

Živanović, S.

FIZIČKI MODEL PETOOSNE MAŠINE SA PARALELNO KINEMATIKOM

Rezime: U radu se predstavlja deo rezultata istraživanja tokom konfigurisanja idejnog rešenja petoosne mašine alatke sa paralelnom kinematikom. Na bazi realizovanog industrijskog prototipa pn101_4 nastavljena su istraživanja u cilju konfigurisanja petoosne mašine alatke sa paralelnom kinematikom. Razmatrana su aktuelna dostignuća u ovoj oblasti i izabrana je hibridna konfiguracija mašine koja će omogućiti petoosnu obradu. Ova konfiguracija se sastoji od paralelnog mehanizma sa 3 ose i dvoosne glave, koja se nalazi na pokretanoj platformi paralelnog mehanizma. U cilju provere i verifikacije realizovan je fizički model, za potrebe baznih istraživanja.

Ključne reči: Petoosna mašina alatka sa paralelnom kinematikom, konfigurisanje

A PHYSICAL MODEL OF FIVE AXES PARALLEL KINEMATICS MACHINE

Abstract: This paper presents a part of research results obtained during configuring of five axes parallel kinematics machine tool. Using realized industrial prototype pn101_4 research is continued aiming to configure five axes parallel kinematics machine tool. Current achievements in this field are considered and hybrid configuration of machine, which will enable five axes machining was chosen. This configuration consists of three axes parallel mechanism and two axes head, which is placed on parallel mechanism platform. For verification purposes physical model is realized.

Key words: Five axes parallel kinematics machine, configuring

1. UVOD

Petoosne mašine alatke predstavljaju jedan od velikih izazova u proizvodnom mašinstvu. U tom cilju u okviru projekta Petoosne paralelne mašine započeta su trogodišnja istraživanja u domenu konfigurisanja, izrade, ispitivanja i eksploatacije ovakvih mašina alatki. Za ove mašine je karakteristično i da podležu restrikcijama izvoza iz zemalja koje ih proizvode.

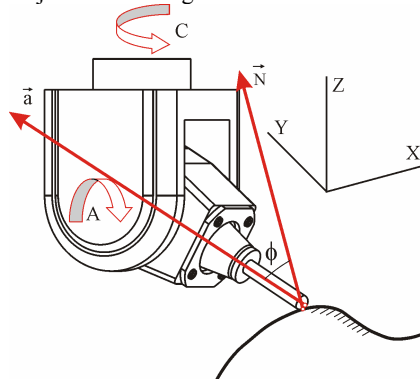
Razmotreni su i aktuelni trendovi u pravljenju mašina alatki i robota specijalno paralelnih mašina sa pet i šest stepeni sloboda. Inicijativa za razvoj ovakvih mašina opravdava se očekivanim tehničkim napretkom: razvojem novog prototipa angažovanjem domaćih resursa, izradom mašine i pripremom za osnivanje novog proizvodnog programa. Osnovni cilj je očuvanje aktuelnosti sopstvenih istraživanja radi formiranja aktuelnog proizvodnog programa mašina sa paralelnom kinematikom, konkurentnih na tržištu visokih tehnologija. Nekada su mogućnosti mašine ograničavale tehnologiju, dok sada praktično nove mašine alatke, predstavljaju zamajac za razvoj tehnologije.

Osnovni cilj istraživanja je nova mašina alatka po osnovu svoje koncepcije; metoda kojima je koncipirana; metoda za programiranje; procedura za ispitivanje, verifikaciju i optimizaciju; performansi za rad u mreži; procesa koje izvodi; materijala koje obrađuje; gabarita proizvoda; tačnosti itd. U tom okruženju su i ovi principi poslovanja: virtuelno preduzeće, digitalna tehnologija, inženjerski poslovi bez papirne dokumentacije, projektovanje proizvoda po inženjerskim zahtevima kupaca, dijagnostika stanja mašina na daljinu, ubrzavanje procesa, simultanost procesa razvoja proizvoda itd.

2. MODEL PETOOSNE PARALELNE MAŠINE

Petoosna mašina ima pored tri translacije (X, Y, Z) i dodatnu mogućnost naginjanja po još dve ose, bilo alata ili obratka, što zavisi od konkretnog rešenja. Ovakva obrada omogućava pristup ose alata u programiranoj orijentaciji u odnosu na površinu koja se obrađuje.

Na slici 1. pokazana je orijentacija alata pri petoosnoj obradi sa obeleženim uglom ϕ , između vektora normale na površinu obratka \vec{n} i ose alata \vec{a} . Vektor normale \vec{n} nam služi da prema njemu orijentišemo položaj alata prema površini obrade. Da bi mašina alatka mogla da omogući orijentaciju alata prema površini obratka po odabranoj strategiji, pri čemu je ugao ϕ između ose alata i normale na površinu obratka u tački pristupa ($\phi=0$ ili $\phi \neq 0$), neophodno je da takva mašina ima dodatno "naginjanje" alata ili obratka. Ovakve mogućnosti imaju petoosne mašine alatke. Kod serijskih mašina alatki pozicija se ostvaruje sa tri translacije, a orijentacija sa dve rotacije, dodatnim naginjanjem dvoosne glave na kraju kinematičkog lanca.



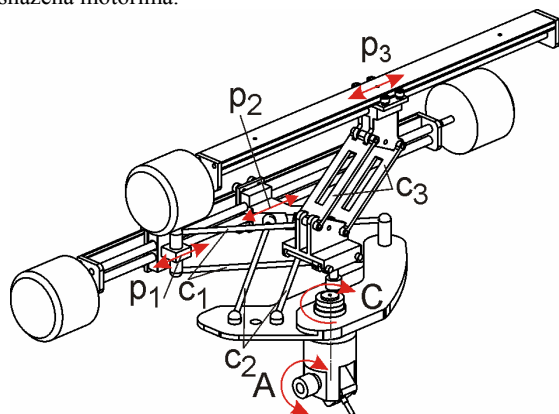
Slika 1. Model dvoosnog serijskog mehanizma

Kod mašina sa paralelnom kinematikom pozicija i orijentacija ostvaruju se simultanim slaganjem kretanja po svim osama. Ukoliko je reč o mašinama sa 6 stepeni slobode, one mogu izvoditi petoosnu obradu. Međutim, radi povećavanja ugla mogućeg naginjanja alata i na ovim mašinama se dodaju dvoosne glave, pa one postaju redundantne u odnosu na broj stepeni slobode, jer bi sada imale osam stepeni pokretljivosti. Nije lako napraviti odmah šestoosnu mašinu sa paralelnom kinematikom, koja se može koristiti za petoosnu obradu (5D). Trebalo bi imati i upravljačku jedinicu (UJ) za sinhronizaciju šest osa po

zadatoj putanji, odnosno upravljati sa šest servomotora. Tada bi se dobilo šest upravljanih pogonskih osa. Pogodnim programiranjem i upravljanjem (PU), takva mašina može da se programira i za troosnu obradu (3D) i za petoosnu (5D) obradu.

Jedan drugačiji pristup omogućava gradnju hibridne mašine, što nije redak slučaj u dosadašnjoj praksi gradnje ovakvih mašina. Naime, troosna paralelna mašina sa dodatom dvoosnom serijskom glavom, takođe predstavlja petoosnu mašinu. Ovakva hibridna konfiguracija mašine (paralelno-serijska) omogućava i troosne i petoosne obrade.

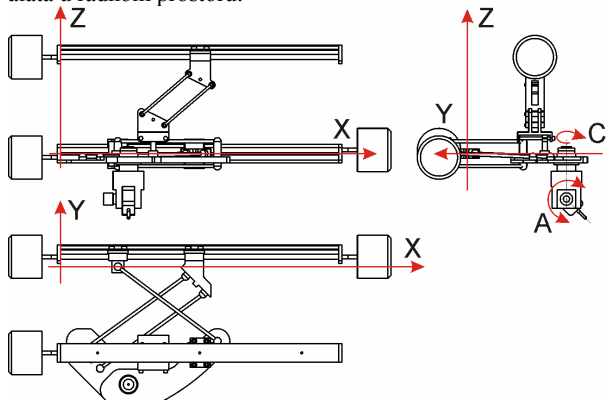
Ideja o petoosnoj paralelnoj mašini alatke (PMA) proverena je najpre konfigurisanjem u CAD okruženju. Polazni model je bila konfiguracija pn101_4 koja je detaljno opisana u [4,5]. Na platformu ovog paralelnog mehanizma se dodaju dve serijske ose A i C, slika 1 i 2. Fizički model ovakve mašine je konstruisan i realizovan, tako da ima kretanje po tri translatorne ose. Ova pomeranja klizača su osnažena motorima.



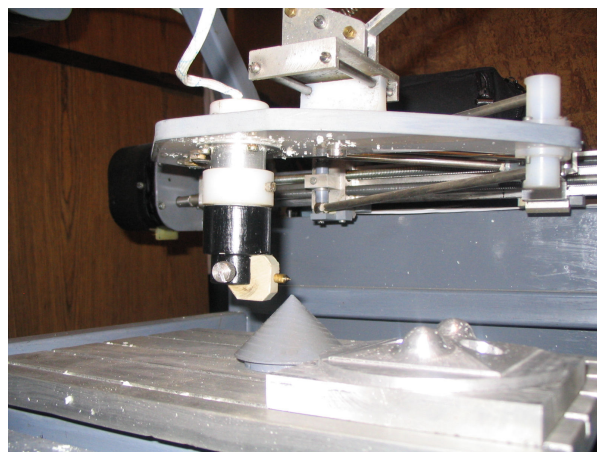
Slika 2. Osnovna struktura petoosne mašine alatke sa paralelnom kinematikom

Kompletna struktura mašine je modelirana i u obliku virtuelnog modela (Pro/Engineer), što je u radu omogućilo laku zamenljivost i kombinaciju modula iz baze raspoloživih do sada konstruisanih modula. Takođe konačni model je pretrpeo i naknadne dorade, do usvajanja konačnog rešenja. Osnovna struktura petoosne mašine sa paralelnom kinematikom prikazna je na slici 2, a projekcije paralelnog mehanizma sa dvoosnom glavom na slici 3.

Model ima mogućnost za ostvarivanje troosne obrade mekanog materijala, što je korišćeno prilikom određivanja granica radnog prostora modela kada radi kao troosna mašina. Dodavanjem modela dvoosne glave na glavno vreteno, dobija se mogućnost za precizno pozicioniranje u radnom prostoru modela, sa pet osa čime se može ostvariti provera kinematike petoosne obrade. Ovakav model nije predviđen za petoosnu obradu, već samo za provere izračunavanja položaja vrha alata u radnom prostoru.



Slika 3. Projekcije sa koordinatnim osama modela petoosne mašine alatke sa paralelnom kinematikom



Slika 4. Fizički model petoosne mašine sa troosnim paralelnim mehanizmom i serijskom dvoosnom glavom

3. ZAKLJUČAK

Prvi rezultati su ostvareni tokom prethodnog trogodišnjeg projekta Troosne paralelne mašine. U novom projektu Petoosne paralelne mašine nastavljena su istraživanja u oblasti mašina sa paralelnom kinematikom, ali za višeosne obrade, kao što je petoosna. U tom pogledu glavni rezultat iz prethodnog projekta industrijski prototip troosne paralelne mašine LOLA pn101_4 V1. je baza za konfigurisanje i izradu hibridne paralelno-serijske petoosne paralelne mašine.

U ovom radu je predstavljen fizički model petoosne paralelne mašine za potrebe provere i verifikacije proračuna.

Mogući dalji pravci istraživanja u ovoj oblasti su: konfiguratori petoosnih paralelnih mašina, tehnologije izrade, eksploatacija, ispitivanje i kalibracija, programiranje petoosnih mašina sa paralelnom kinematikom.

4. LITERATURA

- [1] Živanović, S., *Jedan model tehnološkog modula sa paralelnim mehanizmom*, VII Međunarodna konferencija Fleksibilne tehnologije mma 2000 Zbornik radova str. 81-82, Novi Sad, 08. jun 2000.
- [2] Živanović, S., *Moguća metodologija konfigurisanja mašina alatke sa paralelnom kinematikom*, VIII Međunarodna konferencija Fleksibilne tehnologije mma 2003 Zbornik radova str. 61-62, Novi Sad, 26-27. jun 2003.
- [3] L. Molinari Tosatti, G. Bianchi, I. Fassi, C.R. Boer(2), *An Integrated Methodology for the Design of parallel Kinematic Machines (PKM)*, Annals of the CIRP vol. 46/2/1997, pp.341-345
- [4] D. Milutinovic, M. Glavonjic, V. Kvirgic, S. Zivanovic, *A New 3-DOF Spatial Parallel Mechanism for Milling Machines with Long X Travel*, pp. 345-348, Annals of the Vol54/1, CIRP 2005.
- [5] Glavonjić, M., Živanović, S., Milutinović, D., *Troosna paralelna mašina pn101*, 31. JUPITER konferencija, 27. simpozijum NU - Roboti - FTS, Zbornik radova, ISBN 86-7083-508-8, str.3.1-3.5, Mašinski fakultet, Beograd, Zlatibor, 2005.

Autor: mr Saša Živanović, dipl. maš. ing., Univerzitet u Beogradu, Katedra za proizvodno mašinstvo, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija i Crna Gora, Tel.: +381 11 3302-423, Fax: +381 11 3370-364, E-mail: szivanovic@mas.bg.ac.yu