

## **39. JUPITER KONFERENCIJA**

# **ZBORNİK RADOVA PROCEEDINGS**



32. simpozijum  
**CIM U STRATEGIJI TEHNOLOŠKOG  
RAZVOJA INDUSTRIJE PRERADE METALA**

26. simpozijum  
**CAD/CAM**

35. simpozijum  
**NU – ROBOTI –FTS**

41. simpozijum  
**UPRAVLJANJE PROIZVODNOM U  
INDUSTRIJI PRERADE METALA**

19. simpozijum  
**MENADŽMENT KVALITETOM**

Organizator:

**UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET**

Beograd, oktobar 2014. godine

## **39. JUPITER KONFERENCIJA**

### **ZBORNİK RADOVA**

Organizator:

**UNIVERZITET U BEOGRADU - MAŠINSKI FAKULTET**

Adresa:

Kraljice Marije 16, 11120 Beograd, Srbija

Tel: 011-3370341, Fax: 011-3370364

**El. pošta: [jupiter@mas.bg.ac.rs](mailto:jupiter@mas.bg.ac.rs)**

Odobreno za štampu odlukom Dekana

br. 281/14 od 02.10.2014

Tehnički urednici:

Prof. dr Bojan Babić

Doc. dr Saša Živanović

Beograd, oktobar 2014.

---

Tiraž: 150 primeraka

Štampa: **Planeta print**,

11000 Beograd, Igora Vasiljeva 33r, tel.: 011 650 6564

**ISBN 978-86-7083-838-3**

## 39. JUPITER KONFERENCIJA

### PROGRAMSKI I NAUČNI ODBOR

#### **Predsednik:**

**Prof. dr Dragan Milutinović**, Mašinski fakultet Beograd

**Članovi:** Prof. dr Slavko Arsovski, MF Kragujevac • Prof. dr Bojan Babić, MF Beograd • mr Goran Vujačić, VŽŠ Beograd • Prof. dr Ratko Gatalo, FTN Novi Sad • Prof. dr Miloš Glavonjić, MF Beograd • Prof. dr Milan Zeljković, FTN Novi Sad • Prof. dr Milisav Kalajdžić, MF Beograd • dr Vladimir Kvirgić, LOLA Institut Beograd • Prof. dr Pavel Kovač, FTN Novi Sad • Prof. dr Miodrag Lazić, MF Kragujevac • Prof. dr Ljubomir Lukić, MF Kraljevo • Prof. dr Vidosav Majstorović, MF Beograd • Prof. dr Vladimir Milačić, MF Beograd • Prof. dr Pavao Bojanić, MF Beograd • Prof. dr Milorad Milovančević, MF Beograd • Prof. dr Zoran Miljković, MF Beograd • Prof. dr Bogdan Nedić, MF Kragujevac • Prof. dr Petar Petrović, MF Beograd • Prof. dr Miroslav Pilipović, MF Beograd • Prof. dr Radovan Puzović, MF Beograd • Prof. Dr Zoran Radojević, FON Beograd • Prof. dr Saša Randelović, MF Niš • Prof. dr Žarko Spasić, MF Beograd • Prof. dr Ljubodrag Tanović, MF Beograd • Prof. dr Slobodan Tabaković, FTN Novi Sad • Prof. dr Velimir Todić, FTN Novi Sad • Prof. dr Miroslav Trajanović, MF Niš • Prof. dr Ilija Ćosić, FTN Novi Sad • dr Nebojša Čović, Beograd • Prof. dr Emilia Assenova (Bugarska) • Prof. dr Vladimir I Averchenkov (Rusija) • Prof. dr Nikolai I. Bobir (Ukrajina) • Prof. dr Konstantin D. Bouzakis (Grčka) • Prof. dr Miodrag Bulatović (Crna Gora) • Prof. dr Radomir Vukasojević (Crna Gora) • Prof. dr Milan Vukčević (Crna Gora) • Prof. dr Dušan Golubović (BiH) • Prof. dr Doina Dragulescu (Rumunija) • Prof. dr Alexander Janac (Slovačka) • Prof. dr Vid Jovišević (BiH) • Prof. dr Michael I Kheifetz (Belorusija) • Prof. dr Sergey A. Klimentko (Ukrajina) • Prof. dr Radovan Kovačević (SAD) • Prof. dr Andrey A. Kutin (Rusija) • Prof. dr Peter P. Melnichuk (Ukrajina) • Prof. dr Nicolae Negut (Rumunija) • Prof. dr Stanislaw Pytko (Poljska) • Prof. dr Sreten Savićević (Crna Gora) • Prof. dr Mirko Soković (Slovenija) • Prof. dr Victor K. Starkov (Rusija)

### ORGANIZACIONI ODBOR

#### **Predsednik:**

**Prof. dr Bojan Babić**, Mašinski fakultet Beograd

#### **Sekretar:**

Doc. dr Saša Živanović, Mašinski fakultet Beograd

#### **Članovi:**

Doc. dr Božica Bojović, MF Beograd • Doc. dr Živana Jakovljević, MF Beograd • Doc. dr Branko Kokotović, MF Beograd • mr Mihajlo Popović, MF Beograd • Asist. Nikola Slavković, MF Beograd • Asist. Goran Mladenović, MF Beograd • Asist. Slavenko Stojadinović, MF Beograd • Asist. Milica Petrović, MF Beograd • Asist. Jelena Petronijević, MF Beograd • Asist. Miloš Pjević, MF Beograd

## CAD/CAM

<b>Drndarević, D., Đuričić, M., Milivojević, M.</b> MODELOVANJE PROCESA SINTEROVANJA .....	2.1
<b>Ivanov, T., Spasić, D., Komarov, D., Simonović, A.</b> NUMERIČKA ANALIZA UDARA PROJEKTILA U RAVNU ALUMINIJUMSKU PLOČU .....	2.7
<b>Janjić, M., Đurašković, D.</b> MODELIRANJE I SIMULACIJA NAPREZANJA KALJENIH STAKLENIH PLOČA METODOM KONAČNIH ELEMENATA .....	2.13
<b>Mladenović, G., Tanović, L., Pjević, M.</b> OBRADA SLOŽENIH POVRŠINA GLODANJEM – POREĐENJE STRATEGIJA OBRADE .....	2.19
<b>Nikolić, S., Randelović, S.</b> FEM MODEL BRIZGANJA TERMOPLASTA U NESIMETRIČNOM ALATU .....	2.25
<b>Pjević, M., Mladenović, G., Puzović, R., Tanović, L.</b> PRIMENA CAD/CAM SISTEMA U PROJEKTOVANJU I IZRADI PROFILNIH KRUŽNIH STRUGARSKIH NOŽEVA .....	2.31
<b>Popović, M.</b> PARAMETARSKO MODELIRANJE UREZNIKA SA PRAVIM ŽLEBOVIMA .....	2.37
<b>Posteljnik, Z., Stupar, S., Svorcan, J., Petrašinović, N.</b> POREĐENJE EKSPERIMENTALNIH I NUMERIČKIH ANALIZA DEFORMACIJA KOMPOZITNE LOPATICE VETROTURBINE .....	2.41
<b>Svorcan, J., Stupar, S., Posteljnik, Z., Baltić, M.</b> ODREĐIVANJE OSOBINA MATERIJALA KOMPOZITNIH DELOVA POMOĆU EKSPERIMENTALNIH PODATAKA I NEURONSKIH MREŽA .....	2.47
<b>Spasić, D., Ivanov, T., Komarov, D., Stupar, S.</b> ANALIZA OTKAZA ZVEZDASTOG SEPARATORA AVIONSKOG TOPA .....	2.53

← NAZAD



Поповић, М.<sup>1)</sup>

## ПАРАМЕТАРСКО МОДЕЛИРАЊЕ УРЕЗНИКА СА ПРАВИМ ЖЛЕБОВИМА

### *Резиме*

У раду је приказан поступак моделирања фамилије урезника са правим жлебовима у програмском окружењу CAD пакета Autodesk Inventor, користећи технику параметарског моделирања која омогућава да се физички облик дела дефинише вредностима које су придодате атрибутима (првенствено преко димензија). Скуп атрибута који описују урезник конкретних димензија, добија се из формиране базе података фамилије урезника, за задату називну меру урезника, његов корак и тип улазног дела. Урезник је један од најсложенијих резних алата који се користи у пракси и овако дефинисан модел користи се за идентификацију положаја и дужине главних и помоћних сечива његовог резног дела за потребе симулације сила и момента у процесу обраде урезивања навоја.

**Кључне речи:** урезник, параметарско моделирање, CAD

### 1. УВОД

За сваку од карактеристичних фаза при развоју једног производа, које у општем случају представљају идејни пројекат, концептуални дизајн, детаљни дизајн, анализу (структурну и функционалну), израду техничке документације и производњу, СА (Computer-Aided) софтверски пакети нуде посебне, међусобно повезана програмске модуле. Они омогућавају и олакшавају рад читавим развојним тимовима уз честу могућност паралелног рада. У раду су описана искуства у раду са CAD (Computer-Aided Design) софтверским пакетом Autodesk Inventor, који може да задовољи најразличитије захтеве, од машинског дизајна до производње. Као и остали слични програм, он је параметарски, “feature-based” систем за моделирање чврстим телима – “солидима”, који почива на јединственој структури података уз пуну асоцијативност у свим фазама пројектовања.

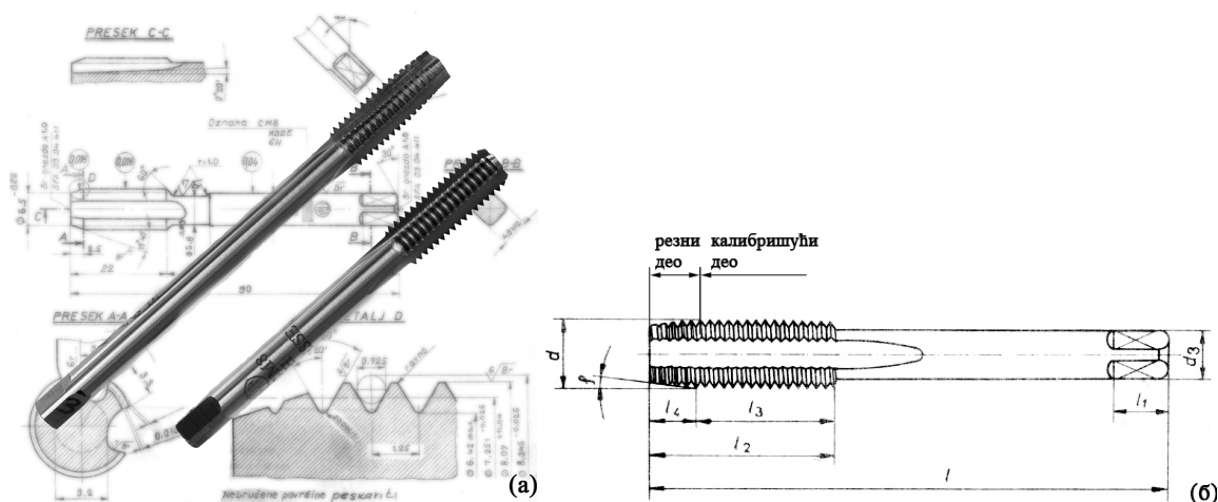
У раду су приказани резултати моделирања машинског урезника настали из потребе за успостављањем аналитичких модела за предикцију сила и момента урезивања навоја у свим фазама захвата алат-обрадк и дефинисања потребних алгоритама за развој софтверских модула, које се базира на геометрији и акцији сечива у процесу урезивања навоја.

Урезници и операције урезивања се сматрају за најсложеније и најмање схваћене резне алате и процесе обраде који се користе у пракси. У раду [1] се помиње да урезник који навој формира уклањањем материјала, датира из 1797 године. Израда унутрашњег навоја је један од најзахтевнијих машинских процеса и представља завршну обраду са сложеном и неприступачном површином у отвору малог пречника, а коју остварује алат са великим бројем зуба и сечива. Најчешћи проблеми са којима се сусрећемо у процесу урезивања навоја, а имајући у виду да се ради о вишесечном алату и инхерентно променљивим силама током процеса, су лом алата и лош квалитет израђеног навоја. По правилу урезивање навоја представља једну од последњих операција у току израде дела, па су и цена уложеног материјала и рада на врхунцу у тренутку примене операције урезивања. Последице лома алата током урезивања навоја често доводе до формирања непоправљивих неусаглашености на изратку и могу имати драстичне економске ефекте. Истраживања процеса урезивања су изузетно корисна како би се избегао лом алата и лош квалитет навоја који могу имати екстремно скупе

<sup>1)</sup> Mr Mihajlo Popović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Katedra za Proizvodno mašinstvo, Centar za nove tehnologije, Kraljice Marije br.16. 11120 Beograd 35, [mpopovic@mas.bg.ac.rs](mailto:mpopovic@mas.bg.ac.rs)

последнице, а посебно у односу на вредност која се производу додаје операцијом урезивања. Боље разумевање процеса урезивања и система сила у урезивању је корисно и за произвођаче алата, као и за дефинисање режима обраде са циљем повећања продуктивности.

На слици 1а приказан је изглед два типа урезника, док су на слици 1б приказане основне димензије урезника са правим жлебовима [2,3]. Улазни, конусни део урезника врши резање навоја, а калибришући на цилиндричном делу урезника прочишћавање. Сваки зуб улазног дела скида одређени слој материјала који зависи од броја жлебова, корака навоја и синуса угла улазног, конусног дела урезника.



Слика 1. Машински урезник од брзорезног челика (а), основне димензије урезника (б)

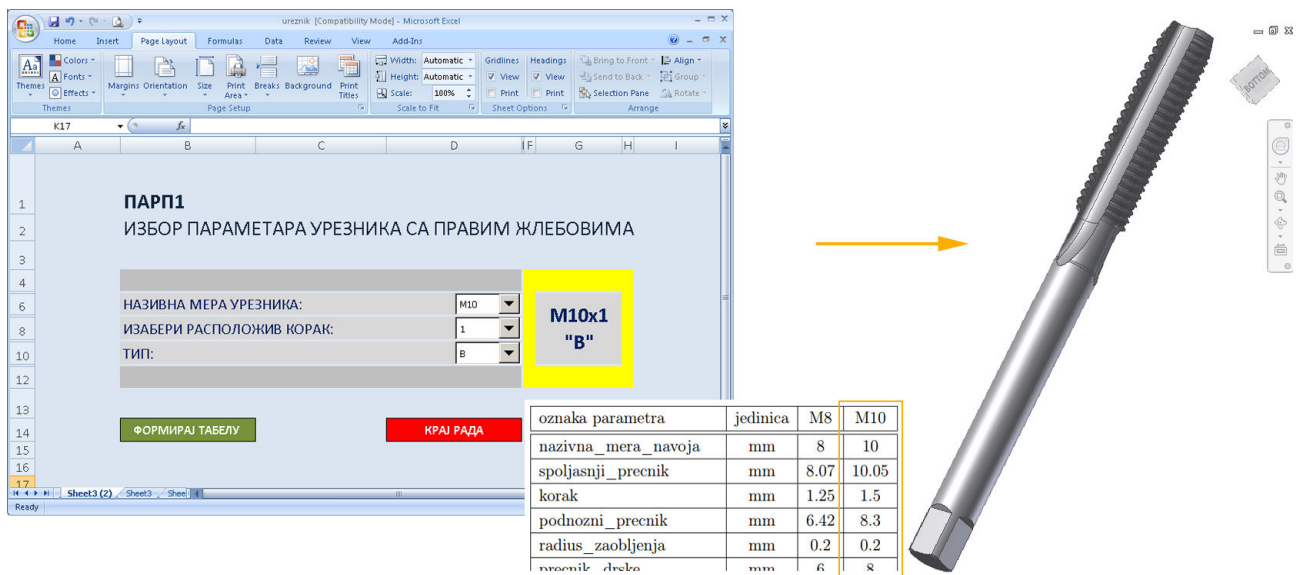
Класа (група) урезника је моделирана у програмском окружењу CAD апликације *Autodesk Inventor 11* користећи технику параметарског моделирања. На овај начин, улаз у програм је скуп параметара који описују урезник конкретних димензија и који се примењују на само једном дефинисан редослед формирања модела према операционим листама израде урезника.

## 2. МОДЕЛИРАЊЕ УРЕЗНИКА

Приликом израде стандардног машинског урезника од вученог цилиндричног полуфабриката, материјала Ч9780, изводе се следећи захвати: сечење шипкастог полуфабриката, чеона обрада и забушивање обе стране, уздужно стругање дршке урезника, уздужно стругање врата урезника, глодање четвртке на врху дршке урезника, маркирање четвртке, глодање жлебова (један жлеб у правцу маркера на четвртци), термичка обрада, пескарење, брушење калибрирајућег дела, брушење дршке урезника, брушење врата урезника, оштрење са поделом, брушење навоја, брушење по обиму навоја, подбрусивање, означавање и прање урезника [4].

На основу радионичких цртежа урезника и редоследа обраде, формиран је репрезентативни модел урезника у коме су димензије биле повезане преко параметара. Параметри се могу задавати у.xml (XML је скраћеница за Extensible Markup Language, односно прошириви - мета језик за означавање текстуалних докумената и представља стандардни скуп правила за дефинисање формата података у електронској форми) формату или формату програма за табеларне прорачуне. У раду је искоришћен формат .xls програма за табеларне прорачуне *Microsoft Office Excel*, који се може дефинисати и у сличним програмима отвореног кода (нпр. *Apache OpenOffice*). Процес добијања параметара за конкретан алат је потпуно аутоматизован за већи распон урезника одређеног типа у програму за табеларне прорачуне у коме је формирана база података фамилије урезника са правим жлебовима, па је довољно само из падајуће листе изабрати називну меру урезника, његов корак и тип улазног дела да би се добио скуп конкретних вредности параметара који се даље користе у програму за моделирање. На слици 2 са леве стране приказан је изглед основног екрана програма за дефинисање скупа параметара, заједно са приказом дела коришћених параметара.

Модел урезника препознаје преко 20 параметара од којих су најбитнији они за формирање резног дела урезника: спољашњи пречник, корак, дужина резног дела, угао конуса, почетни пречник, грудни угао и број жлебова.



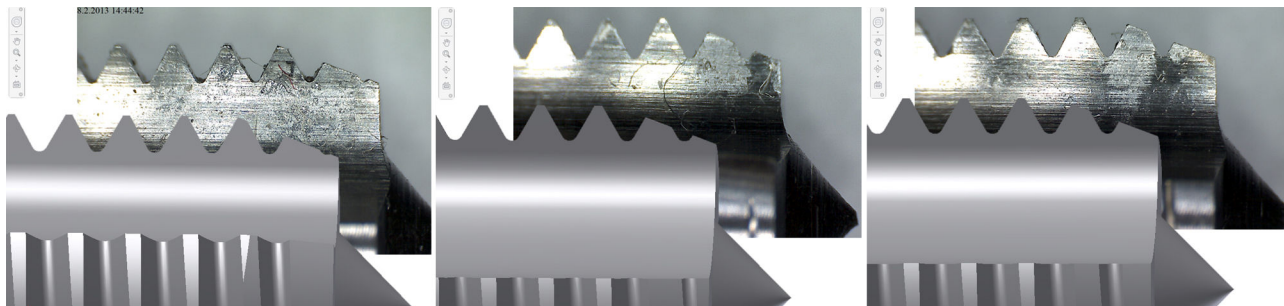
**Слика 2.** Улази у програм ПАРП1 за дефинисање скупа параметара и изглед урезника добијен коришћењем изабраног скупа параметара

У Autodesk Inventor-у се у зависности од изабраног урезника, кроз табелу параметара, тренутно добија виртуелни модел жељеног урезника, без потребе за поновним моделирањем од самог почетка сваког конкретног урезника, слика 2 десно. Опције за рад са параметрима се у програму налазе у =Manage= менију, опције =Parameters= за манипулацију са параметрима као и опције =Update= и =Rebuild All= за ажурирање модела са новим сетом параметара [5,6].

Оваквим начином моделирања, на једноставан и брз начин се може доћи до модела урезника било ког типа и називне димензије, чије су димензије унете у формирану базу података.

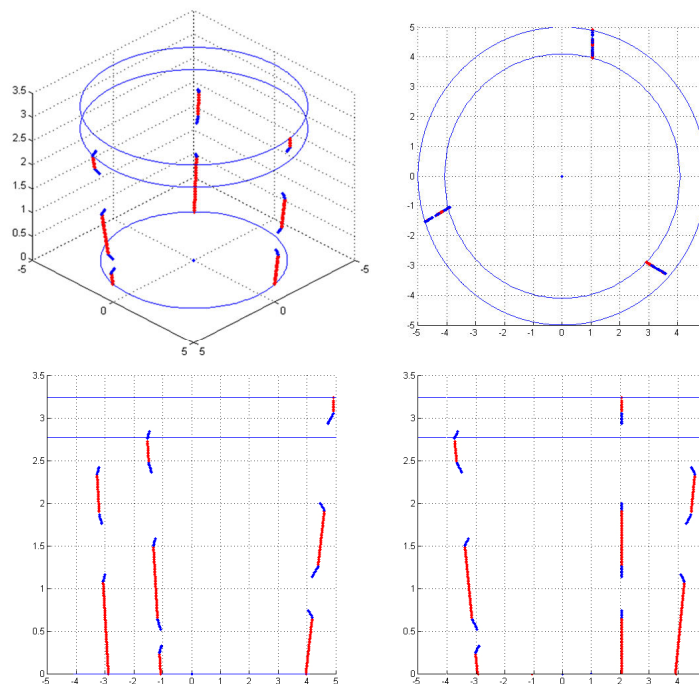
У конкретном случају, од интереса за даље истраживање је био резни део урезника са правим жлебовима различитих димензија, па су са модела коришћени подаци о положају и дужини појединачних сечива на резном делу урезника, који су ради прорачуна импортовани у програм *Matlab* у коме су вршене симулације процеса урезивања навоја.

Приликом дефинисања редоследа појединачних захвата обраде урезника, једна страна четвртке, тј. призме на крају дршке алата се механички означаи, и она је технолошка база за сва каснија базирања у захватима обраде урезника. На овај начин се добијају урезници који у границама толеранција имају приближно иста сечива. На слици 3 су приказани снимци резног дела урезника свих сечива урезника M10 са увећањем x35 и истовремено приказ модела урезника добијен у CAD софтверском пакету.



**Слика 3.** Резни део урезника на сваком жлебу на урезнику M10 (x35) и у CAD пакету

На слици 4 су приказана само сечива стандардног урезника M10, која учествују у захвату, и то црвеном бојом главна сечива и плавом бојом помоћна сечива, импортована из CAD програма.



Слика 4. Сечива на резном делу урезника M10 – главна (црвено) и помоћна (плаво)

### 3. ЗАКЉУЧАК

Урезник је вишесечни алат, чија су сечива по жлебовима прекидна. За даљи ток истраживања, од интереса је распоред и позиција сечива на резном делу урезника. Сечива, која се налазе у пресеку грудне површине која може бити равна, али и крива површ и леђне површине која је на улазном делу конус, могуће је идентификовати аналитички или преко модела у оквиру програма за моделирање, како је и приказано у овом раду. Приликом коришћења модела урезника, уместо формирања посебног модела за сваки будући потребни тип урезника искоришћен је принцип параметарског пројектовања, који вишеструко скраћује време потребно за дефинисање нових типова и димензија урезника.

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Henderer, W.E., On the Mechanics of Tapping by Cutting, *Transactions of the ASME - Journal of Engineering for Industry*, pp.257-262, 1977
- [2] SRPS EN 22857, Брушени урезници за ISO метричке навоје толеранција од 4H до 8H и од 4G до 6G крупног и ситног навоја — Произвођачке толеранције навојног дела, 2011
- [3] SRPS EN 25967, Урезници и резачи навоја — Номенклатура главних типова и терминологија, 2011
- [4] Каталог ФРА - Чачак, 2012
- [5] Autodesk Inventor 2011® Professional - Help
- [6] <http://usa.autodesk.com/>

Popović, M.,

## PARAMETRIC MODELING OF TAPS WITH STRAIGHT FLUTES

**Abstract:** This paper presents a procedure of modeling a family of taps with straight flutes in the CAD package Autodesk Inventor programming environment, using parametric modeling technique that allows to define the physical form of part with the values that are attached to attributes (primarily through dimensions). The set of attributes that describe the tap specific dimensions is obtained from a database, for a given nominal tap diameter, thread pitch and tap type. Tap is one of the most complex cutting tools used in practice and so defined model is used to identify the location and length of major and minor cutting edges, for the purposes of the force and the torque simulation in the tapping process.

**Key words:** tap, parametric modeling, CAD