

# Nové kinematické struktury strojů

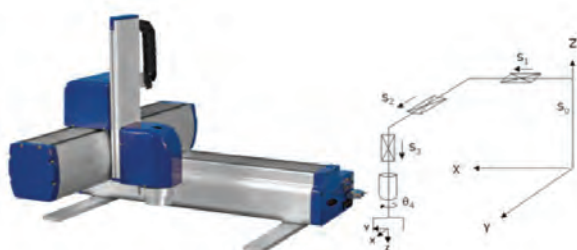
Jiří Švéda, Jan Smolík

## Abstrakt:

Nové kinematické struktury strojů představují takové konstrukce obráběcích strojů, jejichž kinematika pohybových os není čistě sériového charakteru. Tento text shrnuje přehled strojů a principů nových kinematických struktur představených na veletrhu EMO 2009 v Miláně. Jedná se především o paralelní kinematiky s redundatním počtem pohonů.

## 1 Úvod

Současné obráběcí stroje poměrně konzervativně dodržují léty prověřenou a jednoduchou sériovou kinematickou strukturu jejich konstrukce. Stroje jsou tvořeny především třemi lineárními pohybovými osami a případně přídatnými dvěma rotačními osami zařazenými do série. Pohybové osy jsou konstrukčně navázány na sebe, což vyžaduje jejich vysokou tuhost, aby nedocházelo ke změně geometrie stroje při jeho pohybu, obrábění a jejich vzájemnému ovlivňování. Vysoká tuhost je však spojena s vysokou hmotností pohybových os a tím nízkou dynamikou jejich pohybu. Nové kinematické struktury v oblasti obráběcích strojů opouští myšlenku této sériové struktury a využívají především paralelních kinematik, které umožňují s poměrně lehkou mechanickou konstrukcí docílit dynamického pohybu nástroje vůči obrobku současně ve více souřadnicích. Schématické porovnání klasické sériové kinematické struktury a struktury s paralelní kinematikou je zobrazeno na obr. 1 a obr. 2.



Obr. 1: Schéma sériové kinematické struktury



Obr. 2: Schéma paralelní kinematické struktury

V oblasti strojírenství můžeme stroje s paralelní kinematikou rozdělit na dvě základní skupiny:

- Obráběcí stroje s paralelní kinematikou
- Manipulátory s paralelní kinematikou

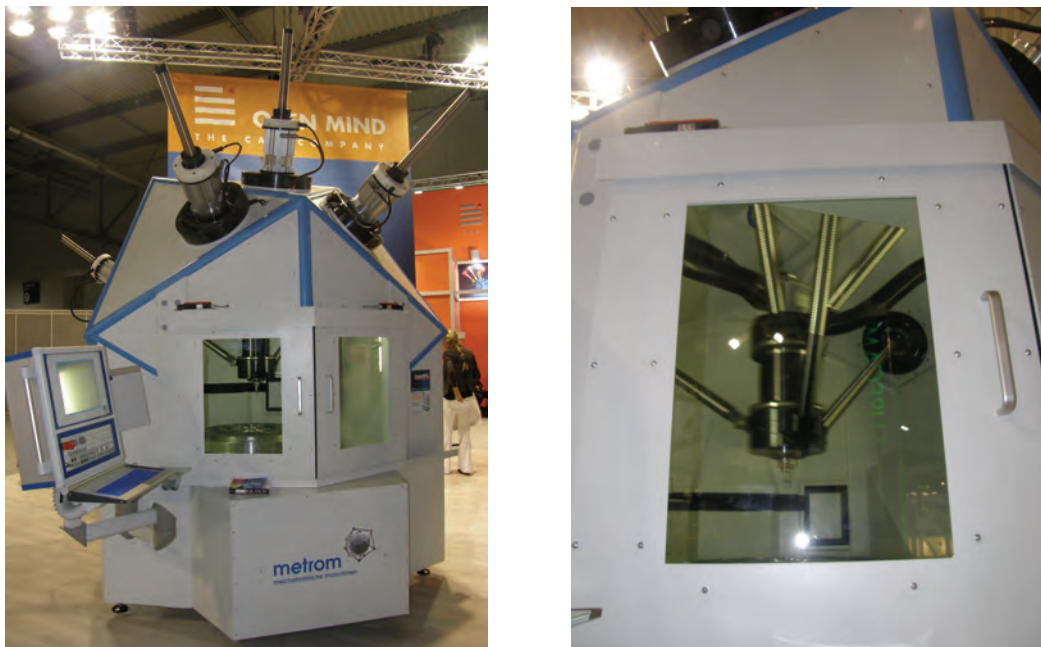
Na veletrhu EMO 2009 v Miláně nebylo v oblasti nových kinematických struktur strojů mnoho vystavovatelů. Z toho lze usuzovat, že současný trend se zaměřuje spíše na klasické kinematické struktury, u kterých dochází k postupnému vylepšování jejich mechanické konstrukce a pohonů.

## 2 Stroje s paralelní kinematikou

Na veletrhu EMO 2009 v Miláně byly pouze dva vystavovatelé, kteří představili obráběcí stroje s paralelní kinematickou strukturou. Jedním z nich je německá firma Metrom Mechatronische Maschinen GmbH, která vystavovala pětiosý obráběcí stroj s paralelní kinematikou pod označením P1000. Nejednalo se zde o novinku v oblasti paralelních kinematických struktur, neboť firma Metrom nabízí stroje s touto kinematickou strukturou již od roku 2001.

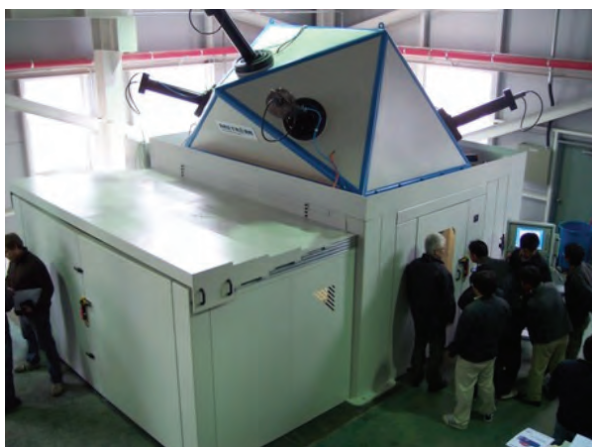
Obráběcí stroj Metrom P1000 je vybaven paralelní kinematickou strukturou s pěti shodnými kuličkovými šrouby a rotujícími maticemi umístěnými kloubově do rámu stroje. Tyto kuličkové šrouby pak společně nesou

vřeteno s nástrojem, které řízenými pohyby všech rotačních matic umožňuje polohování vřetene a jeho natáčení více jak o 90°. Tím je umožněno souvislé obrábění obrobku z pěti stran pouze na jedno jeho upnutí. Díky své konstrukci dosahuje stroj pracovních posuvů až 45 m/min a zrychlení ve všech směrech až 10 m/s<sup>2</sup> při přesnosti polohování ±0,010 mm a opakovatelnosti 0,003 mm. Stroj umožňuje upnutí obrobků o max. velikosti 1000 x 1000 x 600 mm s celkovou hmotností od 300 kg až do 4 000 kg. Pro řízení stroje je nabízen řídicí systém Andronic 2060 nebo nově také Siemens Sinumerik 840D sl. Fotografie stroje Metrom P1000 včetně detailu jeho paralelní kinematické struktury je zobrazena na obr. 3. Pro obrobky větších rozměrů



Obr. 3: Obráběcí stroj Metrom P1000 a detail jeho paralelní kinematické struktury

nabízí firma Metrom variantu stroje P2000 nebo dokonce PG2000, která je vychází z konstrukce portálového obráběcího stroje s gantry pohonem. Takováto řada stroje pak umožňuje obrábění obrobku s maximálními rozměry nepřesahujícími 2000 x 2000 x 1000 mm o maximální hmotnosti 7 000 kg. Verze stroje PG2000 je vybavena otočným stolem o průměru 2800 mm.



Obr. 4: Metrom P2000



Obr. 5: Metrom PG2000 Gantry

Druhým z vystavovatelů předvádějící stroj s paralelní kinematickou strukturou byla taiwanská firma Leadwell. Tato firma přestavila obráběcí centrum X-700R postavené na principu tripodu zobrazené na obr. 6. Stroj je vybaven třemi hlavními nosníky ("nohami") s maximálním délkovým přestavením 700 mm a natáčením vřetene s nástrojem kolem dvou os v rozsahu ±360° a -2,5° - 140°. Maximální posuvové rychlosti dosahují hodnoty až 22 m/min a 45 rpm. Detailní pohled na kinematickou strukturu stroje X-700R je zobrazen na obr. 7 a obr. 8. Hlavní výhodou stroje X-700R je jeho vysoká dynamika pohybu, která dosahuje zrychlení až 3g. To předurčuje použití stroje na velmi dynamické obrábění při současném požadavku malého počtu upnutí obrobku.





Obr. 6: Obráběcí centrum Leadwell X-700R s paralelní kinematickou strukturou



Obr. 7: Boční náhled na obráběcí centrum X-700R



Obr. 8: Přední pohled na obráběcí centrum X-700R

### 3 Manipulátory s paralelní kinematikou

Další skupinou využívající paralelní kinematiku ve své konstrukci jsou manipulátory. Na veletrhu EMO2009 v Miláně byly takovéto typy manipulátorů k vidění opět pouze u dvou výrobců. Prvním z nich je firma Fanuc a její divize Robotics. Ta vystavovala svoji nejmenší řadu robotů s paralelní kinematikou nesoucí označení M-1iA/0.5A, která je zobrazena na obr. 9. Robot je tvořen trojicí vzpěr, které jsou rotační vazbou spojeny s rozpracovanou platformou nesoucí zápěstí robota. Maximální hmotnost přepravovaného dílu je 0,5 kg při opakovatelnosti polohování  $\pm 0,02$  mm. Robot je vhodný pro kompaktní a velice rychlé výrobní buňky.



Obr. 9: Robot Fanuc M-1iA/0.5A s paralelní kinematickou strukturou

Pro manipulaci s těžšími předměty nyní nabízí Fanuc ještě vyšší řadu manipulátoru s paralelní kinematičkou strukturou s označením M3iA. Ten je schopen manipulovat s předměty o celkové hmotnosti až do 6 kg s rychlostí zápěstí 4°/s v 4 osé variantě a 2°/s v 6 osé variantě při opakovatelnosti 0,1 mm.

Druhým představitelem manipulátoru využívající konstrukce s paralelní kinematikou je manipulátor s dvěma stupni volnosti představený firmou Fatronik, který byl vyvinutý v rámci evropského projektu Next. Tento manipulátor se vyznačuje zrychlením až 52g a maximální dosahovanou rychlostí 12,5 m/s. Robot by měl být až 10x lehčí a tužší než klasické manipulátory s dvěma stupni volnosti. Celkový náhled na manipulátor včetně detailu paralelní kinematičké struktury je uveden na obr. 11.



*Obr. 10: Robot Fanuc M-3iA s paralelní kinematičkou strukturou*



*Obr. 11: Vysokodynamický manipulátor Fatronik vyvinutý v rámci evropského projektu Next*

## 4 Shrnutí a závěr

Jak již bylo naznačeno v úvodu, na veletrhu EMO2009 v Miláně nebylo mnoho vystavovatelů představujících stroje s novými kinematičnými strukturami. Vystavované stroje využívali v drtivé většině případů klasické kinematičké struktury prověřené již z dřívějších konstrukcí. Vyjimku v oblasti obráběcích strojů tvořila pouze německá firma Metrom a taiwanská firma Leadwell, které vystavovaly plnohodnotné stroje s paralelní kinematičkou strukturou. Nové kinematičké struktury byly ale k vidění i v oblasti robotů, resp. manipulátorů, kde kralovala především firma Fanuc se svými roboty s paralelní kinematikou. V oblasti manipulátorů představila také firma Fatronik prototyp vysoce dynamického manipulátoru s paralelní kinematikou.