



JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO
ZA MAŠINSKE ELEMENTE I
KONSTRUKCIJE

ZBORNIK RADOVA

SA NAUČNO - STRUČNOG SKUPA
ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MAŠINSKIH
ELEMENTATA I SISTEMA

JAHORINA - IRMES '2002

2/2



Srpsko Sarajevo - Jahorina
19. i 20. Septembar 2002. god.



UNIVERZITET U
SRPSKOM SARAJEVU
MAŠINSKI FAKULTET





MODELIRANJE I SIMULACIJE 2D TEHNOLOŠKIH MODULA SA PARALELNIM MEHANIZMOM

Saša Živanović

U radu su predstavljeni aspekti primene CAD okruženja na primeru modeliranja i simulacije 2D Tehnoloških Modula sa Paralelnim Mehanizmom (TeMoPaM). U evoluciji ovih modula vrlo je značajno ostvariti detaljnu razradu kroz različite simulacije, pri čemu rezultati mogu dosta uticati na parametre samih tehnoloških modula.

1. Uvod

Poslednjih godina se sprovode intenzivna istraživanja o funkcionalnosti, agilnosti i primeni mašina sa paralelnom kinematikom i to u funkciji mašine alatke. U ovom radu se razmatraju 2D tehnološki moduli sa paralelnim mehanizmom. Ovakvi moduli mogu biti samostalni ili se kao osnovne funkcionalne jedinice ugrađuju u sisteme višeg nivoa složenosti. Postoje dve realizacije troosnih mašina sa paralelnom kinematikom koje u osnovi imaju 2D paralelni mehanizam. Ove mašine nemaju kartezijsku konfiguraciju, već koriste paralelni mehanizam za ostvarivanje pomeranja po X /Y osama, dok se pomeranje po Z osi ostvaruje kao na tradicionalnim obradnim centrima. Ovo predstavlja jedan novi koncept mašina za obradu velikim brzinama, što podrazumeva hibridnu strukturu mašine koja zadržava manje više tradicionalnu noseću strukturu u kombinaciji sa paralelnim mehanizmom koji nosi glavno vreteno.

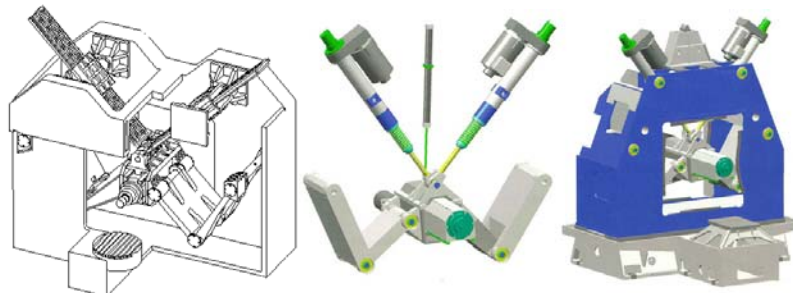
Mašine sa paralelnom kinematikom uprkos brojnim prednostima, kao što su velike brzine, ubrzanja, krutost, imaju i nedostatke od kojih je mali radni prostor, posebno problematičan. Naime da bi radni prostor bio zadovoljavajući ove mašine moraju biti izuzetno velikih gabarita. U tom pogledu analize veličina radnog prostora su vrlo značajne u fazi koncipiranja ovih mašina, jer se na taj način može doći do optimalnih dimenzija mašine. Ove analize se mogu potkrepiti i odgovarajućim simulacijama kinematike, u pogledu putanje alata na granicama radnog prostora, brzina, ubrzanja, sila itd. Simulacija kretanja ne samo da nam omogućava da efektno vidimo model u pokretu, već služi i za složene kinematičke i dinamičke analize. Savremeni trend razvoja i plasmana proizvoda zahteva i novi pristup projektovanju. Taj pristup zahteva od

konstruktora da njegov dizajn bude detaljno analiziran i pre same materijalizacije. Ovo se postiže korišćenjem CAD paketa za 3D modeliranje, a zatim analizom modela kroz različite softvere.

Primeri kompletne integracije svih pomenutih mogućnosti u CAD okruženje od istog proizvođača su retki (mada postoje kao na primer Pro/ENGINEER & Pro/Mechanica od PTC-a), pa se često pribegava kombinovanju postojećeg CAD paketa sa nekim od potrebnih CAE (computer-aided engineering) modula drugog proizvođača softvera. Dogovorom između ovih firmi proizvođača postiže se zadovoljavajući stepen integracije između ovih inače, potpuno zasebnih celina. Međusobna veza između različitih CAD okruženja se može izvesti, uvozom i izvozom modela u standardnim formatima, DXF, IGES, SAT (ACIS), STL, CLF, LST,...

2. Mašine sa paralelnom kinematikom

Novi koncept mašina za obradu velikim brzinama, na čijem je razvoju rađeno u svetu, podrazumeva hibridnu strukturu mašine koja zadržava manje više tradicionalnu noseću strukturu u kombinaciji sa paralelnim mehanizmom koji pokreće glavno vreteno. Mašina se sastoji od glavnog vretena pokretljivog u XY-ravni. Z osa je izvedena kao linearna osa. Pokretljivost vretena u X i Y pravcu i krutost u Z pravcu je obezbeđena spregnutim prenosnikom u obliku slova W, u čijim su zglobovima smešteni kotrljajni ležaji, kojima se ostvaruje veza sa velikom krutošću i malim otporima trenja. U osnovi ovih mašina je 2D tehnološki modul sa paralelnim mehanizmom. Pri čemu se kao pogon u prvoj varijanti koriste linearni motori, a u drugoj obrtni sa zavojnim vretenom kao prenosnikom.

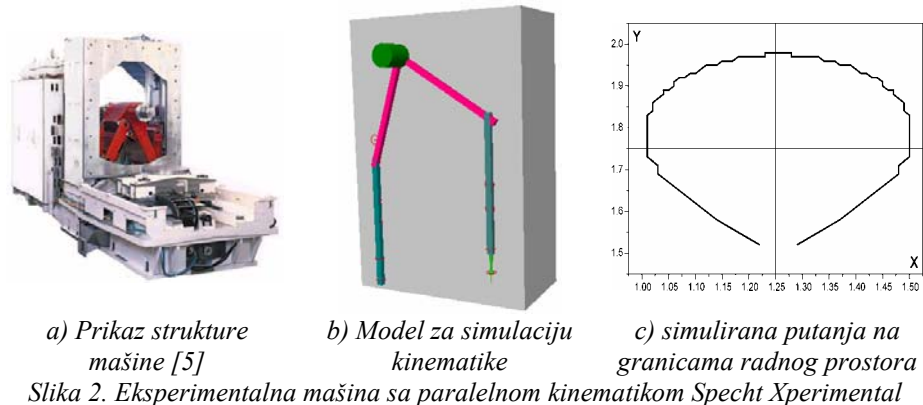


Slika 1. Koncept mašina za obradu velikim brzinama - Dyna M [4],[5]

Još jedna mašina takođe u osnovi ima 2D TeMoPaM. To je mašina sa paralelnom kinematikom, za obradu rezanjem, Specht Xperimental (slika 2.) i karakterišu je velike brzine glavnog i pomoćnih kretanja, sa povećanom tačnošću, uz smanjenje cene. Inače ovo rešenje je predstavljeno septembra 2001. godine na sajmu EMO u Hanoveru. Rešenje pomeranja glavnog vretena se ne bazira na kartezijanskoj konfiguraciji, već koristi paralelni mehanizam (Cross Hueller) za ostvarivanje pomoćnih kretanja po X/Y osama.

Radi uvida u agilnost jedne ovakve mašine navode se neke od njenih karakteristika: maksimalni broj obrta glavnog vretena je 20000min^{-1} , sa snagom motora od 60kW; pomeranja po X/Y osama iznose po 630mm, a po Z osi 750mm; brzina po X/Y osama paralelnog mehanizma je 120m/min, a po Z osi 60m/min; ubrzanja po X/Y osama je oko 1.5g, a po Z osi je oko 1g; upravljačka jedinica je Siemens Sinumerik 840 D, koja

praktično postaje standard, kada je u pitanju upravljanje mašina sa paralelnom kinematikom; krutost, po X/Y osama je veća od $30\text{N}/\mu\text{m}$.



Ova rešenja su analizirana u okruženju za simulaciju kinematike, tokom ovog rada. Na slici 2c) je prikazana simulirana putanja alata na granicama radnog prostora ove mašine u X/Y ravni.

3. Evolucija jednog 2D TeMoPaM

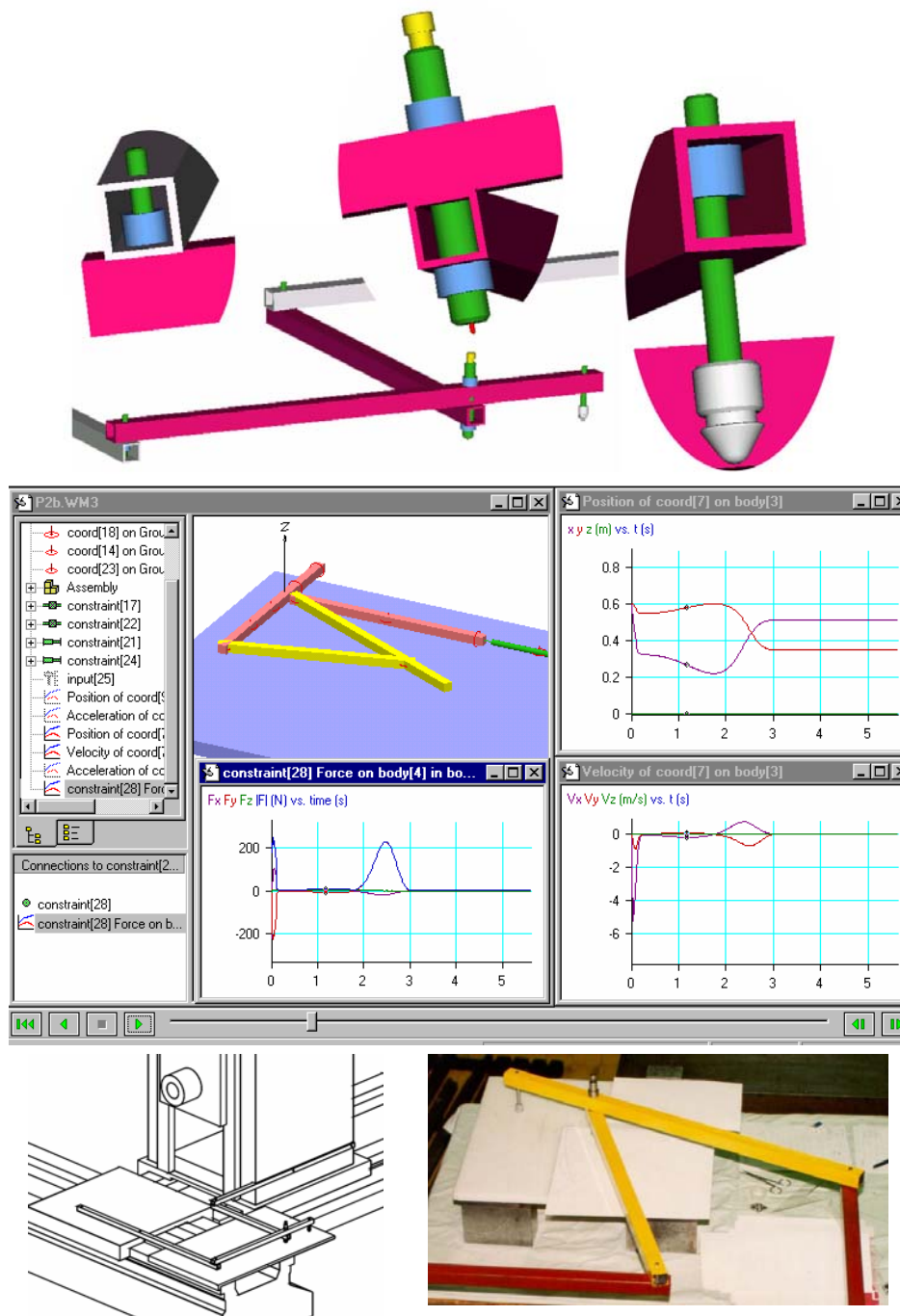
U ovom delu se daje prikaz evolucije jednog prototipa tehnološkog modula sa paralelnim mehanizmom. Sve komponente 2D tehnološkog modula sa paralelnim mehanizmom su modelirane u programskom okruženju Pro/Engineer-a, pri čemu su iskorišćene mogućnosti ovog paketa, za modeliranje partova kao solid modela, simulaciju sklapanja virtuelnog modela i dobijanja željenih crteža. Na bazi ostvarenih virtuelnih modela ostvarena je i simulacija kinematike. Simulacija je vezana za kretanje obe translatorne ose od upravnih položaja nogu, do pozicija bliskih koordinatnom početku. Na ovom putu se može analizirati ostvarena putanja vrha mehanizma, zatim karakter promene brzina i ubrzanja po aktivnim osama, veličine sile u zglobovima itd.

U toku simulacije moguće pratiti veličine kao što su: pozicija, brzina, ubrzanje, količina kretanja, orijentacija, ugaona brzina, ugaono ubrzanje, pritisci, pomeraji, sile i momenti u zglobovima, kontaktne sile, kontaktni impulsi, sile trenja... Rezultati se mogu prikazati brojačano i grafički.

Paralelni mehanizam je u obliku pokretnih "makaza" sa dve translatorne ose i dva štapa konstantne dužine. Ovaj paralelni mehanizam se montira na baznu mašinu HBG80, čije ose X i Z koristi kao pogonske. Montaža 2D TeMoPaM, na baznu mašinu HBG80 je realizovana čime je kompletirana potrebna eksperimentalna oprema. Primenom ove opreme su planirana eksperimentalna istraživanja, kao i buduća edukativna uloga ovog tehnološkog modula u radu sa studentima u okviru laboratorijskih vežbi, na predmetima Katedre za Proizvodno mašinstvo.

Za ovakav mehanizam rešenje inverznog i direktnog kinematičkog proračuna je jednostavno i prikazano je u [1,2]. Inverzni kinematički proračun je potreban za programiranje ovakve mašine, a direktni za potrebe pozicioniranja, kao i analize

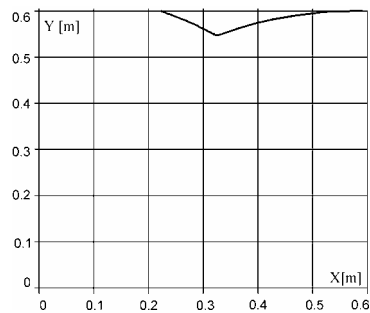
veličine radnog prostora, što je potvrđeno simulacijom i iscrtavanjem iste konture tokom izvođenja eksperimenta.



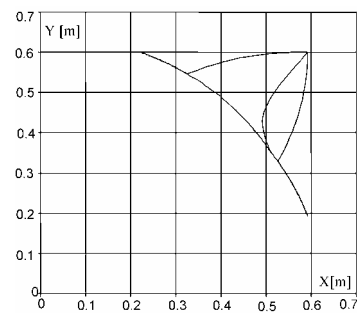
Slika 3. Primer jedne evolucije P2 modeliranje -simulacija - fizička realizacija

4. Primeri rezultata simulacije

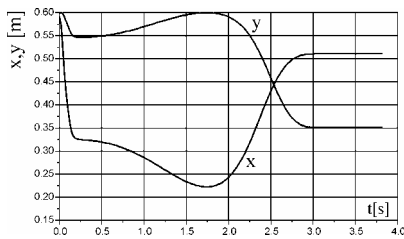
Na osnovu rezultata simulacije 2D paralelnog mehanizma, mogu se dobiti izlazne datoteke sa željenim podacima obliku TXT fajlova, pa su tako dobijeni podaci o: delu putanje alata, za simulirana kretanja po osama klizanja x i y . Za ovaj deo putanje posmatrane su izlazne veličine pomeranja po x i y osi, brzine, ubrzanja i sila u funkciji vremena. Ovi rezultati su prikazani dijagramski na slici 4. Putanja vrha, prikazana na slici 4b), predstavlja približnu konturu na granicama radnog prostora. Ova putanja se može uporediti sa ekvivalentnom putanjom alata prilikom iscertavanja kontura radnog prostora, koja je analizirana primenom direktnog kinematičkog proračuna.



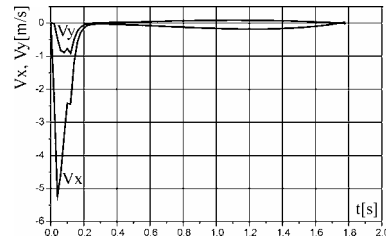
a) deo putanje vrha



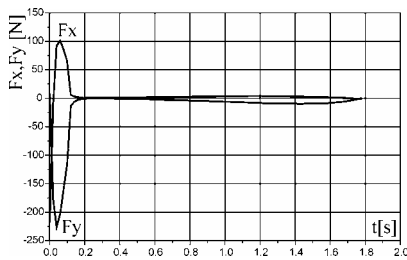
b) približna kontura na granicama RP



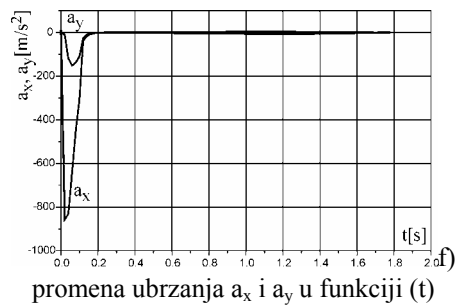
c) promena kliznih osa x i y u funkciji (t)



d) promena brzina V_x i V_y u funkciji (t)



e) promena sila F_x i F_y u funkciji (t)



promena ubrzanja a_x i a_y u funkciji (t)

Slika 4. Prikaz nekih rezultata simulacije 2D TeMoPaM

Zaključak

Dvoosni paralelni mehanizmi kao tehnološki moduli, nalaze primenu u gradnji mašina sa paralelnom kinematikom u kombinaciji sa tradicionalnim koncepcijama i modulima mašina.

TeMoPaM danas su realnost i praktično veliki deo Instituta i Univerziteta u svetu u svom radu imaju razvojne i istraživačke projekte sa ovom tematikom. Namera je bila,

da se uz minimalna ulaganja oformi eksperimentalni edukacioni komplet za potrebe istraživanja i rada sa studentima.

Predstavljeni 2D TeMoPaM, koji u osnovi ima paralelni mehanizam, u pogledu dalje primene, može biti moguća koncepcija jedne mašine za graviranje. U tu svrhu umesto sadašnjeg pisača, treba ugraditi motor sa alatom i rešiti pozicioniranje po Z osi (na nosaču alata). Predmeti koji se graviraju su obično malih dimenzija, pa bi veličina radnog prostora bila zadovoljavajuća. U radu su pokazane i neke od postojećih komercijalno razvijenih koncepcija, koje su vremenski nastale posle modela koji je predstavljen u ovom radu, čime je potvrđen dobar kurs naših istraživanja uz minimalna ulaganja.

Literatura

- [1] Živanović S., Tehnološki modul sa paralelnim mehanizmom, magistarska teza, Mašinski fakultet Beograd, 2000.
- [2] Živanović S., Glavonjić M., Edukaciona 2D paralelna mašina alatka kao tehnološki modul, 26. JUPITER konferencija, Zbornik radova, str. 3.247-3.254, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.
- [3] Jiri Tlusti (1), John Ziegert, Shannon Ridgeway, Fundamental Comparison of the Use of Serial and Parallel Kinematics for Machines Tools, Annals of the CIRP, Vol.48/1/1999, pp. 351-356
- [4] M.Weck, N. Hennes, Neue Maschinenkonzepte fur die spanende Bearbeitung www-isf.maschinenbau.uni-dortmund.de/tagung97/weck.htm
- [5] Gerald Stengele, Ludwigsburg, Bearbeitungszentrum mit Genauigkeitsregelung, Accomat - Projekt: Versuchsträger zum Teilbereich Bohren/Fräsen vorgestellt, ACCOMAT (ACcuracy COntrolled MACHine Tool) Project in collaboration with wbk, WZL, Siemens, Zeiss and ISW.

MODELING AND SIMULATION OF 2 DOF MANUFACTURING MODULES BASED ON PARALLEL MECHANISMS

Saša Živanović

This paper presents some aspects of CAD environment application on example of modeling and simulation of 2 DOF Manufacturing modules based on parallel mechanisms (TeMoPaM). While developing this modules it is very important to make detail analysis using diferent simulations whose results can have great impact on parametars of manufacturing moduls itself.

**Adresa autora: Mr Saša T. Živanović, dipl. maš. ing., asistent, Mašinski fakultet -
Beograd, Katedra za Proizvodno mašinstvo, 27. marta 80,
e-mail: zivanos@alfa.mas.bg.ac.yu**