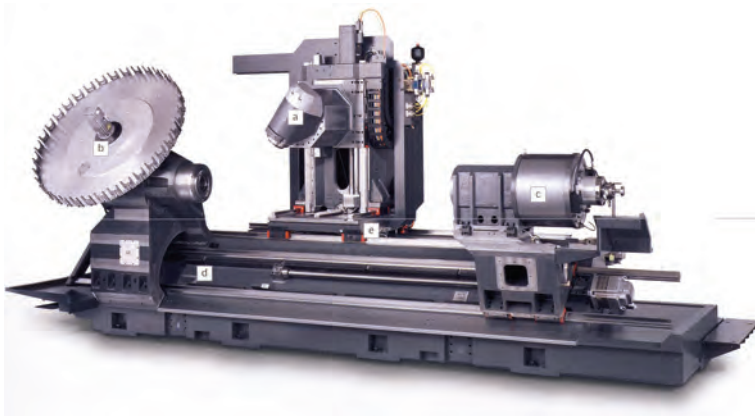
Obr. 13: Mori Seiki NT 1000 - pohled na celý stroj a nosnou strukturu



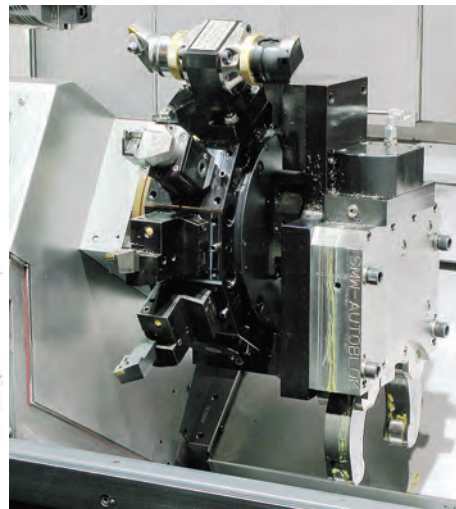
Obr. 14: Mazak Integrex i-150 se zásobníkem na 72 nástrojů Obr. 15: Malé multifunkční centrum Bumotec S-191 linear

Větší multifunkční soustružnická centra jsou vždy vybavena soustružnickým protivřetеноm, které má stejné parametry, jako hlavní vřeteno. To zaručuje široké možnosti při přípravě obráběcí technologie. Téměř všechny vystavené stroje této kategorie byly vybaveny i spodní revolverovou hlavou, která mj. umožňuje ve spolupráci s nástrojem upnutým ve frézovacím vřeteni výkonné soustružení dvěma nástroji. Novinkou v této kategorii u firmy DMG prezentovanou na EMO je největší stroj řady CTX Beta s označením 1250 TC linear, u kterého byla horní revolverová hlava nahrazena frézovacím vřetеноm (obr. 16). Stroj je vybaven lineárním

motorem v ose X, která má největší zdvih. Stroj může být vybaven místo standardního diskového zásobníku nástrojů řetězovým zásobníkem s kapacitou až 120 nástrojů. Stroje této kategorie umožňují kromě běžných soustružnických a frézovacích operací i vyvrtávání dlouhými vyvrtávacími nástroji, které jsou schopné automaticky vyměňovat. K tomu slouží speciální přídatné zásobníky nástrojů, který je u stroje DMG CTX Gamma v pravé horní části pracovního prostoru. Zásobník má kapacitu na tři speciální nástroje. Vystavený stroj byl kromě toho vybaven spodní revolverovou hlavou s integrovanou lunetou (obr. 17). Hlava byla osazena redukcemi z rozhraní VDI 40 na HSK-63T. Stroj byl osazen dvoukanálovým řízením umožňujícím nezávislé programování dvou nástrojů - ve frézovacím vřetení a v revolverové hlavě. Stroj se tak chová prakticky jako dva nezávislé stroje. Synchronizace obou kanálů je prováděna pomocí čekacích bodů. Firma Okuma vystavovala stroj Multus B750-W x3000 se zásobníkem na dlouhé nástrojové tyče umístěným nad hlavním soustružnickým vřetenem. Tyče mají rozhraní HSK, takže do nich je možno upnout běžný soustružnický nebo frézovací nástroj z hlavního zásobníku. Firma Okuma dále prezentovala pro centra Multus nové přímé rotační odměřování, které má zaručit vyšší přesnost obrábění a lepší kvalitu povrchu obrobku. Funkčnost této strojů Multus je možno navíc rozšířit pomocí speciální sady i o operaci vyvažování obrobku, při které osa C funguje jako vyvažovací přístroj a určuje, kam je potřeba navrtat vyvažovací otvory.



Obr. 16: Nosič stroje DMG CTX Beta 1250 TC linear



Obr. 17: Spodní revolverová hlava stroje DMG CTX Gamma 2000 TC s integrovanou lunetou

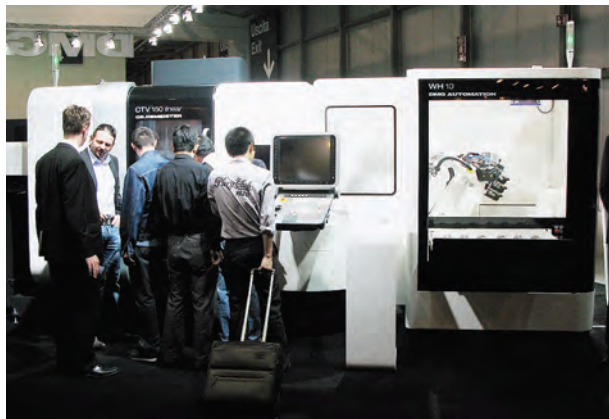
Racionalizace správy nástrojů pro tento typ multifunkčních center si vynucuje sjednocení nástrojového rozhraní pro nástroje upínané ze zásobníku do frézovacího vřeten a pro nástroje upínané do spodní revolverové hlavy. Jednotné rozhraní v revolverové hlavě a frézovacím vřetení zrychluje a zjednodušuje 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. Na EMO Miláno byla k vidění nová konkurence tomuto rozhraní - rozhraní HSK-T pro revolverové hlavy. Rozhraní je plně kompatibilní s běžným rozhraním HSK-A, má však menší vůle na unášecích kamenech, což zaručuje vyšší přesnost při práci nerotačními nástroji. Více o tomto rozhraní je uvedeno v kapitole Nástrojové systémy.

2.4 Inverzně vertikální soustružnické stroje

Mezi malými a středně velkými soustružnickými stroji se pro vysoce produktivní výrobu přírubových součástí již pevně etablovaly inverzně vertikální soustruhy. Tyto stroje mají soustružnické vřeten s vertikální osou umístěné v horní části rámu. Obrobek je upnut pod vřetenem. Obrábění probíhá tzv. "nad hlavou" nástroji upnutými v revolverové hlavě ve spodní části pracovního prostoru. Hlavní výhodou této koncepce je především bezproblémový odchod třísek od obrobku, neboť tyto snadno spadávají do vlnače třísek umístěného ve spodní části pracovního prostoru.

Tento typ strojů má obvykle pohyb hlavního vřeten v osách X i Z. Obrobek je tak polohován proti pevně umístěným nástrojům. Protože se jedná o vysoce produktivní stroje, mají integrovanou dopravu polotovarů a hotových dílů - dopravník dílců prochází rámem stroje. Osa X má prodloužený zdvih, který umožňuje vyjetí vřeten mimo pracovní prostor, odložení obrobku na dopravní pás a nabrání dalšího polotovaru. Tuto koncepci má např. vystavovaná novinka na stánku DMG s označením CTV 160 linear. Jak je zřejmé z označení, stroj je vybaven lineárním motorem v ose X pro maximální urychlení přejezdů mezi pracovním a manipulačním prostorem. Na EMO byl stroj doplněn manipulační buňkou WH10. Tato buňka obsahovala

robota, který odebíral hotové obrobky z dopravníku, vkládal je do čistící a značkovací stanice a následně odkládal do výstupního zásobníku. Firma DMG tak prezentovala ucelené automatizační řešení pro produktivní výrobu. Produktivitu výroby lze dále zvýšit zdvojeným provedením stroje (obr. 19).



Obr. 18: Inverzně vertikální soustruh DMG CTV 190 linear s manipulační buňkou WH10



Obr. 19: Stroj DMG CTV ve zdvojeném provedení

Tlak na vysokou produktivitu byl v kategorii inverzně vertikálních soustruhů vidět u všech výrobců. Firma Famar prezentovala naplnění tohoto cíle svými zdvojenými stroji. Stroj Famar Tandem 260 (obr. 20) je koncepčně navržen jako zrcadlově symetrický dvojestroj, který má ve střední části stanoviště obsluhy s jedním řídicím panelem. Každá půlka stroje má vlastní nezávislý dopravník polotovarů a obrobků. Jednotlivé stroje mohou obrábět synchronizovaně shodný dílec nebo naopak nezávisle dva rozdílné kusy. Stroj má opět pohyb vřetena s obrobkem v ose X a Z. Revolverová hlava s nástroji může být vybavena osou Y, což je v této kategorii zajímavá opce. Dále může být do pracovního prostoru přidána další technologická jednotka s rotační osou - např. brousící vřeteno s osou A, manipulační jednotka pro přepínání obrobku ve vřetení apod. Firma uvádí, že tuhost stroje, instalované výkony vřeten a technologické vybavení jsou vhodné pro tvrdé soustružení. Vystavovanou novinkou na EMO byl u firmy Famar typ biSUB 160 2g (obr. 21). Jak říká název, jedná se o zdvojený stroj SUB 160 2g. Tento soustruh se vyznačuje vysokou dynamikou - kuličkové šrouby ve všech osách umožňují zrychlení 2g, díky čemuž firma uvádí čas 2 sec pro výměnu obrobek - obrobek.



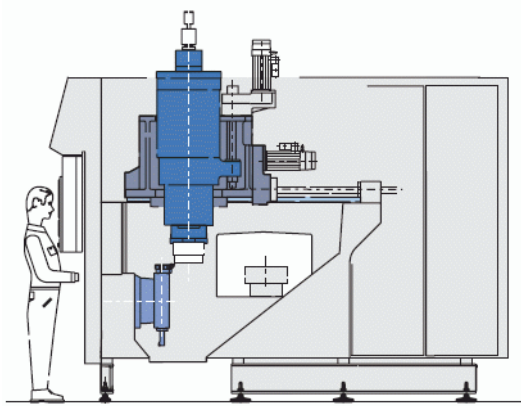
Obr. 20: Dvojestroj Famar Tandem 260



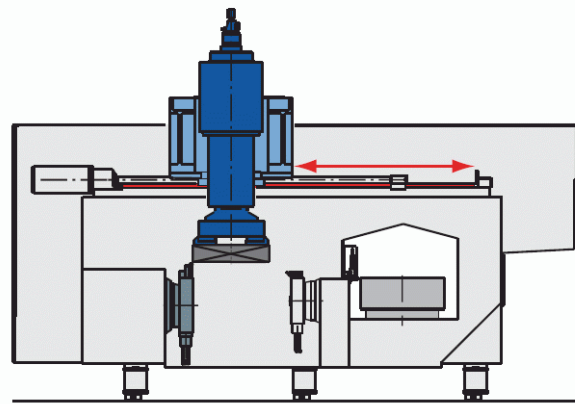
Obr. 21: Novinka Famar biSUB 160 2g

Tradiční výrobce inverzně vertikálních soustruhů, firma EMAG, vystavovala pro výrobu přírubových součástí centra VSC 250 a VLC 250. Řadu VSC charakterizuje vřeteno posuvné v ose X a Z a jedna revolverová hlava s dvanácti poháněnými nástroji (obr. 22). Řada VLC má vřeteno pohyblivé v osách X a Z, na přání lze dodat stroj s osou Y. V pracovním prostoru jsou dvě revolverové hlavy pro pevné a rotační nástroje (obr. 23), volitelně pak jedno další vřeteno pro frézovací, vrtací nebo brousící operace. Hlavní vřeteno je u obou typů umístěno v pinole rotačního tvaru, která je hydrostaticky uložena (obr. 24). To zajišťuje dobré tlumení

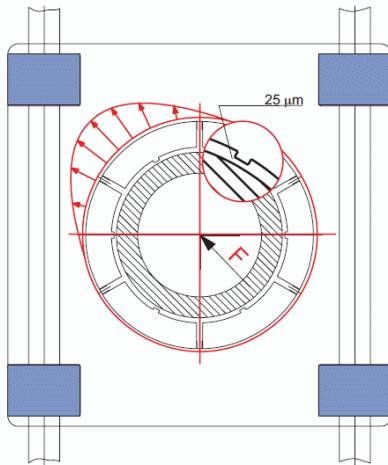
vibrací při tvrdém soustružení a přerušovaných řezech. Nosná struktura strojů EMAG je z polymerbetonu s obchodním označením MINERALIT. Stroje VSC jsou nabízeny pro zvýšení produktivity také ve dvou- a třířetenovém provedení. Obě řady strojů byly prezentovány se širokým spektrem automatizačních periférií (obr. 25).



Obr. 22: Schéma stroje EMAG VSC



Obr. 23: Schéma stroje EMAG VLC



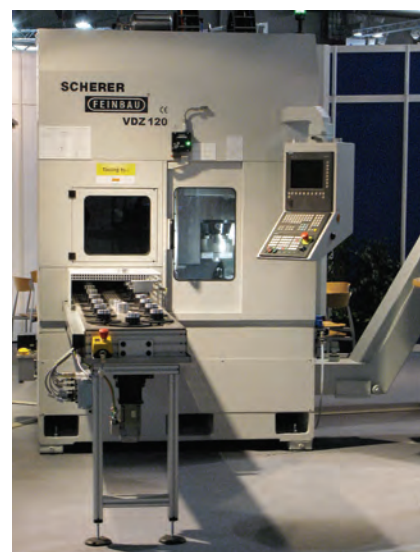
Obr. 24: Hydrostatické uložení pinoly s vřetenem (EMAG)



Obr. 25: Vystavovaný stroj EMAG VSC 250



Obr. 26: Stroj EMAG VTC 315 DS



Obr. 27: Stroj Scherer Feinbau VDZ 120 s dopravníkem obrobků

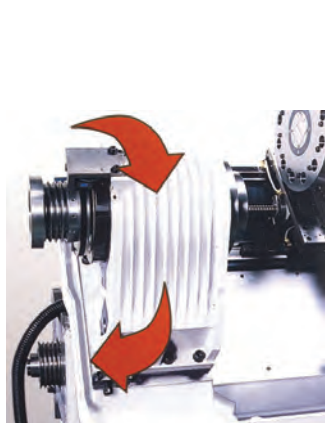
V kategorii inverzně vertikálních strojů byly na EMO vystavovány i stroje pro obrábění hřídelových součástí. Ty mají nepohyblivé vřeteno a na spodní straně pracovního prostoru hrot pro opěnění obrobku. Základní pohyby v osách X a Z provádí revolverová hlava s nástroji. Firma EMAG vystavovala pro obrábění vertikálních hřídelových součástí stroj VTC 315 DS (obr. 26). Tento multifunkční stroj je vybaven dvěma revolverovými

hlavami proti sobě, které umožňují simultánní soustružení nebo broušení dvěma nástroji ve čtyřech (2+2) řízených osách. Manipulaci s obrobkem provádí uchopovací hlavice umístěná v jedné pozici v revolverové hlavě. Podobnou koncepcí vystavovala také firma Scherer Feinbau na stroji VDZ 120 (obr. 27).

2.5 Velmi přesné soustružnické stroje

Velmi přesné soustružení, tj. opracování součástí s tolerancemi v řádu desetin nebo jednotek mikronů, je v současné době úzce spojeno s technologií tvrdého obrábění. Strojům této kategorie se daří v určitých případech úspěšně konkurovat broušení především z důvodu vyšší produktivity.

Firma Hardinge vystavovala dva inovované stroje série Super-Precision: menší stroj RS T-42 MSY s průchozím průměrem vřeten 42 mm a osou Y a větší stroj GS 51 A s průchozím průměrem 51 mm. Stroje mají litinový rám a novou konstrukci revolverové hlavy. Ta se vyznačuje především umístěním motorů mimo vlastní hlavu, aby se minimalizovalo tepelné ovlivnění geometrické polohy nástrojů. Ze stejného důvodu má i vřeteno externí motor s převodem řemenem (obr. 28). Ke strojům je možno dokoupit tzv. "Thermal Package", který obsahuje možnost přidání samostatného chladiče pro vřeteno, přídavné chlazení nádrže s hydraulickým olejem a pravítka s přímým odměřováním. Stroje jsou nabízeny se řídicími systémy Fanuc i-series nebo novým systémem Siemens 828D. Stroje série GS mohou být doplněny integrovaným obrobkovým manipulátorem a základací stanicí (obr. 29).

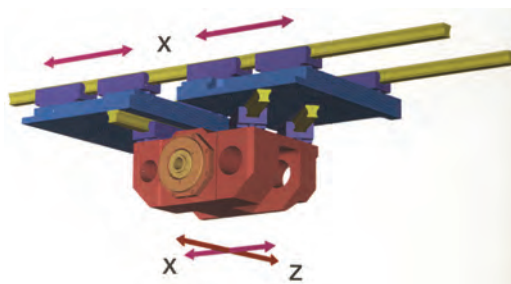


Obr. 28: Nosná struktura a detail vřeteníku stroje Hardinge GS



Obr. 29: Stroj s integrovaným manipulátorem

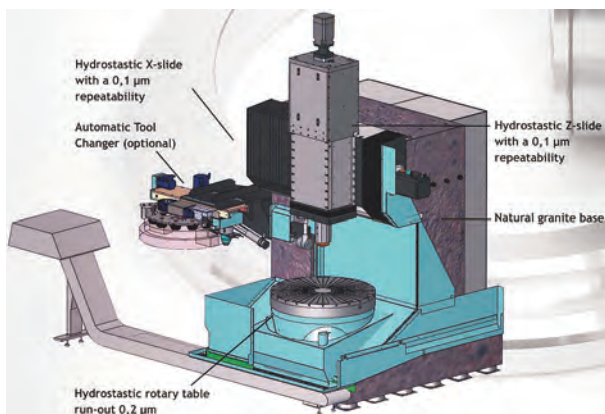
Firma Kümmer prezentovala pro tvrdé soustružení malých dílů stroj k250 hydrospeed. Soustruh má hydrostaticky uložené vřeteno s max. 12.000 ot/min. Nástroj je polohován v osách X a Z pomocí konceptu LSK (Linear Slide Kinematics - obr. 30). Tato pohybová struktura poháněná lineárními motory umožňuje podle firemních údajů realizovat



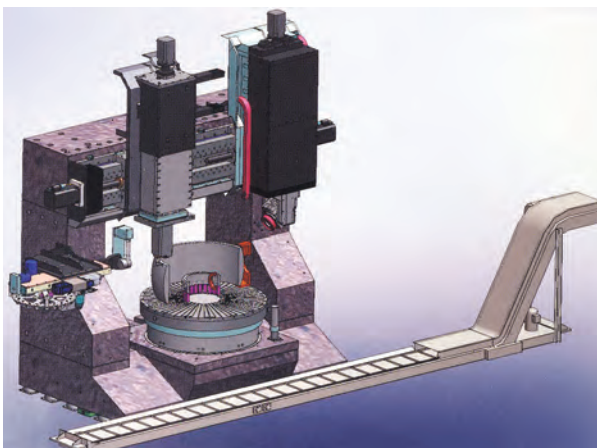
Obr. 30: Nosná struktura stroje Kümmer k250 hydrospeed a detail pohybové skupiny vřetená s konceptem LSK

zdvihy 250 x 100 mm, max. posuvovou rychlost 60 m/min, zrychlení 10 m/s² a submikronovou přesnost polohování. Kompaktní rám stroje připravený pro snadnou manipulaci jeřábem je tvořen ocelovým svařencem vyplněným cementovým betonem.

Konstrukce strojů Microturn holandské firmy Hembrug je založena na nosných dílech ze žuly, hydrostatických lineárních vedeních a pohonech kuličkovými šrouby. Firma uvádí opakovatelnost polohování v 0,1 μm. Hydrostaticky uložené vřeteno má maximální házivost 0,2 μm. Stroje V-serie umožňují obrábět dílce o tvrdosti 50 ÷ 70 HRC o průměru 650 ÷ 1400 mm. Menší stroje série Base Line jsou mj. připraveny i pro vybavení přídavným broušícím vřeteníkem.



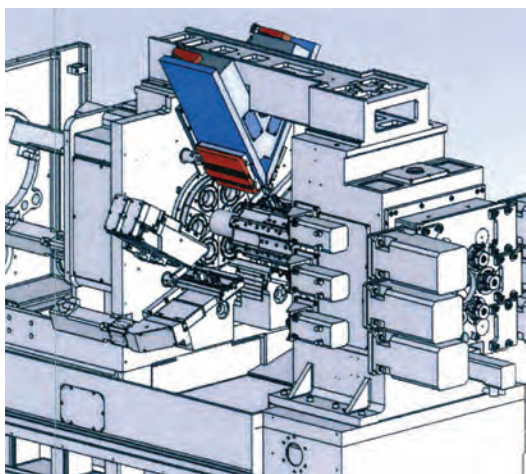
Obr. 31: Hembrug Microturn série V



Obr. 32: Hembrug Microturn série V4

2.6 Stroje pro obrábění malých rotačních dílů

Malými díly myslíme obrobky z tyčových polotovarů do průměru cca 30 až 50mm. Pro velkosériovou výrobu se obvykle používají z důvodu vysoké produktivity vícevřetenové soustruhy. Firma DMG na výstavě EMO prezentovala v této kategorii soustruhy série GMC, které jsou v osách X osazeny lineárními motory (obr. 33), což umožňuje dosáhnout rychlosti rychloposuvu až 50m/min. Vícevřetenové stroje pro velmi malé obrobky vystavovala firma Wolf. Průměr tyčového polotovaru je maximálně 26 mm (obr. 34).



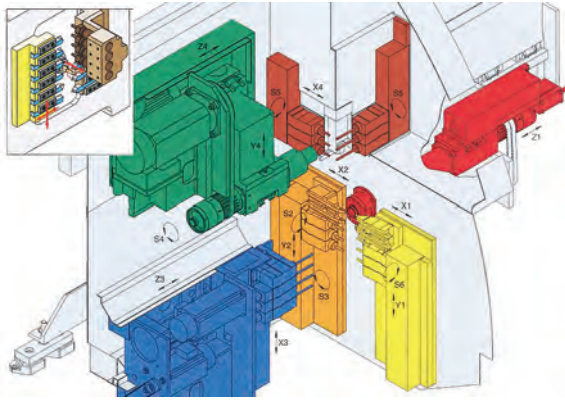
Obr. 33: Model vícevřetenového soustruhu DMG



Obr. 34: Vícevřetenový soustruh fy Wolf

Větší univerzalitu nabízejí stroje s jedním hlavním vřetenem. Obvykle jsou vybaveny i protivřetenem, které rozšiřuje výrobní možnosti i technologickou flexibilitu stroje. Při obrábění malých dílů je výhodné, aby vřetena konala hlavní i některé vedlejší pohyby. U obrobku polohovaného po drahách s malým zdvihem vůči stacionárním nástrojům je možné dosáhnout vyšší dynamiky pohybu potažmo rychlejší výměny nástrojů a zkrácení vedlejších strojních časů. Tyto stroje jsou označovány jako tzv. soustruhy švýcarského typu.

Firma Tornos prezentovala v této oblasti stroje řady Mikro, Delta a Deco. Jedná se o stroje určené pro obrábění z dlouhých tyčí, proto jsou vybavovány jejich automatickými podavači. Hlavní vřeteno je vždy průchozí (maximální průměr 7 až 26 mm) a provádí pohyb v ose Z. Stroje jsou vysoce modulární a umožňují vybavení podle potřeb zákazníka. Nejjednodušší variantou je tříosý stroj řady Mikro vybavený paletou, na které jsou upnuty pevné či poháněné nástroje. Paleta je pohyblivá v ose X a Y, pohyb v ose Z je realizován na vřetenu. Pokud je stroj vybaven protivřetenem, disponuje zároveň dvěma nezávislými nástrojovými systémy, tzn., že můžeme současně obrábět dvěma nástroji. Nejvybavenější stroj řady Deco disponuje čtyřmi nezávislými nástrojovými systémy, které vyžadují 10 řízených os. Jako opcí lze počet řízených os rozšířit ještě o dvě osy C (obr. 35). Zatímco dvě nižší řady jsou vybaveny řídicím systémem Fanuc, u řady Deco výrobce použil vlastní řídicí systém PNC-DECO, který úzce spolupracuje s programovacím nástrojem TB-DECO. Technologické možnosti strojů (obr. 36) jsou především díky jejich variabilitě opravdu široké. Je možné sestavit konfiguraci, která umožňuje obrobení obou konců obrobku, vrtání děr v obecném směru, frézovací operace i souběžnou práci na dvou obrobcích.

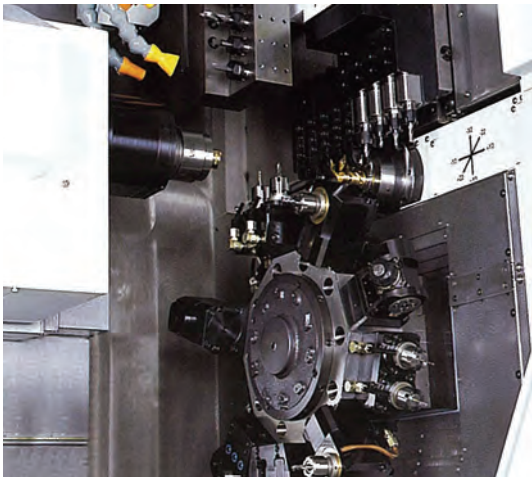


Obr. 35: Kinematika Deco vs. Delta (vlevo nahoře)

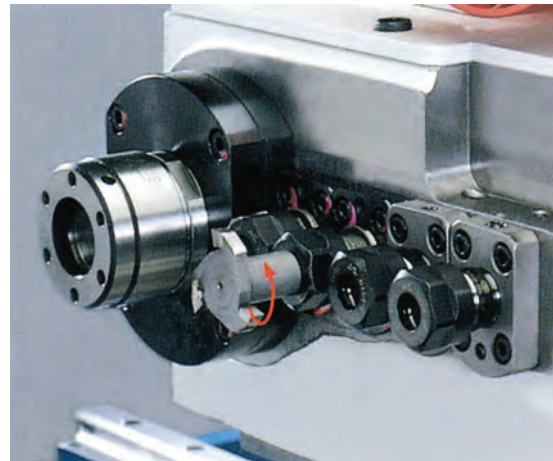


Obr. 36: Díly vyrobené na stroji Deco 10a

Podobné koncepce byly i vystavované stroje řady ECAS firmy Star nebo série STL firmy Hanwha. Navíc jsou ale vybaveny jednou, nebo více revolverovými hlavami s až deseti pozicemi pro pevné i rotační nástroje (obr. 37), přičemž hlavy mohou vykovávat pohyb až ve třech osách. Soustruh švýcarského typu firmy Nexturn s označením SA 20e je vybaven protivřetenem, které se pohybuje v osách X a Z. Na vřeteníku je hned vedle protivřetene ještě nástrojové rozhraní pro dva rotující a dva pevné nástroje (obr. 38). Toto řešení umožňuje osové i mimoosé operace.



Obr. 37: Revolverová hlava s deseti pozicemi fy Hanwha



Obr. 38: Protivřeteno s pozicemi pro nástroje fy Nexturn

Firma DMG vystavovala soustruhy se slovem Linear v názvu. Stroje jsou vybaveny lineárními motory v osách X. Série SPEED linear (obr. 39) je určena pro menší obrobky do průměru 33 mm. Je vybavena protivřetenem a platformami pro pevné i rotující nástroje. Stroje série SPRINT linear (obr. 40) jsou navíc vybavovány revolverovými hlavami, které mohou realizovat pohyb až ve třech osách. Tato série je určena pro obrobky až do 70 mm.



Obr. 39: Nosná struktura stroje série SPEED linear firmy DMG



Obr. 40: Soustruh serie SPRINT linear fy DMG

3 Shrnutí a závěr

Na EMO vystavovali všichni významní světoví výrobci soustružnických strojů. Navzdory současné složité ekonomické situaci většina dodavatelů strojů potvrzovala poptávku po sofistikovaných výrobních řešeních s velkou výrobní produktivitou. Z investičních důvodů je však vyžadováno rozšiřitelné řešení, které bude možno v budoucnu doplnit dalšími moduly. **Komplexní řešení požadované výroby a její vysoká produktivita jsou tedy hlavními požadavky na současné stroje.** V oblasti soustružnických strojů se výrobci snaží dosáhnout těchto požadavků různými způsoby.

Komplexnosti dosahují soustružnické stroje s více revolverovými hlavami a soustruhy švýcarského typu pomocí své modulární stavby. Díky široké paletě kinematických konfigurací může výrobce stroje osadit stroj podle konkrétních požadavků zákazníka. Dále lze doplnit obrobkovou manipulaci ve formě různých zakladačů nebo robotů. Pro flexibilní výrobu komplexních součástí jsou nabízena multifunkční centra, která integrují možnosti několika obráběcích technologií a manipulace.

Mezioperační manipulace s obrobky je výrazným faktorem, který ovlivňuje vedlejší výrobní časy. Pokud nemůže stroj zajistit manipulaci vlastními prostředky (přepínání do protivřeten, manipulační hlavice na koníku nebo v revolverové hlavě), jsou stroje vybavovány gantry zakladači. Při požadavku na větší výrobní flexibilitu jsou stroje doplňovány průmyslovými roboty. Ty umožňují i snadné propojení stroje s dalšími periferními zařízeními, např. čistící stanicí, stanicí s popisováním a značením, konzervací obrobku apod. V tom je skryt potenciál pro zvýšení kvality a produktivity celého výrobního řetězce. Velké firmy si to uvědomují, takže robot u stroje byl vidět prakticky na každém výstavním stánku. Firma DMG dokonce vytvořila samostatnou divizi DMG Automation, která vyrábí přidané buňky s roboty pro stroje DMG. Podle velikosti stroje, obrobku a požadavku zákazníka lze tyto buňky postavit vedle soustružnického stroje (obr. 18) nebo na samostatný rám nad stroj.

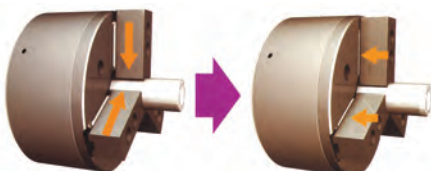
Ve snaze zkrátit vedlejší časy a zvýšit produktivitu výrobního pracoviště nabízejí firmy **provedení strojů s více vřeteny**. První možností jsou dvojstroje (např. Famar, DMG aj.), u kterých je vyšší produktivity dosaženo současnou prací více vřeten. Druhou možností jsou vícevřetenové stroje, kde pracuje pouze jedno vřeteno a na druhém probíhá příprava obrobku (např. Kitako, Felsomat). Produktivita stroje vzroste o úsporu z překrytí hlavních časů obrábění a vedlejších časů manipulace obrobku.

Snaha zkrátit přípravu stroje pro obrábění nutí firmy řešit produktivně také **přípravu nástrojů**. To bylo vidět na široké podpoře nového rozhraní HSK-T, které **sjednocije rozhraní pro rotační a nerotační nástroje**. To by mělo zkrátit dobu přípravy nástrojů pro multifunkční stroje, protože nástroje v revolverové hlavě nebo ve frézovacím vřetenu budou snadno zaměnitelné.

Velký potenciál pro produktivní flexibilní výrobu soustružených dílů je ukryt v **upínání obrobků**. Na EMO prezentovala řada firem univerzální i speciální řešení (pro upínání rotačních obrobků). Firma Tobler se prezentovala na stánku firmy Mori Seiki, která ji v loňském roce koupila. Japonský výrobce obráběcích strojů tak rozšiřuje technologickou podporu prodeje svých strojů. Obecným trendem je spolehlivě a opakovatelně přesné upnutí obrobku. Dále je pozornost firem, podobně jako u nástrojového vybavení, zaměřena na rychlé přeseřízení upínacích prvků nebo jejich výměnu. Firmy Hainbuch a Röhms prezentovaly upínání pomocí rozpínacích trnů. Firma Tobler, Kitagawa a Hainbuch nabízejí systémy pro rychlou výměnu upínacích čelistí nebo celých sklíčidel. Firma Katagawa prezentovala systém Dual Lock, který provede nejprve radiální upnutí obrobku a následně jeho dotažení v axiálním směru na dosedací plochy sklíčidla.



Obr. 41: Prezentace variability rozhraní Hainbuch CapteX



Obr. 43: Upínání obrobků systémem Dual Lock (Kitagawa)



Obr. 42: Příklad speciálního upnutí obrobku (Tobler)