

РАЗВОЈ ВИРТУЕЛНЕ МАШИНЕ АЛАТКЕ**DEVELOPMENT OF A DIGITAL TWIN OF THE MACHINE TOOL**Владимир Циро, Слободан Табаковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад***Област – ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО**

Кратак садржај – Овај рад укључује опис процеса стварања дигиталног близанца картезијанског робота са паралелном кинематиком типа трипод током његовог процеса пројектовања

Кључне речи: Дигитални близанац, Картезијански робот, Трипод, пројектовање машина алатки.

Abstract – This paper includes a description of the process of creating a digital twin of a Cartesian robot with tripod parallel kinematics during its design process.

Keywords: Digital twin, Cartesian robot, Tripod, Machine tools design.

1. УВОД

Континуирани раст броја типова алатних машина поставља изазов проналажења нових метода за њихово стварање уз најниже трошкове за пројектовање и производњу.

Једна од најнапреднијих метода дизајна машина данас је метода креирања дигиталног близанца.

Дигитални близанац је дигитални (виртуелни) модел било ког објекта, система, процеса или људи. Тачно репродукује форму и радњу оригинала и синхронизован је са њим.

Дигитални близанац је потребан да би се симулирао шта ће се десити са оригиналом под одређеним условима. Ово помаже да се уштеди ресурси и омогућава да се избегне штета за људе и животну средину.

2. КОРИШЋЕЊЕ ДИГИТАЛНОГ БЛИЗАНЦА ПРИЛИКОМ ПРОГРАМИРАЊА МАШИНЕ

Програмирање израде дела у било ком софтверу за припрему производње помоћу рачунара (САМ) често може бити различит у смислу начина на који путања алата изгледа на екрану и онога што се заправо дешава када се покрене на машини која ради. Ова разлика често значи да је мање вероватно да ће фактори као што су ограничења машине, опције контролера и посебне карактеристике бити узети у обзир приликом креирања путања алата у САМ софтверу.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Слободан Табаковић, ред. проф.

Ово често доводи до тога да програмери и оператери морају да прилагођавају програме док раде, што може коштати драгоцено време и новац.

Симулација обраде има за циљ да затвори овај јаз омогућавајући кориснику да добије тачнију представу о томе како ће програмирани део радити када се покрене на машини која ради.

Симулација рада машине алатке на дигиталном близанцу омогућава симулацију путање алата и оптимизацију кретања елемената машине приликом обраде. Коришћење ове функције при дизајнирању програма је једноставан, лак и прецизан начин да се провери да ли су симулиране путање алата тачне и безбедне за рад на машини. При томе се оптимизацијом кретања обезбеђује краће време обраде, побољшање квалитета, повећање флексибилности, процену параметара обраде и доношење одлука о производњи. Често је критичан алат, када је у питању прецизна симулација путање алата пре примене на машини.

3. ОПИС И ПРОВЕРА КРЕТАЊА МАШИНЕ**3.1. Опис принципа рада машине**

Да би се описало кретање машине у програму, прво се мора описати дизајн њених компоненти и принцип рада.



Слика 1. Кинематика декартове паралелне машине

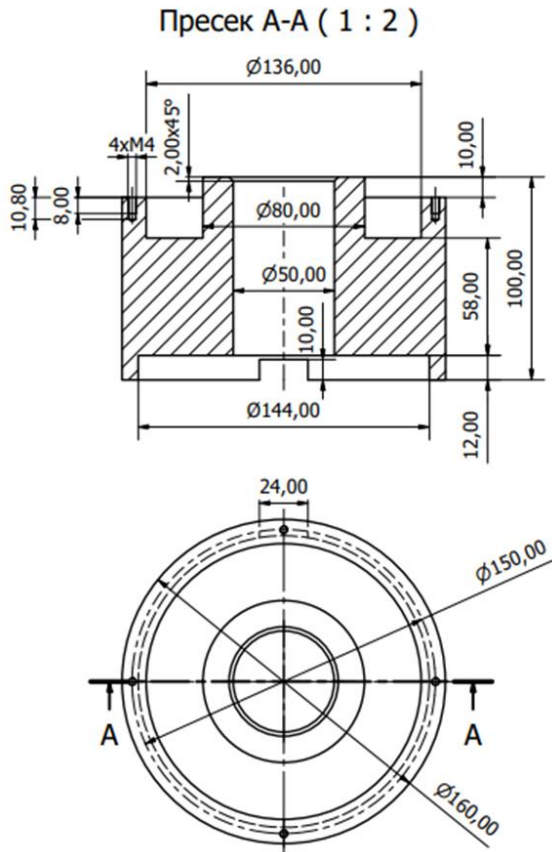
Машина приказана на слици 1 је настала на бази картезијанског паралелног робота под називом Триптерон.

Картезијанске машине покрећу међусобно управни линеарни погони. Обично имају кореспонденцију један-на-један између линеарних позиција актуатора и координата X, Y, Z положаја покретне платформе, што их чини лакшим за контролу. Штавише, картезијански роботи не мењају оријентацију

покретне платформе. Најчешће су повезани у серију; састоје се од једног кинематичког ланца полуге, односно, први линеарни актуатор покреће други и омогућава постизање знатно веће чврстоће и крутости од глодалице сличних димензија са погонским завртњима и вођицама, због расподеле оптерећења од силе резања на 3 вођице истовремено. [1]

3.2. Дефинисање улазних параметара

Сврха механизма јесте да, као кинематска структура машине алатке, обезбеди троосну обраду глодањем дела који је приказан на слици 2:



Слика 2. Цртеж обратка

Прорачун се врши према методолошким упутствима [2].

Услови резања:

$$D = 6-40 \text{ mm} \quad L_v = 80 \text{ mm} \quad v = 150-250 \text{ m/min}$$

$$B = 30 \text{ mm} \quad t = 2 \text{ mm} \quad Z = 5 \quad HB = 210$$

Овде D - пречник глодала, L_v - препуст сечива,

v - брзина резања, b - ширина глодања,

t - дубина резања, Z - број зубаца,

HB - тврдоћа по Бринелу.

Укупно, на основу резултата израчунавања услова резања за завршну и грубу обраду:

$$F_{max} = 1700 \text{ N}; P = 1,3 \text{ kW}; N_{max} = 13000 \text{ ob/min}$$

F_{max} - Сила резања коју механизам мора да издржи

P - Потребна снага погона главног кретања

N_{max} - Захтевана брзина обртаја главног вретена

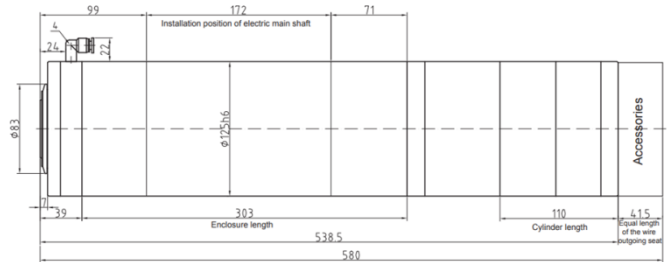
3.3. Избор мотора вретена

Главни критеријуми за избор вретена су [3]:

- Максимална брзина
- Максимална снага
- Пречник и дужина
- Тежина
- Врста хлађења

Неопходно је одабрати мотор вретена који обезбеђује могућност глодања при брзини од 13000 ob/min, као и снагу од 1,3 kW.

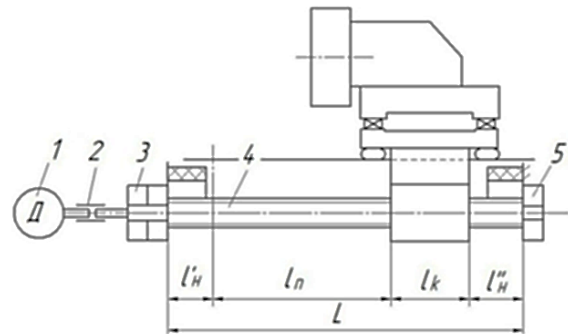
Изабрано је вретено GDL125-40-243/2.2



Слика 3. Изабрано главно вретено

GDL125-40-243/2.2-4 - вретено велике брзине са аутоматском променом алата и принудним течним хлађењем.

3.4. Прорачун карактеристика кугличног вијка



Слика 4. Шема кугличног вијка

Прорачун се врши према методолошким упутствима [4].

Израчунавање дужине завртња:

$$L = l_n + l_k + l_n' + l_n'' \quad (1)$$

Где је l_n - корисно кретање радног тела,

l_k - процењена дужина навртке,

$l_n' + l_n''$ - дужине неискоришћених делова завртња за смештај заптивача кугличних вијака, граничника за заштиту од оштећења.

У нашем случају $L = 1415 \text{ mm}$.

$$P = V_b / Nm \quad (2)$$

P - корак навоја

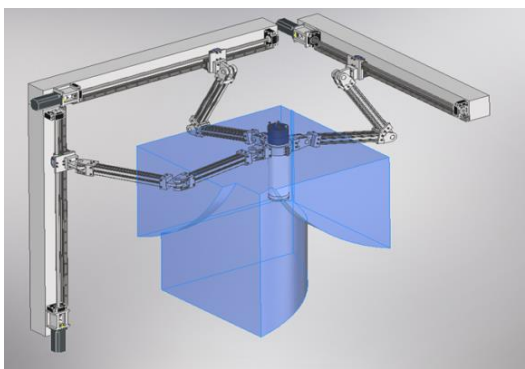
V_b - захтевна брзина кретања навртке

Nm - највећа дозвољена брзина вијка

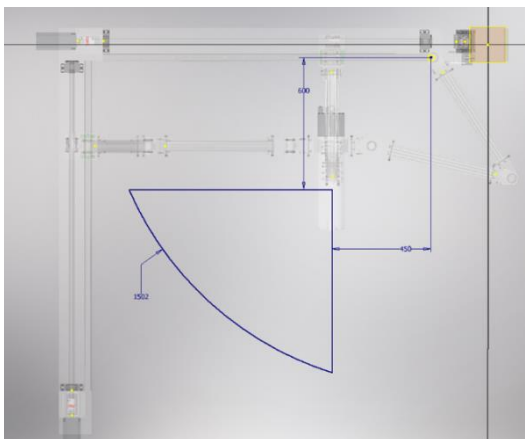
У нашем случају $P = 8 \text{ mm}$

$$d1 = \frac{1.5 \cdot 10^5}{Nm} \quad (3)$$

$$d2 = \frac{Nm \cdot L^2}{5 \cdot 10^7 \cdot 3.4 \cdot 0.8} \quad (4)$$

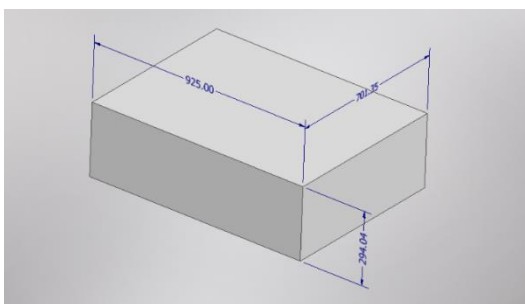


Слика 10. Дозвољене зоне кретања, за сваку руку посебно



Слика 11. Метода описивања покрета руку

Даље, да би се описала радна површина димензија и облика који се практично могу користити при обради, на добијеном моделу треба изабрати паралелоипед максималних димензија, одсецањем зона у којима је кретање најмање једне руке неприхватљиво. На овај начин добијамо радну површину од 925x700x290 mm, слика 12.



Слика 12. Моделована радна зона машине

4. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата симулације виртуелне машине можемо извући следеће закључке:

- Моделовање дигиталног близанца машине током њеног развоја може значајно да поједностави процес пројектовања компоненти, као и процену усаглашености њених технолошких могућности са потребним.

- Вредност креирања модела машине се пре свега манифестује у способности брзог и јасног откривања грешака направљених током процеса развоја, као што су потискивање физичких површина модела, недоследност у кретању компоненти механизма, непрецизности у релативном положају делова, компоненти, механизма итд. Истовремено, откривене грешке се могу исправити без значајног губљења ресурса и времена, што је много исплативије од прављења физичких прототипова.

- Важна предност методе је прегледност и погодност визуелизације процеса рада машине приликом извођења симулације њеног рада, као и групна интеракција особа укључених у њен развој.

- Треба истаћи и погодност чувања и преношења информација које се односе на документацију пројектоване машине у вези са дигитализацијом.

- Недостаци методе креирања дигиталног близанца су: време утрошено на израду CAD модела, захтеви за рачунарским ресурсима, потреба за имплементацијом и коришћењем софтверског пакета у производњи, као и захтеви за квалификацијом програмера.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Cartesian_parallel_manipulators (приступљено у септембру 2023. год.)
- [2] Б.Д. Даниленко, Н.Н. Зубков “Избор режима резања”, Москва, МДТУ им. Н.Е. Бауман, 2005.
- [3] Ј.В. Кирилин, А.В. Шестернинов “Прорачун и пројектовање вретенастих јединица металорезачких машина са котрљајућим лежајевима”, Уљановск, 1998.
- [4] А.И. Кочергин, Т.В. Василенко “Пројектовање погона ЦНЦ машине”, Минск, БНТУ, 2014.

Кратка биографија:



Владимир Циро рођен је у Волгограду 2000. год. Дипломски рад на Факултету Машинства Московског Државног Техничког Универзитета из области производног машинства - Вишенаменска машина за израду делова авиона одбранио је 2022.год.

Контакт: vla.tsyro@gmail.com



Слободан Табаковић је докторирао на Факултету техничких наука 2008. год., а од 2018 је звању редовни професор. Област интересовања су Машине алатке, Флексибилни технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања.