



Program studentske prakse

Akronim: WBC-VMnet

Ime projekta: Mreža korisnika virtuelne proizvodnje Zapadnog Balkana – podrška integraciji trougla znanja

Broj projekta: 144684-TEMPUS-2008-RS-JPHES

Datum: Jul 2010,

Lokacija: EU, WBC



4.13 Model završnog izvještaja

Univerzitet: Univerzitet u Crnoj Gori
Fakultet: Mašinski fakultet u Podgorici

Školska godina:2010-2011



ZAVRŠNI IZVJEŠTAJ

o realizovanoj studentskoj praksi

Student: Vujović Jakša

ID broj studenta: 40/09

Godina studija: II godina Osnovnih studija

Modul: Mašinstvo

Ime akademskog mentora:Doc. dr Mileta Janjic

Ime industrijskog mentora: Prof. dr Vesna Mandic

Godina, Mjesto

1. Opšte informacije

Student			
Ime studenta: Jakša Vujović		Nivo studija: <input checked="" type="checkbox"/> BSc <input type="checkbox"/> MSc	
ID broj:40-09	E-mail:jaksa.vujovic@hotmail.com	Telefon: 067805068	
Vremenski period prakse	Od: 08.08.2011	Do: 08.09.2011	Broj sati:
Akademska institucija			
Univerzitet: Univerzitet Crne Gore			
Fakultet: Mašinski			
Adresa: Džordža Vašingtona bb		Grad: Podgorica	
Ime akademskog mentora: Doc. dr Mileta Janjic		Pozicija: Docent	
E-mail: mileta@ac.me	Broj telefona:+38269543876		
Institucija u kojoj se realizuje praksa (preduzeće/institucija)			
Ime: Univerzitet u Kragujevcu-Mašinski fakultet (CEVIP)			
URL: www.mfkg.rs			
Adresa: Sestre Janjic 6		Grad: Kragujevac	
Ime industrijskog mentora: Prof. dr. Vesna Mandić		Pozicija: Vanredni profesor	
E-mail: mandic@kg.ac.rs	Broj telefona:+ 381648288701		

2. Zahvalnice

Nakon provedenih trideset dana u Kragujevcu, izražavam svoje zadovoljstvo, što mi je omogućeno da obavim studentsku praksu u Kooperativnom Trening Centru u Kragujevcu. Za vrijeme koje sam proveo u Centru mnogo toga što je teorijski bilo predavano na fakultetu uspio sam povezati i uvjeriti se kako to izgleda u praksi. Gostoprimstvo i profesionalnost u obuci koja mi je pružena od strane osoblja Centra zaslužuju da izrazim svoju zahvalnost svima njima što su mi omogućili da dani u Kragujevcu ostanu u dugom sjećanju.

Izražavam svoju zahvalnost rukovodiocu Kooperativnog Trening Centra prof. dr Vesni Mandić koja me je primila i omogućila da se upoznam sa radom Centra i osnovnim karakteristikama opreme i njenim funkcionisanjem. Takođe izražavam svoju zahvalnost gospodinu Milanu Čurčiću i Vladanu, saradnicima prof. dr Vesne Mandic, koji su imali vremena i strpljenja da mi prenesu svoje stručno znanje. Posebno sam im zahvalan na divnom druženju u slobodnom vremenu.

Posebnu zahvalnost moram iskaziti prema mom akademskom mentoru docentu dr Mileti Janjiću, koji je u ime Mašinskog fakulteta u Podgorici, a u sklopu Tempus projekta WBCVMnet, izabrao mene kao studenta druge godine i omogućio mi da odem na studentsku praksu u Kragujevac, gdje sam na najbolji mogući način uporedio teorisko znanje sa praktičnim radom. Nadam se da će i drugim studentima biti omogućeno da obave praksu u industrijskom preduzeću, kako bi svoja teorijska znanja što brže i lakše primijenili u praksi.

3. Uvod

Stručna praksa i upoznavanje sa radom u konkretnim situacijama jedan je od najvažnijih elemenata za sticanje iskustva i lakše pronalaženje zaposlenja. Ona predstavlja upoznavanje studenata sa svim važnim aspektima poslovanja konkretne organizacije, koje će im koristiti u budućoj profesiji kako bi se u što je moguće većoj mjeri postigla neophodna povezanost između teorijskog i praktičnog dijela usavršavanja i što kvalitetnijeg osposobljavanja za buduće poslove. Studenti na različite načine, stiču neophodno iskustvo za bavljenje odabranom profesijom u budućnosti. Fakulteti i univerziteta predstavljaju osnovan izvor inicijative za realizaciju studentskih praksi. Upravo se ove institucije u svijetu i cijene po tome što mladi stručnjaci koje oni obrazuju po sticanju diplome posjeduju kvalitetna praktična iskustva i spremni su da se uhvate u koštac sa svojom izabranom profesijom. Ipak, obezbjeđivanje praktičnog iskustva studentima podrazumijeva boravak i rad u preduzećima, ustanovama i organizacijama u kojima se obavljaju različite djelatnosti povezane sa mašinskim inženjersvom. Upravo nam to omogućava projekat WBC-VMnet koji se finansira u okviru TEMPUS programa kojim je omogućena realizacija ove prakse, na bazi partnerstva između Univerziteta u Kragujevcu i Univerziteta Crne Gore, odnosno Kooperativnih trening centara u Kragujevcu i Podgorici.

Praksa je predviđena tako da se jedan dio obavlja u Kooperativnom Trening Centru u Kragujevcu a drugi dio na terenu.

Boravak u Trening Centru je predviđen za upoznavanje sa radom u Simofaktu, CADIA i načinu rada Objet Alaris 30 koja služi za izradu prototipova od plastike, sa radom **Multisenzorska CMM mašina Weth VC IP250** koja služi za mjerenje i kontrolu 2D i 3D geometrije djelova sa veoma malim detaljima pomoću **optike, lasera** i patentiranog kontakt senzora - **fiber**, omogućavajući različite strategije i nalaženje rješenja za veliki broj mjerenja bez pomijeranja radnog komada.



4. Ciljevi PSP i metodologija

Predviđeno je da praksa traje mjesec dana ili dvadeset radnih dana. Ona se realizuje kroz boravak studenta u pogonu u toku radnog vremena minimum jednom sedmično. Praksa se može organizovati na lokalnom i međunarodnom nivou. Praksa u inostranstvu i okruženju omogućava studentu upoznavanje nove sredine i ostvarivanju novih poznanstava. Ta sama poznanstva sa novim ljudima i sredinom omogućavaju uvid u njihov način rada i upoređivanju sa domaćim, što omogućava formiranje konačnog stava prema određenom problemu sa više aspekata.

Da bi jedan mladi inženjer po završetku studiranja bio konkurentan na tržištu osim teoretskog znanja mora posjedovati i određeni dio praktičnog znanja i iskustva koji će dalje tokom svoga rada nadograđivati i usavršavati. Sa tim ciljem je u toku studiranja na završnoj godini uvedena kao obavezna i stručna praksa. Ona služi kao početni oslonac diplomiranom studentu pri pronalaženju budućeg posla. Pohađanje PSP ima višestruki značaj kako za samog studenta tako i za preduzeće u kojem obavlja PSP do Univerziteta na kojem stiče teorijska znanja.

Najveći značaj za studenta je što će uz pomoć PSP – a smanjiti prazninu između teorijskog i praktičnog znanja. Na ovaj način omogućava se studentu snalaženje u situacijama sa kojima će se susresti tokom rada u nekom preduzeću. Naučiće da teorijska znanja pretoči u rješavanju konkretnih problema na koje će nailaziti tokom svoga rada, od samog projektovanja, izrade potrebne dokumentacije i crteža uz korišćenje računara. Upotreba računara se zasniva na korišćenju velikog broja programskih jezika koji olakšavaju, skraćuju vrijeme izrade i postižu veliku preciznost, do sopstvenog programiranja koje omogućava bržu i lakšu izradu pri maloserijskoj, seriskoj i masovnoj proizvodnji. Uobičajeni CAD softveri u upotrebi su : AUTOCAD, SOLID WORKS, a uobičajni CAM softveri : MASTERCAM i ESPRIT. Student će se obučiti za korišćenje mjernih i kontrolnih instrumenata. Oprema za mjerenje i kontrolu dužina (mjerne trake, mjerni lenjiri, mjerne letve, pomična mjerila, dubinometri, visinometri), mjerenje uglova (ugaonici, uglomjeri i šabloni), mjerila za kontrolu ravnosti površine, mjerila za zazole i zaobljenja, mjerila za otvore, navoje, kao i način čuvanja i održavanja mjernih alata.

Pogodnosti preduzeća u kojima studenti obavljaju PSP su višestruke, od kojih je najznačajnije to što na taj način preduzeće uspostavlja i održava vezu sa Univerzitetom. Zbog prakse koju obavljaju studenti, preduzeća imaju lakši odabir novih zaposlenih i upoznavanje sa njihovim znanjem i vještinama. Takođe, studenti kao mladi ljudi unose nove ideje i energiju. Oni se lakše i brže uklapaju u zajednički tim za ostvarivanje zacrtanih poslovnih zadataka.

5. Opis posla

I Nedelja:

1. dan – Ponedjeljak 08.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa rukovodiocem projekta prof. dr Vesnom Mandić i njenim saradnikom Milanom Ćurčićem u instituciji u kojoj se realizuje praksa (Mašinski fakultet u Kragujevcu). Upoznavanje sa prostorom i opremom kojom raspolaže Mašinski fakultet u Kragujevcu. Definisane aktivnosti i rasporeda realizacije studentske prakse sa Industrijskim mentorom i saradnicima zaduženim za određene oblasti koje su uključene u aktivnosti prakse.

2. dan – Utorak 09.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Prisustvovanje sastanku VRPM-grupe. Na kojem su učestvovali :

- FTN-Novi Sad:
- COMTRADE:
- VLATCOM
- QUADEL i
- METALAC

Drugi sastanak VRPM tematske grupe održan je na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu, CEVIP/CTC centar. Sastanak je otvorila prof.dr Vesna Mandić, koordinator CTC-a i WBC VMnet mreže, pozdravivši predstavnike ICIP projekta, dr Jürgen Henke-a i Boška Nektarijevića, kao i prisutne predstavnike malih i srednjih preduzeća. U prvom dijelu sastanka, prof.dr Vesna Mandić je ukratko predstavila napredak u radu VRPM grupe, gdje su prikazane aktivnosti koje su realizovane u proteklom periodu i koje se planiraju u narednom periodu.

U nastavku svog izlaganja, prof.dr Vesna Mandić je ukratko upoznala članove grupe sa nekim alatima na CORDIS sajtu, koji trenutno ima preko 4500 članova i 56 grupa. Akcenat je stavljen na objašnjenje pojedinih dijelova profila, kako ih uraditi, šta treba istaći, šta sve profil treba da sadrži itd. Istaknute su neke novine na sajtu, kao što je lista otvorenih poziva kojima se uz primjenu odgovarajućih alata, može ponuditi svoja ekspertiza tačno određenom pozivu. Prezentirani su i komunikacioni alati za širenje i gradnju partnerstva na EU nivou. U okviru same grupe su prezentirani alati Library i Calendar. Library se može koristiti za postavljanje raznih dokumenata kojima mogu pristupiti svi članovi grupe, dok se Calendar može koristiti za organizaciju sastanaka, definisanje rokova i sl., što će se u narednom periodu koristiti i servisirati od strane prof. dr Vesne Mandić, lidera grupe.

Radni dio sastanka je protekao u prezentaciji poziva, djelova radnih programa i specifičnih projektnih ideja, ne samo od strane VRPM grupe, već i onih koje su dostupne na CORDIS sajtu, kao i predstavljene na FoF INFO danu u Briselu. U analizi pripremljenih materijala učestvovali su svi prisutni, grupisani u tri grupe koje su koordinirali prof.dr Goran Stojanović, Boško Nektarijević i prof.dr Vesna Mandić. Koordinator grupe su, zbog svog iskustva u radu na raznim projektima koje finansira EU, imali zadatak da sa predstavnicima malih i srednjih preduzeće odaberu interesantne pozive.

Razmatrane su takođe i mogućnosti apliciranja za projekte EUREKA (CTC/CEVIP, Metalac, WBC RC d.o.o.), FP7 – Research for the benefit of SMEs, gde su ukratko predstavljeni modeli finansiranja, način apliciranja i uslovi za formiranje Konzorcijuma. Što se tiče FP7 Cooperation programa, istaknuto je da članice koje nemaju iskustva u EU projektima, pokušaju da ponude ekspertizu, i da se priključe EU konzorcijumima, kroz pretragu CORDIS sajta i ponudu ekspertize.

Diskutovalo se takođe o projektima iz programa FP7 - People. Prof.dr Goran Stojanović je prezentovao svoja iskustva u tim projektima i predstavio svoja dva aktuelna projekta (ITN i IAPP). Na primjeru ovog projekta praktično je prikazan postupak apliciranja sa osvrtom na neke detalje, kao što je budžet, opis implementacije itd. Učesnici sastanka su u međusobnoj komunikaciji raspravljali o projektima namijenjenih razvoju SME preduzeća, sa osvrtom na veličinu i strukturu konzorcijuma, kako se pišu i ocjenjuju ovi projekti, kakva je raspodjela sredstava, ko je koordinator itd.

3. dan – Srijeda 10.07.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Posjeta fabrici Todorović koja se bavi proizvodnjom opreme i mašina za zaštitu od požara.

Preduzeće Todorović je osnovano 1991.godine. Sjedište firme je u Kragujevcu. 1998. god firma ulazi u program proizvodnje uređaja za gašenje požara. Ostaje porodična firma koja zapošljava još 20 novih saradnika - nova djelatnost je brzo razvijena investirajući sredstva u opremu za proizvodnju boca vatrogasnih aparata i druge uređaje iz ove oblasti. Fabrika Todorović nudi usluge izrade preserskih proizvoda metodom dubokog izvlačenja, probijanjem i presijecanjem limova u debljini od 0,5 do 3 mm.

Koje obuhvataju:

- rezanje limova na CNC mašinama,
- proizvodnja ormara svih oblika i dimenzija (hidrantni ormari, elektro ormari),
- konstrukcija i izrada alata,
- veliko iskustvo u dubokom izvlačenju,
- najsavremenija oprema za sječenje i obradu metala deformisanjem - CNC mašine.

Nakon završetka obilaska i upoznavanja sa načinom rada pojedinih mašina prisustvovao sam provjeri alata na presi. Po završetku provjere alata izvršena su odgovarajuća mjerenja.



4. dan –Cetvrtak 11.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Posjeta fabrici "Prva Petoletka", upoznavanje sa njihovim radom I programom. Prisustvovao sam sastanku na kojem su bili svi šefovi pogona "Prve petoletke" i na kojem je prof. dr Vesna Mandić držala prezentaciju u kojoj je opisala rad kooperativnog Trening Centra i mogućnost zajedničke saradnje sa "Prvom Petoletkom", kako bi ta fabrika mogla biti konkurentna na tržištu. Na kraju prezentacije svi šefovi pogona su postavljali određena pitanja profesorici. Najviše ih je zanimalo kako bi Centar mogao da im pomogne da se mašine koje oni imaju u pogonima unaprijede, čime bi se znatno umanjilo vrijeme proizvodnje a povećala produktivnost. Nakon sastanka smo obišli neke radne pogone da bi mogli da vidimo koji su to problemi i kako ih riješiti. "Prva Petoletka" - Trstenik formirana je 23. marta 1949. godine, odlukom vlade Federativne

Program studentske prakse

Narodne Republike Jugoslavije u početku prvog petogodišnjeg plana razvoja, po kome je dobila svoje ime. Skoro pedesetogodišnje postojanje i budući razvoj obezbijeđeni su kroz osnovne djelatnosti: istraživanje, projektovanje, konstruisanje, ispitivanje, proizvodnja, montaža, plasman, inženjering i servisiranje svih proizvoda iz bogatog proizvodnog programa "Prve petoletke". "Prva petoletka" je integralan proizvođač svih hidrauličkih i pneumatskih komponenata i sistema, za sve oblasti primjene od podmornica do aviona. Proizvodni program "Prve petoletke" čine hidraulički i pneumatički uređaji i sistemi za prenos energije, upravljanja, mehanizaciju i automatizaciju mobilnih sredstava, mašina, postrojenja i prenosa, kao i zaptivni elementi, priključni elementi, elektronski sklopovi, alati i pribor. "Prva petoletka" ima sertifikat sistema kvaliteta prema standardu ISO 9001 od kuće TÜV CERT za kočione i druge uređaje i sisteme na drumskim i šinskim vozilima i mobilnim mašinama, sisteme i uređaje za podmazivanje, pretakanje goriva i maziva, pripremu i proizvodnju sabijenog vazduha, signalizaciju, manipulaciju teretom, rashladne, klima i turbokompresore. Danas je "PRVA PETOLETKA" vodeći proizvođač u oblasti vazduhoplovstva, drumskih vozila, šinskih vozila, građevinskih i poljoprivrednih mašina i plovni objekata, u rudarstvu i slicno. "PRVA PETOLETKA" matično preduzeće sa 18 akcionarskih društava, danas raspolaže sa oko 300 000 m² poslovnog prostora u kome je smješteno preko 3000 mašina.



5. dan –Petak 12.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa CATIA-om njenim osnovnim funkcijama i sa njenim radnim okruženjem. CATIA je program nove generacije za kolobirativno projektovanje, koji integriše sve aspekte procesa razvoja proizvoda. Obuhvata simultanu upotrebu podataka i geometrijskih informacija od koncipiranja proizvoda do definisanja proizvodnog procesa. Ovaj program je najprije razvila kompanija Dassault Systemes u ranim osamdesetim godinama prošlog vijeka, prvenstveno za potrebe avio industrije. CATIA je skraćenica od Computer-aided Three-dimensional Interactive Application (računarom podržan, trodimenzionalni interaktivni programski paket). Dalje razvijan uz podršku kompanije IBM, CATIA V2/V3/V4 je postao moćan programski paket. Kompanija Dassault Systemes je uvođenjem programa CATIA V5 postavila novi standard, donoseći poboljšanja u arhitekturi sistema i korisničkom radnom okruženju. CATIA se prvenstveno koristi u automobilskoj i avio industriji, a može se sresti u različitim granama kao što su: svemirski program, industrijski pribori, arhitektura, građevinarstvo, elektrotehnika, medicina, industrija namještaja, proizvodnja alatnih mašina i itd. CATIA radi u različitim radnim okruženjima. Radno okruženje se definiše kao specifično okruženje koje se sastoji od skupa alata, koji omogućavaju korisniku da izvršava specifične konstruktorske zadatke u određenoj oblasti. Osnovna radna okruženja u CATIA V5 su :

-Modeliranje djelova (Part Design) je parametarsko i na ficerima zasnovano okruženje u kojem se kreiraju solid modeli.

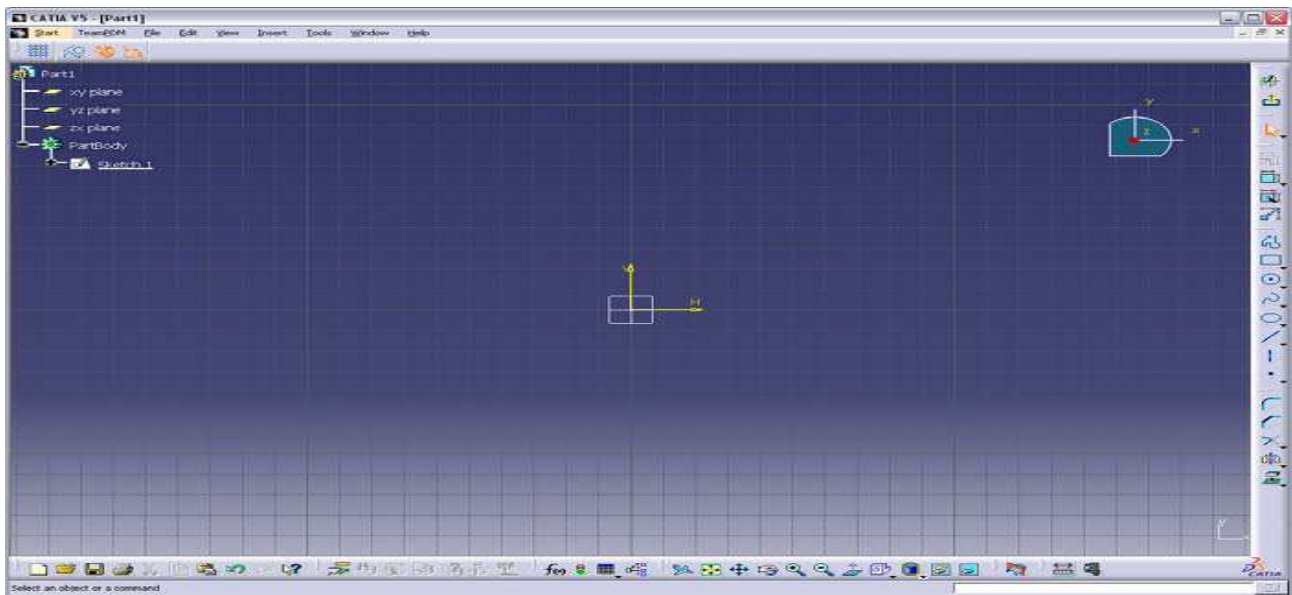
-Modeliranje žičanih modela i površina (Wireframe and Surface Design) je parametarsko i na ficerima zasnovano okruženje u kojem se kreiraju žičani i površinski modeli. Alati dostupni u ovom okruženju su slični kao i u Part Design okruženju sa razlikom što se koriste za kreiranje osnovnih ili složenih površina.

-Modeliranje sklopova (Assembly Design) se koristi za sklapanje komponenata korišćenjem ograničenja sklapanja koja su dostupna u ovom random okruženju.

-Crtanje (Drafting) se koristi za izradu dokumentacije kreiranih djelova ili sklopova u obliku pogleda i njihovim detaljisanjem.

Modul za skiciranje (*Sketcher*) predstavlja osnovni i integralni deo programa CATIA V5. Okruženje za skiciranje je most između 2D elemenata i 3D geometrije. Modul za skiciranje obezbeđuje funkcionalnost za kreiranje i modifikaciju 2D geometrije koja se koristi pri kreiranju 3D zapremina i površina. Kreiranje mnogih zapreminskih (*Solid*) elemenata počinje od 2D profila, koji se nazivaju skicirani profili i u koje se ugrađuje zamisao projektanta. Na geometriji se, takođe, mogu definisati parametri i ograničenja. Okruženje za skiciranje, prikazano na slici 1.1., predstavlja ključni element sistema za projektovanje primjenom tehničkih elemenata, zato što povezuje 2D elemente sa 3D elementima, koji se, obično, nazivaju tehnički elementi bazirani na skici. Uobičajeni tehnički elementi su blokovi (ekstruzije), džepovi (rezovi), osovine (rotacioni elementi) i "rebra" (sweep elementi, koji se dobijaju kretanjem skice po putanji).

Znaćete da se nalazite u okruženju za skiciranje po tome što ćete na ekranu videti mrežastu strukturu koja pomaže pri kreiranju 2D geometrije. Skicirani elementi mogu se dimenzionisati (kotirati) ručno, ili automatski, zavisno od ličnih afiniteta. Sposobnost da skice mogu, ali i ne moraju da budu u potpunosti dimenzionisane čini program CATIA veoma fleksibilnim u "odolijevanju" izazovima bilo kog projekta.



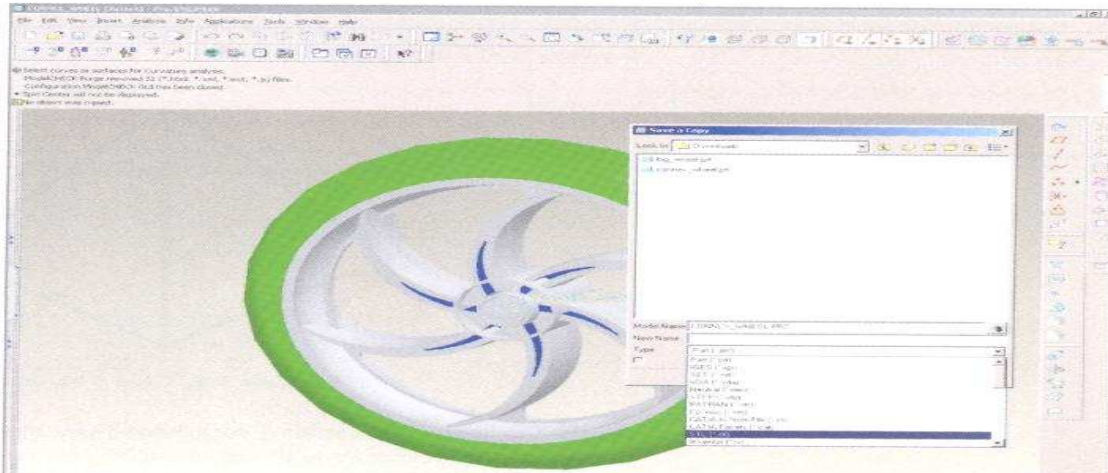
II Nedelja

6. dan –Ponedjeljak 15.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Izvoz dizajniranog modela iz Pro/ENGINEERA u STL formatu. Da bi se snimio model u STL formatu potrebno je:

- 1.Provjeriti da li je model continuiran i ispravan. A to se obavlja na sledeći način:
 - a) Prikazivanje modela sa svim linijama uključujući i skrivene,
 - b)Iz menija VIEW izaberemo Display Setting>Scheme>PreWildfire. Površina modela je prikazana u mangenti, ako je dizajn continuiran konturne linije su bijele, a ako ima praznina onda su žute.
 - c) Popravljanje modela ako je potrebno prije nego što se snimi u STL formatu.
- 2.Iz File menija se koristi Save a copy za snimanje.

3. Iz padajućeg menija Type izabrati STL.



Nakon snimanja pojavljuje nam se prozor u kojem se definiše STL format.

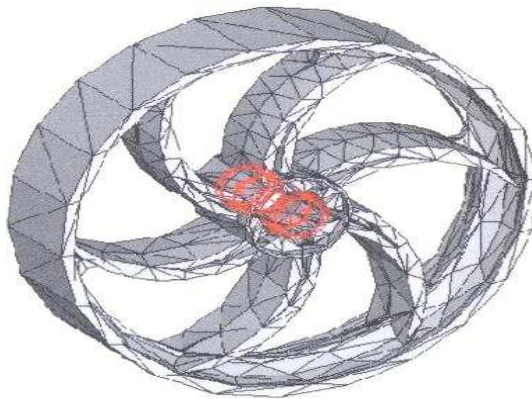


4. Na kraju kad se sve to završi klikne se Apply i Ok za kreiranje STL file.

Da bi se sklop iz Pro/E izveo u STL file posebno ga je izdijeliti na dijelove.

Snimanje Pro/E sklopa u STL File:

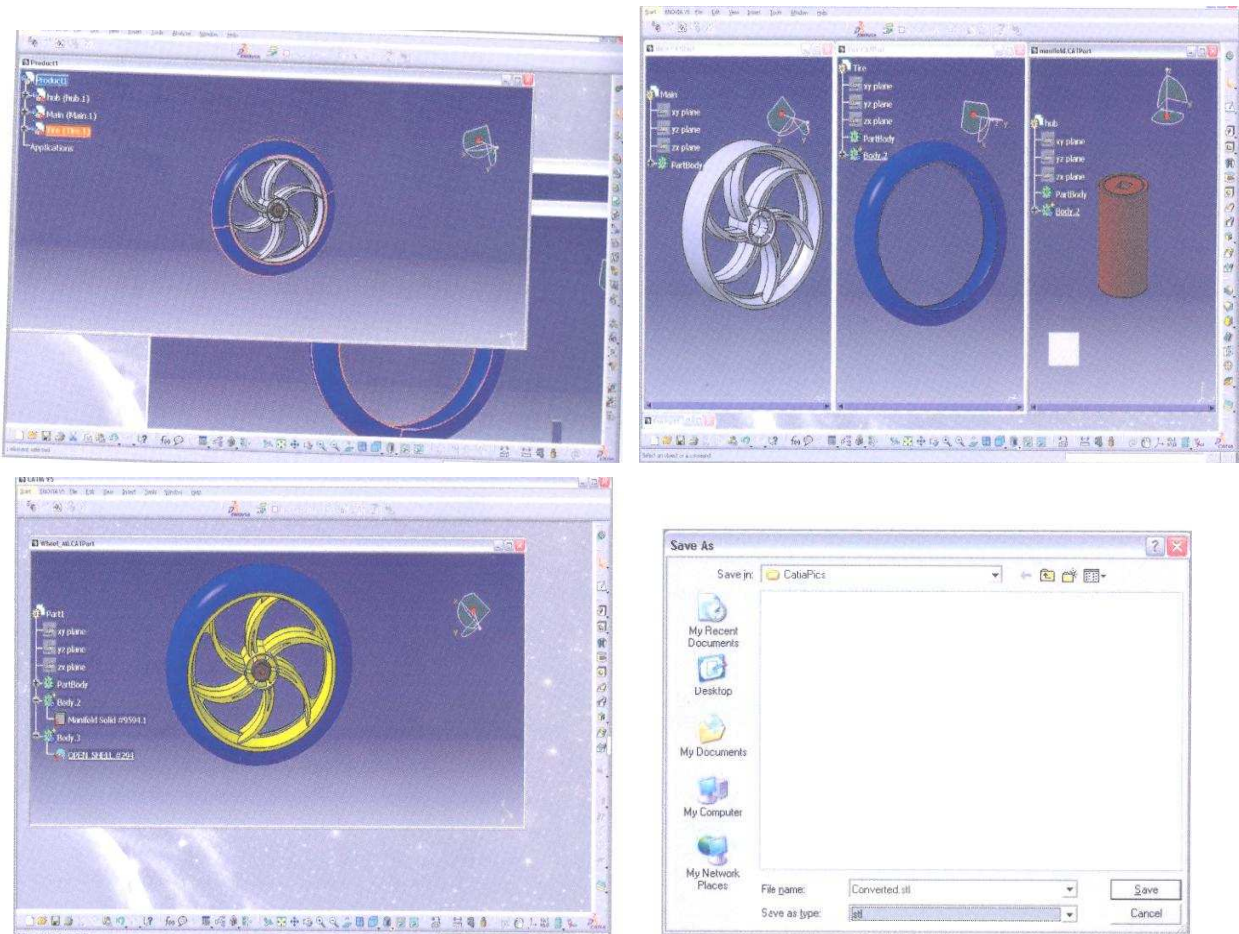
1. Iz File menija izaberemo Save a Copy
2. Iz padajućeg menija Type izaberemo STL.
3. Na kraju kad se sve to završi klikne se Apply i Ok za kreiranje STL file.



Izvoz dizajniranog modela iz CATIA u STL formatu. Da bi se snimio model u STL formatu potrebno je izdijeliti sklop napravljen u CATIA pa onda svaki posebno izvesti u STL formatu.

Izvoz pojedinih dijelova se obavlja na sledeci nacin:

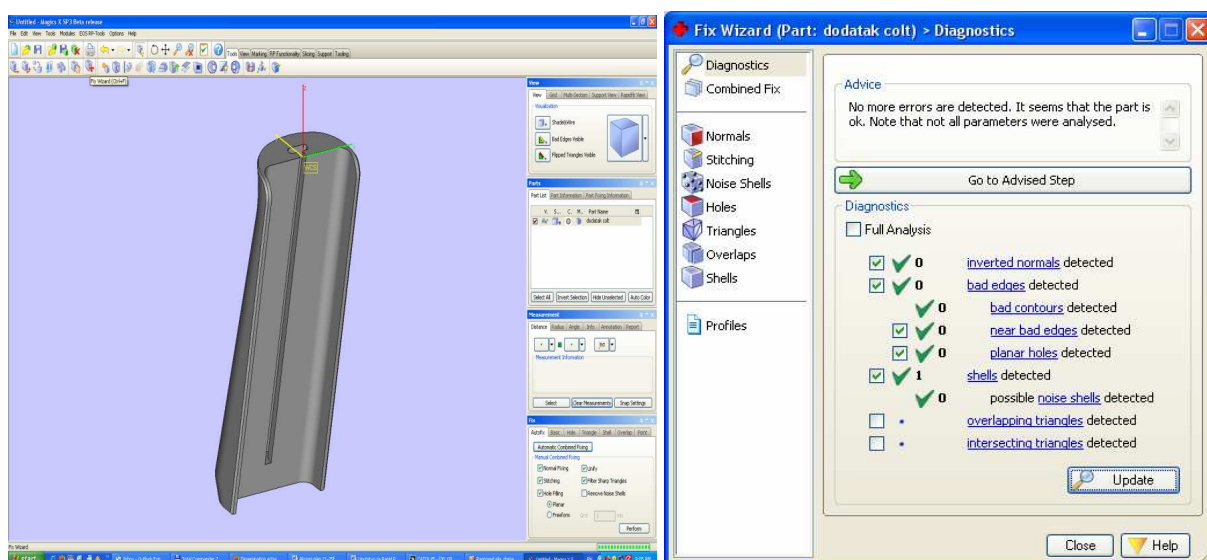
1. U CATIA se izabere Start>Maching>STL RP.
2. Zatim imamo dvije bitne opcije Tesselation i Mesh Display
3. Na kraju izaberemo opciju export za izvoz i na padajućem meniju Type izaberemo STL.



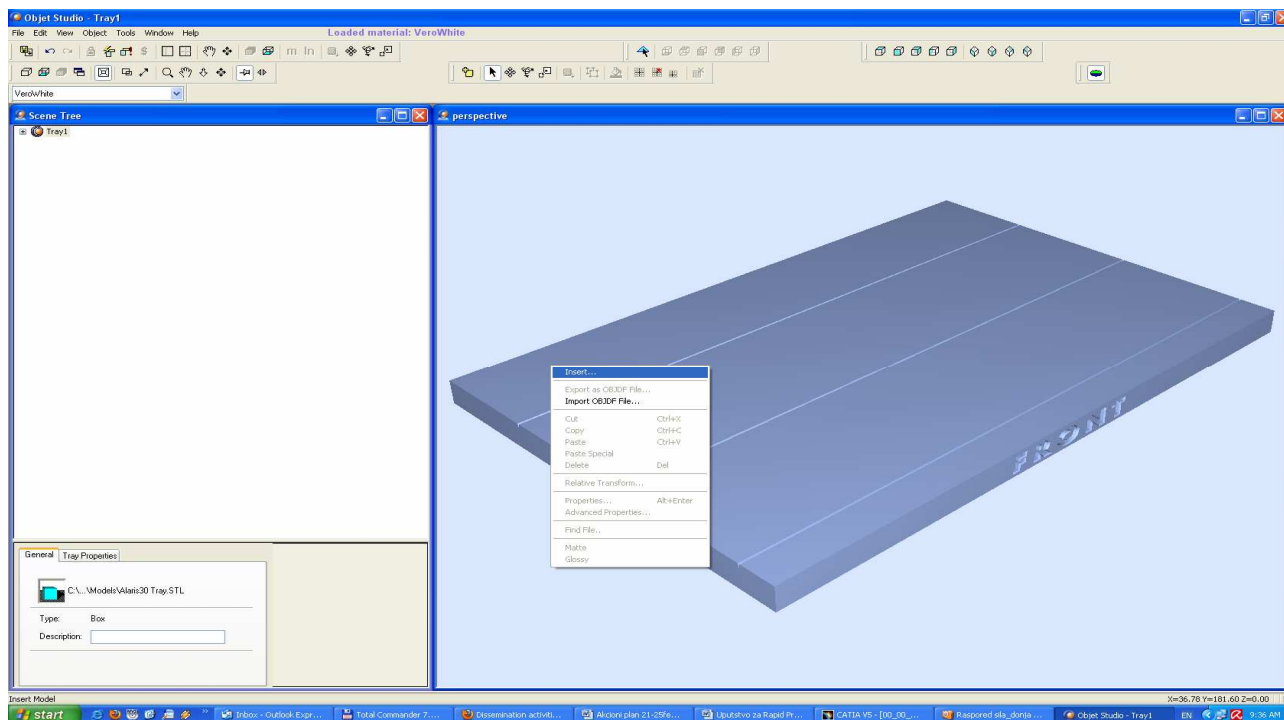
7. dan –Utorak 16.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Nakon urađenog modela u CATIA vrši se provjera modela u softeru Magicx. Ako je sve u redu onda se vrši „pakovanje“ 3D štampe u softeru Objet studio. U njemu se vrši pozicioniranje na radnom stolu, biranje varijanti štampe, vrijeme trajanja procesa i koliko je potrebno materijala da se proces ostvari.

Provjera .stl modela u software-u Magics:

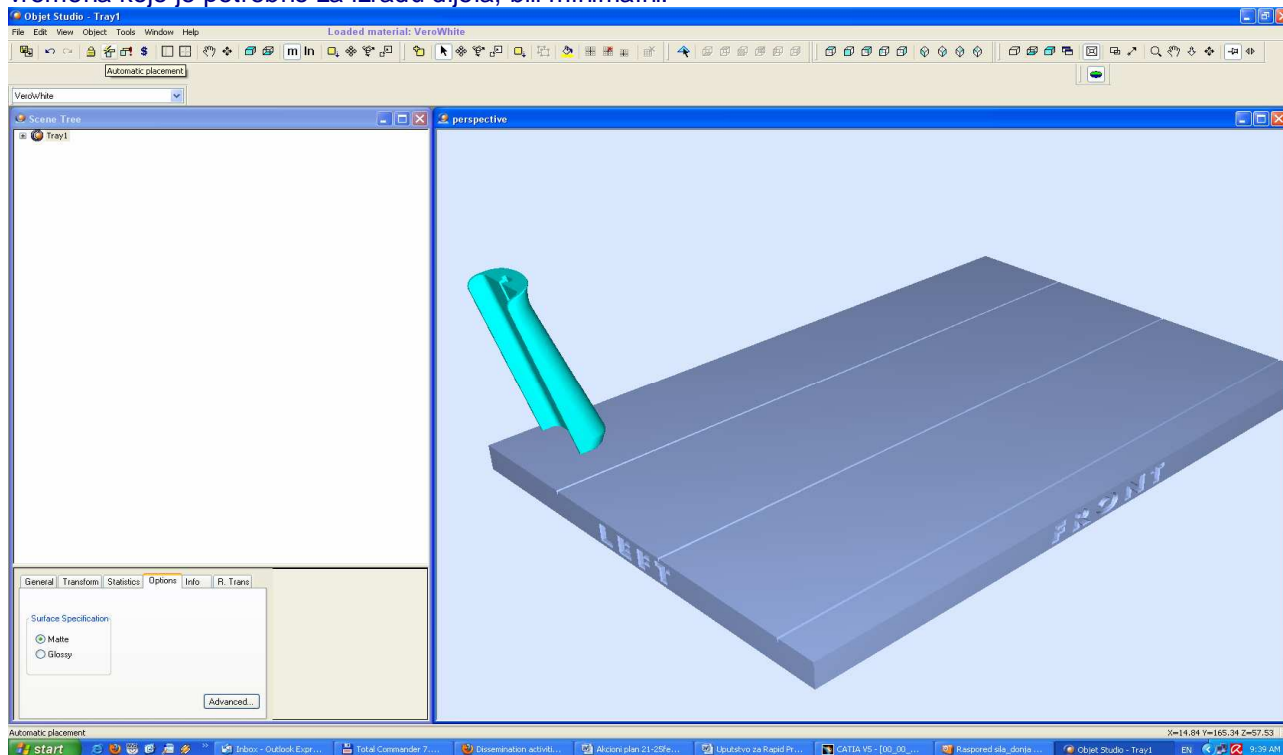


Stl. Fail se uvozi u Objet studio desnim klikom na radni sto mašine komandom INSERT.



Komandom AUTOMATIC PLACEMENT software automatski postavi dio u poziciju za štampanje na mašini. Ova komanda često nije najpovoljnija pa je potrebno ručno postaviti dio na radni sto mašine kako bi se

pronašao optimalni položaj dijela za štampanje u kome bi potrošnja osnovnog materijala dijela, support-a i vremena koje je potrebno za izradu dijela, bili minimalni.



8. dan –Srijeda 17.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa tehnologijom brze izrade prototipova tj. "rapid prototyping". Termin "**rapid prototyping**" označava tehnologiju kojom je moguće, direktno iz digitalnog modela napravljenog u CAD-u, izraditi njegov fizički model, po svemu funkcionalan i relativno kompleksan radni prototip. Za ovu tehnologiju u Kooperativnom Trening Centru (CTC) Univerziteta u Kragujevcu se koristi Rapid Prototyping mašina Objet Alaris 30 (3D štampač) koja omogućava brzu izradu prototipova od plastike (3D "štampanje"), sa minimalnom debljinom zida od 0.6mm, sa finim površinama i zazorima dijelova u sklopu i visoke rezolucije. **Alaris 30 3D štampač** radi na principu brizganja fotopolimera "**VeroWhite FullCure 830**" (tečna plastika), bijele boje, nanošenjem tankih slojeva od 28 μ m, koje očvršćuju UV zraci. Izrađuje modele za **funkcionalna testiranja, provjeru oblika i uklapanja** i posjeduje visoku preciznost štampanja sa izuzetno **glatkim površinama i finim detaljima**.




Neki prototipovi koji su rađeni na **Alaris 30 3D štampaču**:

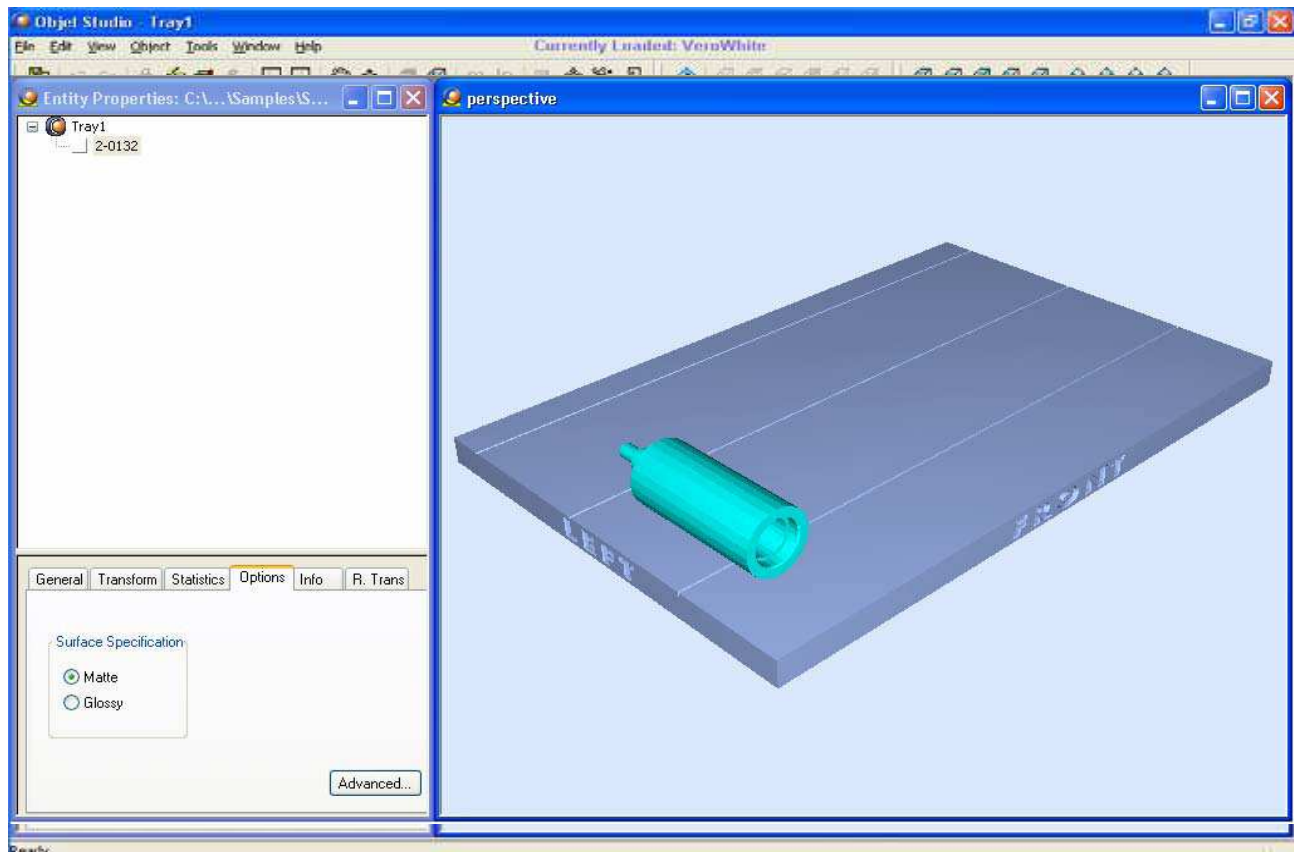


9. dan –Cetvrtak 18.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa radom objct softera koji koristi Alaris 30 3D štampač koji se sastoji od 3 aplikacije softera:

- Objct Studio - Softver u kome se vrši priprema modela za štampanje od strane korisnika;
- Job Manage - Softver koji upravlja procesom slanja pripremljenog modela u Objct Studiu na njegovo štampanje;
- Print Control - Softver koje se nalazi u računaru štampača i kontroliše sve operacije štampanja.
- **Objct Studio** 

Na radnom stolu Objct studia se mogu istovremeno ubaciti, pozicionirati i štampati više modela u isto vrijeme ako je to potrebno.



Izgled okruženja Objct Studia

Job Manager



Job Manager, kao aplikacija Objet softvera, služi da prikaže procenjeno vrijeme štampanja modela, kao i potrošnju materijala (Modela i Suporta) za model koji se štampa.

Print queue

Job Name	Status	Owner	Build Time	Model Consumption	Support Consumption	Material
chain.otf	Building	Me	02:21	85 g.	86 g.	VeroWhite
gear.otf	Waiting	Me	06:16	81 g.	100 g.	VeroWhite
mobile phone sta...	Waiting	Me	09:48	165 g.	163 g.	VeroWhite
key1.otf	Waiting	Me	03:19	42 g.	29 g.	VeroWhite

Job Info

chain.otf Time Remaining (HH:MM): 00:48 Job Start: 19/08/2007 at 17:51
 Send 405 of 620 slices Job Finish: 19/08/2007 at 18:47

Estimated Job Material Consumption Actual Job Material Consumption Required Material To Complete Job

Material	Estimated	Actual	Required
Model material:	85 g	48 g	85 g
Support material:	86 g	42 g	86 g

Print History

Job Name	Status	Owner	Build Time	Model Consumption	Support Consumption	Material	Finished
cd base.otf	Stopped	Me	06:42	490 g.	90 g.	VeroWhite	17:51 19 Aug
Tray1.otf	Completed	Me	00:05	29 g.	15 g.	VeroWhite	17:47 19 Aug
wrench1.otf	Stopped	Me	01:41	41 g.	28 g.	VeroWhite	18:43 19 Aug
split.scissors.otf	Completed	Me	00:04	61 g.	42 g.	VeroWhite	16:54 19 Aug

Printer Software Control:

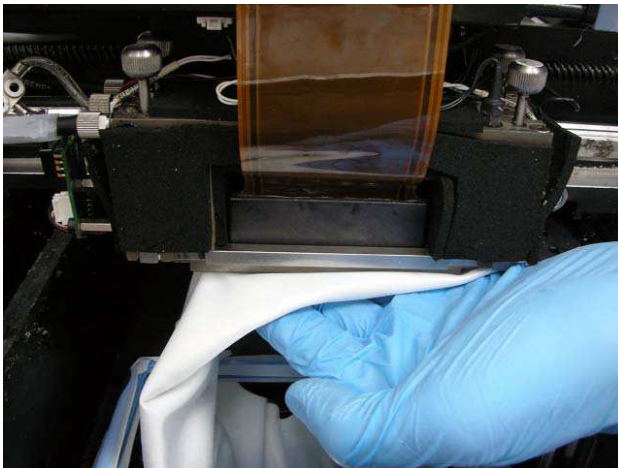
- Posjeduje moćan wizards i brzo održavanje sistema
- Obuhvata sva nadgledanja i kontrolu štampača
- Instaliran je unutar mašine



10. dan –Petak 19.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa načinom održavanja Alaris 30 3D štampač. Da bi se obavilo održavanje potrebno je izabrati Options>Wizard. U Wizardu se koriste samo dvije opcije za čišćenje : Heads Cleaning i Wiper Cleaning. Dok se ostale opcije u Wizardu koriste za servisiranje štampača.

Heads Cleaning, se preporučuje da se radi prije svakog štampanja i služi za čišćenje glave materijala (modela i suporta). Program ima svoju proceduru koju sam sprovodi, bitno je samo da vrata budu zatvorena i da sto bude prazan.



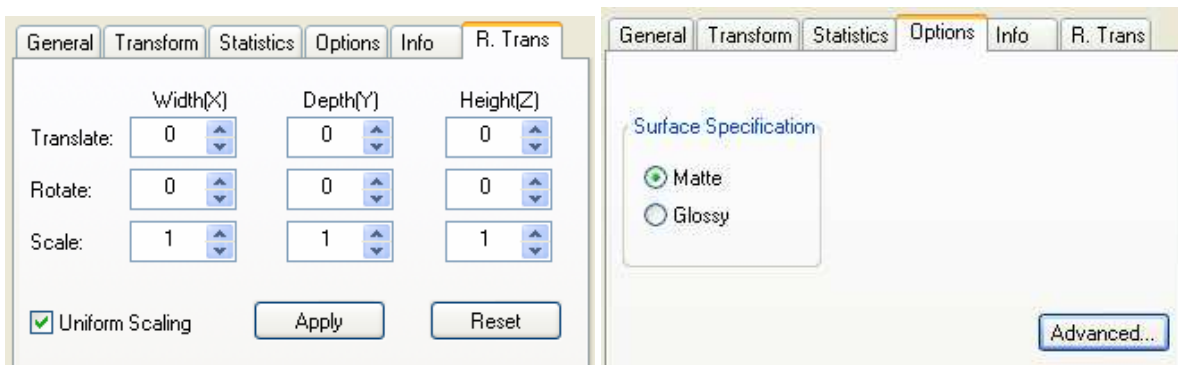
Wiper Cleaning, se preporučuje da se radi jednom nedeljno i služi za čišćenje gume koja čisti glavu modela i suporta. Odvod za otpad takođe treba lepo očistiti. Kada Waste (otpad) pređe težinu veću od pola kilograma (prikazana je na displeju printer softvera) neophodno je da se izbací iz mašine u plastičnu kesu. Obično se taj otpad baca u otpadno ulje CNC mašina.



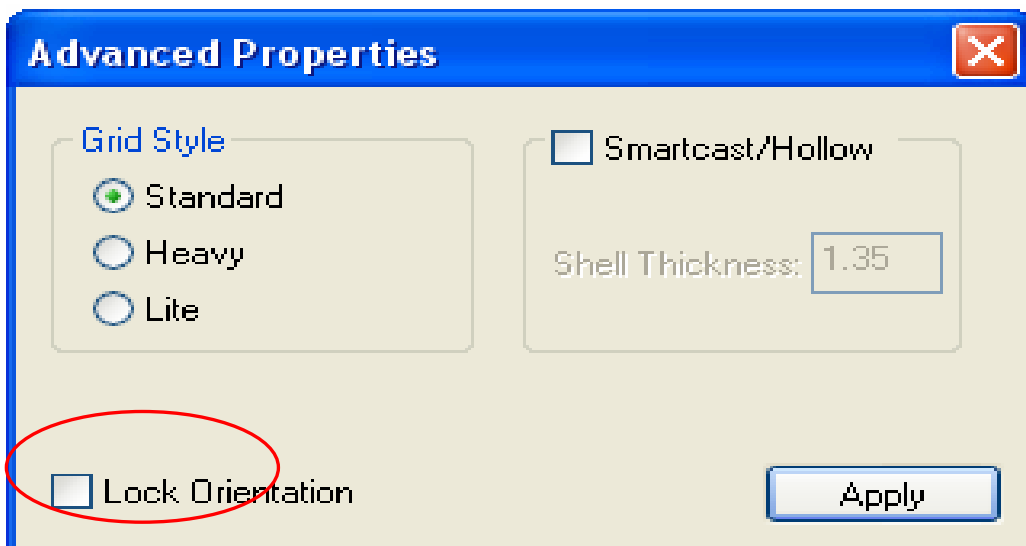
III Nedelja

11. dan –Ponedjeljak 22.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa postupkom puštanja u rad **Alaris 30 3D štampača**. Kada se uveze CATIA model potrebno ga je postaviti na radni sto u čemu nam pomaže opcija Relative Transform koja se nalazi u donjem lijevom uglu softvera, kojom se može ručno pomijerati, rotirati i skalirati model po X, Y i Z osi. U Options se nalazi opcija Surface Specification (Specifikacija površine modela), koja može biti Mat i Sjajna. Ukoliko izabere Matte, cijela površina modela će biti presvučena suport materijalom, i model neće biti sjajan. Ukoliko se izabere Glossy, mnogo je manja potrošnja suport materijala i pojedini djelovi modela su sjajni, u zavisnosti od njegovog pozicioniranja na radnom stoluse.



Kada se u Options klikne na **Advanced**, otvara se prozor u kome se podešava mreža stubića (jačina suport potpore, modelu) na Standardnu, Ojačanu i Laku. U zavisnosti od veličine modela koji se štampa, bira se jedna od opcija mreže stubića. Za male djelove tankih zidova, preporučuje se opcija **Lite**. Čekiranjem polja **Lock Orientation**, model se zaključava na poziciju na koju ga je prethodno softver automatski postavio na radnom stolu, pomoću opcije Automatic placement.



Kada je model pozicioniran u Objekt Studiju i spreman za štampanje, neophodno je da se snimi (File > Save as) kao .objtf format, ili na drugi način File > Build Tray, gdje se model automatski snima na računaru i inportuje u Job Manager-u.

12. dan –Utorak 23.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

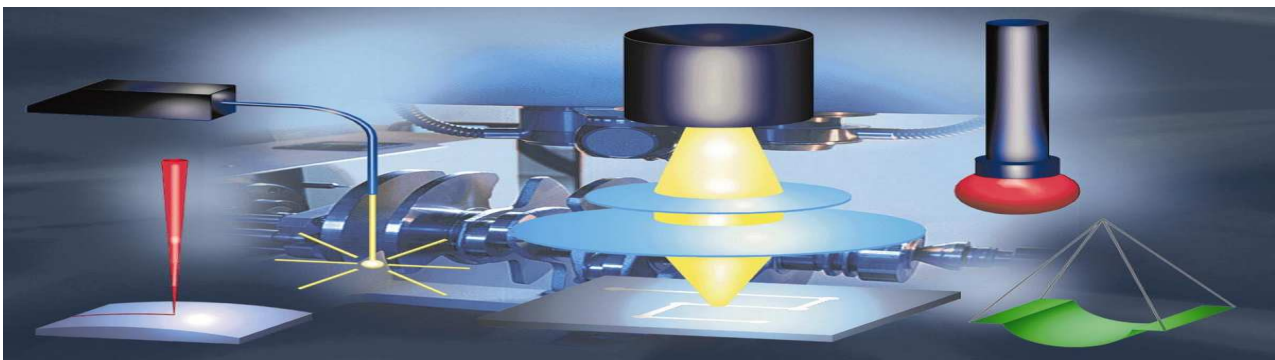
Upoznavanje sa mogućnostima i sensorima 3D Koordinatna mjerna mašina VC-IP 250 3D CNC.

Mogućnosti mašine su:

- Koordinatna mjerna mašina za 2D i 3D mjerenja i kontrolu.
- Omogućava veoma precizno mjerenje zahvaljujući stress-free sistemu za vođenje radnog stola.
- Postojanje tri senzora omogućava različite strategije i nalaženje rješenja za veliki broj mjerenja bez pomijeranja radnog komada.
- Veliko uvećanje Werth zoom optike – 320x (1mm na komadu odgovara veličini monitora, 1mm na monitoru odgovara 3 μ m na radnom komadu)
- Vršiti automatsko optičko prepoznavanje i mjerenje osnovnih geometrijskih elemenata.
- Oblasti primjene: proizvodnja alata i mašina, automobilska industrija, elektronska industrija, proizvodnja plastike, gume, stakla ...

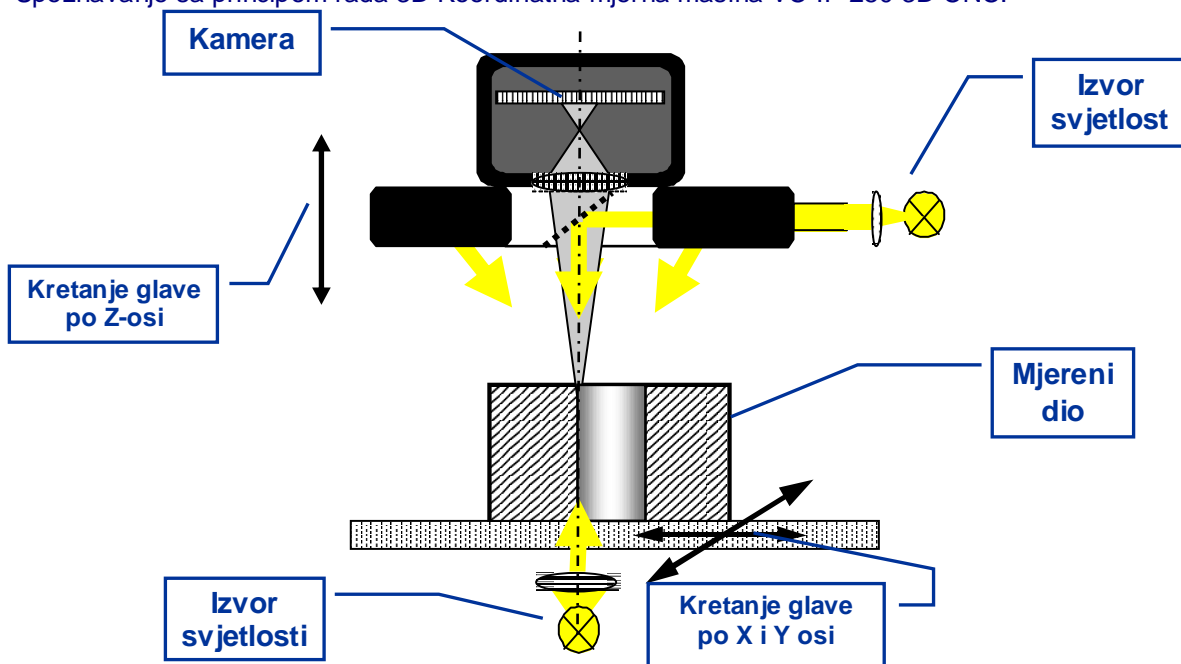
Vrste senzora:

- Optika (obrada slike, skeniranje konture, auto-fokus, 3D Patch)
- Laser
- Fiber (kontaktni senzor)



13. dan –Srijeda 24.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa principom rada 3D Koordinatna mjerna mašina VC-IP 250 3D CNC.

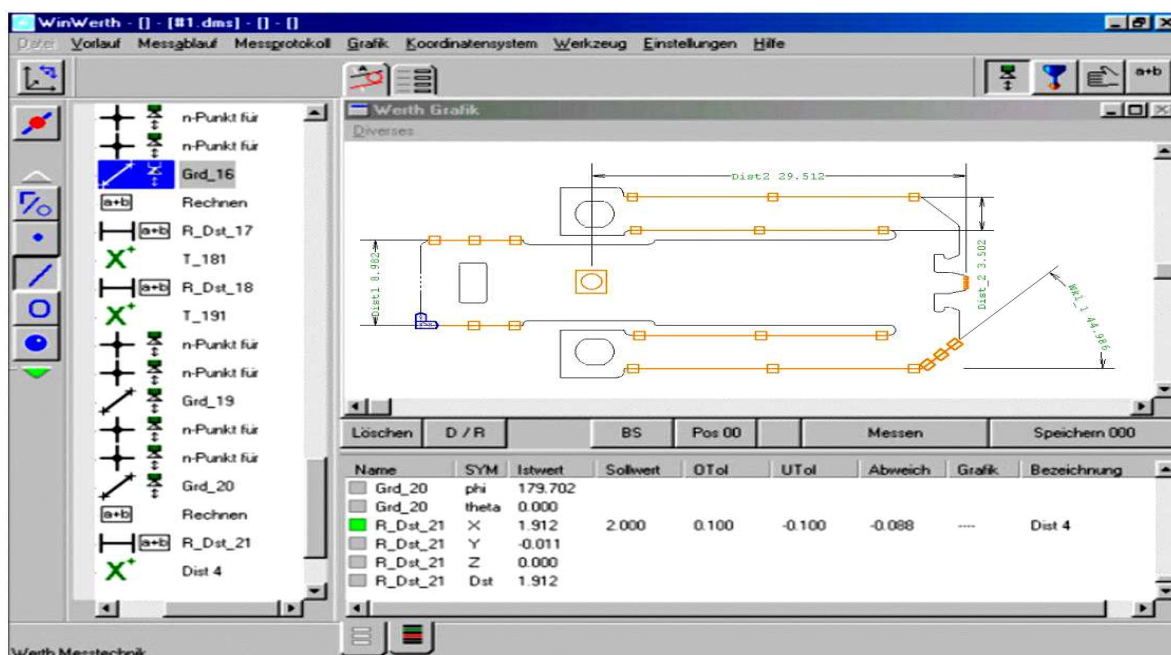


14. dan –Cetvrtak 25.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa WinWerth® software koju koristi 3D Koordinatna mjerna mašina VC-IP 250 3D CNC.

-WinWerth je interaktivni grafički *user friendly* 3D softver za mjerenje, baziran na Windows operativnom sistemu.

- Vrši 3D mjerenje standardnih geometrijskih oblika i slobodnih oblika
- Najpogodniji za korišćenje sa Werth multisenzorskom tehnologijom
- Koristi se na svim Werth koordinatnim mjernim mašinama i Werth profil projektorima
- Može da se koristi za ručno mjerenje kao i u CNC modu (teach-in)
- Fleksibilno dizajniran izveštaj sa mjerenja, kompatibilan sa Microsoft-Office-om



15. dan –Petak 26.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa potrebnim podacima za mjerenje. Da bi se izvršilo mjerenje potrebno je:

-Tehnički crtež radnog komada sa tolerancija. (U ovom slučaju izlaz sa mjerenja je izveštaj sa propratnim crtežima kontrolisanih dimenzija pojedinih *feature-a*)

-CAD model u STEP formatu (*.stp):

- * Korišćenjem CAD-online-a izveštaj bi sadržao osim kontrolisanih dimenzija pojedinih *feature-a* i kontrolu tolerancija djelova površina (primjenom optic PATCH i/ili laserskog LINE SCAN and POINT CLOUD)
- * Korišćenjem BestFit-a i ToleranceFit-a moguće je izvršiti korekcije kako bi odstupanje bilo svedeno na minimum

Na kraju mjerenja dobija se izvjestaj o mjerenju koji izgleda ovako:

I Z V E S T A J O M E R E N J U									
						Universität u Kragujevcu Jovana Cvijića bb 34000 Kragujevac Tel.: +381 34 501 201 Fax.: +381 34 501 901			
Korisnik	:	_____	Datum		:	05.03.2010			
Deo	:	_____	Vreme		:	15:01:15			
Broj dela	:	_____							
Ime programa	:	_____							
Operator	:	_____							
Komentar	:	_____							
/ Date: 5.03.2010 15:01 / Page: 1									
SYM	ACT	SET	UTOL	LTOL	DEV	<>TOL	+/-	DESIG	
D	7.5203	7.5000	0.0500	-0.0500	0.0203		++	Dijam_dela	
D	0.6349	0.6000	0.0500	-0.0500	0.0349		+++	Dijam_rupe	
Ang	50.7037	51.4280	0.5000	-0.5000	-0.7243	-0.2243	^	Ugao_1	
Ang	53.3568	51.4280	0.5000	-0.5000	1.9288	1.4288	>>>>	Ugao_2	

III Nedelja

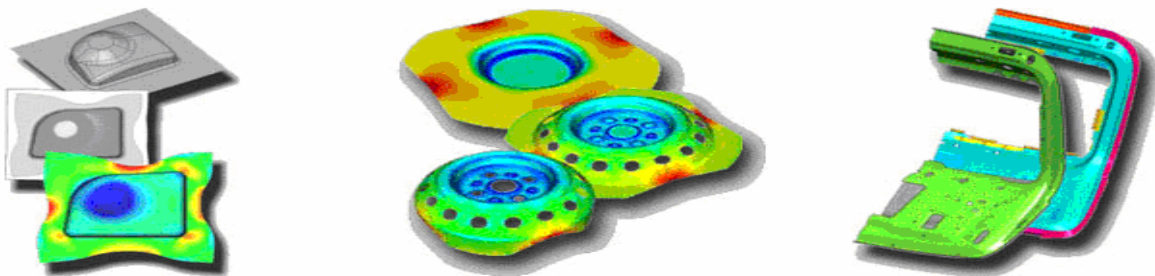
16. dan –Ponedeljak 29.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa "**Simofactom**" softverskim paketom, koji je razvijen na bazi metode konačnih elemenata, namenjen analizi i simulaciji procesa obrade limova i cijevi. "Simofact" svoju primjenu nalazi u:

- Automobilskoj industriji,
- Avio industriji i astronautici,
- Idustriji elektrokomponenti za domaćinstvo, ali i
- Analizi djelova od lima koji se izrađuju u malim radionicama...

"Simofact" je praktičan program namijenjen dizajnerima proizvoda od lima i procesa njegove obrade i kao takav ne zahtijeva posebna znanja i iskustvo vezano za metodu konačnih elemenata. Program se sastoji iz dva modula:

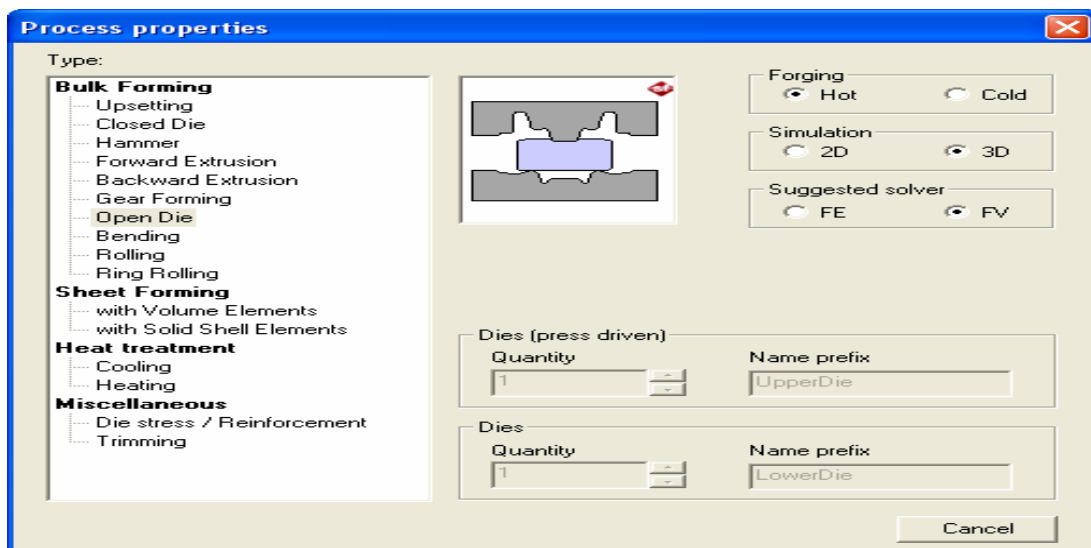
- Simofact - One Step - koristi se za brzo izračunavanje jedne od komponenti procesa,
- Simofact - Incremental - koristi se za analizu po principu «korak po korak» kompletnog procesa.

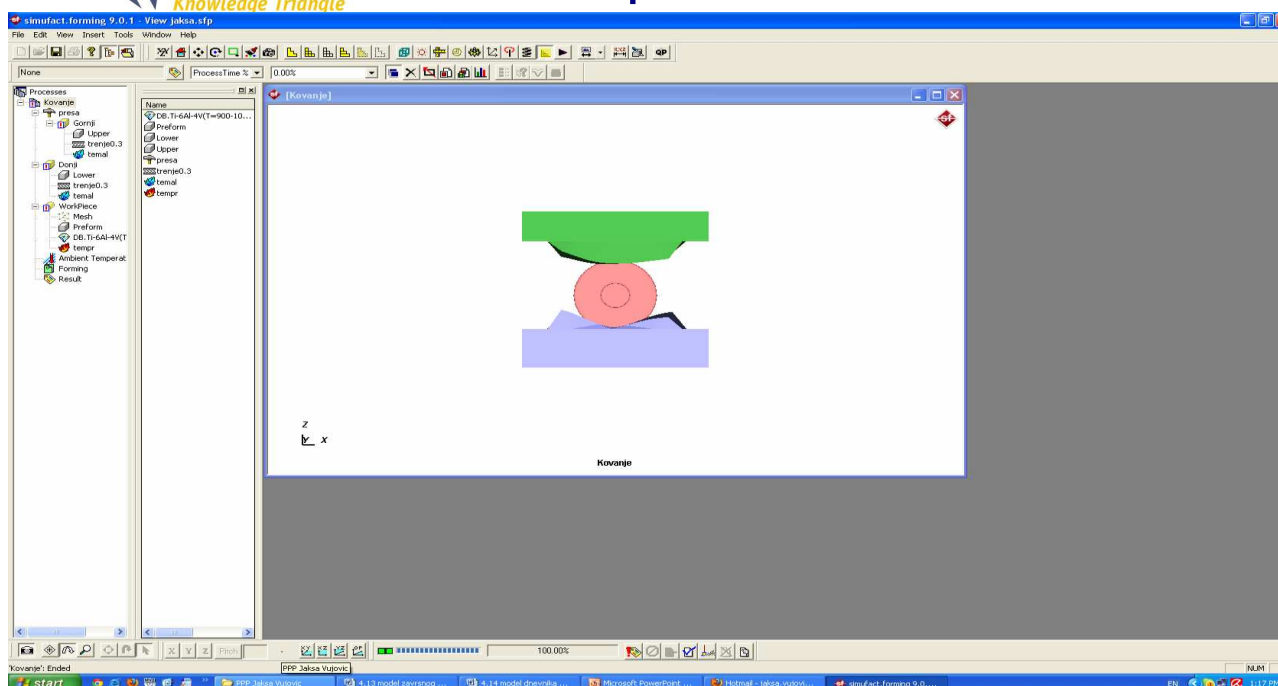


17. dan –Utorak 30.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Radni prostor u simofaktu se sastoji od tri dijela: a) Proces the Window (koji se nalazi lijevo); b) Inventory Window (u sredini); c) Model Viewer (desno).

Bazični dijelovi za svaku simulaciju su: Gornji alat, Donji alat, Radni komad, Radna tempeartura i Kontrola. Takođe može se definaisati opisati radni proces pripremak, vrste materijala, trenja, temperature, pozicioniranje alata i radnog komada, definisanje osa itd. Program nam omogućava da se izvrši simulacija.





18. dan –Srijeda 31.08.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Proučavanje seminarskog rada “Modeliranje procesa zavarivanja aluminijumskih legura trenjem primjenom FE/FV numeričkih alata”. U ovom seminarskom radu opisano je modeliranje procesa zavarivanja trenjem (engl. Friction Stir Welding - FSW) primjenom savremenog numeričkog alata, softverskog paketa SIMUFACT.forming 9.0. Zavarivani su pripreмки od aluminijumskih legura AlSi1MgMn (6082 – T6). Prvo je potrebno izvršiti modeliranje alata, što je u ovom seminarskom radu izvršeno u CATIA. Zatim je potrebno definisati parametre vezane za vrstu procesa i izbor prese, izbor trenja, definisanje temperature alata i radnog komada, kreiranje mreže radnog komada i alata i definisanje ose rotacije alata. Simulacija se može obavljati u FE i u FV.

19. dan –Cetvrtak 01.09.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Upoznavanje sa načinom učešća na projektima. Pregledavanje dokumentacije u kojima su opisani uslovi prijavljivanja na projektu. Ja sam proučavao projekat „Ipa međunarodna saradnja“ na kojem mogu učestvovati preduzeća iz Crne Gore i Srbije pri čemu moraju da sarađuju, što znači da jedno preduzeće mora biti iz Crne Gore a drugo iz Srbije. Cilj ovog projekta jeste poboljšanje međunarodne saradnje i razvoj ne razvijenih oblasti u Crnoj Gori i Srbiji. Kada se pregleda dokumentacija za projekat potrebno uočiti sledeće: ko može da učestvuje na projektu, koji je cilj projekta, uslovi finansiranja i zahtjevi projekta. Nakon detaljnog pregledavanja dokumentacije potrebno je pregledati pitanja koja su postavila druga preduzeća, kako bi se pronašli odgovori koji su nama potrebni.

20. dan –Petak 02.09.2011. od 09.⁰⁰ do 16.⁰⁰ sati

Završetak pregledavanja projekta „Ipa međunarodna saradnja“ i obilježavanje značajnih stavki kako bi profesorica mogla na lakši način da pregleda dokument. Obnavljanje znanja stečenog za vrijeme prakse.

6. Rezultati

Tokom stručne prakse u Kragujevcu stekao sam nova saznanja kako iz RP, Simofakta i optike, tako i o načinu rada modernih mašinaca. Takođe imao sam priliku da upoznam kolege sa Mašinskog Fakulteta u Kragujevcu i sa Fakulteta Tehnickih nauka u Rijeci. Koji su mi pomogli da stvorim novu sliku o načinu studiranja i mogućnostima nas studenata. Imao sam priliku da se upoznam sa mnogim tehnologijama u mašinstvu za koje nisam ni znao da postoje.

Virtualni Inženjering:

Definicija:

-Virtuelni inženjering (VE) je napredna tehnologija koja pomaže inženjerima u donošenju odluka i uspostavljanju kontrole u procesu razvoja proizvoda i njegove izrade, koristeći računarsko okruženje za preciznu simulaciju geometrijskih i fizičkih osobina realnih sistema.

-Uključuje simulaciju različitih inženjerskih aktivnosti, počev od projektovanja, mašineranja, montaže, proizvodnih operacija, kontrole i procjene.

-Eliminiše skupe fizičke prototipove i eksperimente.

-Vrijeme razvoja se drastično smanjuje,

-Više projektnih alternativa se može provjeriti, što vodi povećanju kvaliteta,

-Vizuelizacija 3D modela proizvoda za praćenje ponašanja materijala,

- Posebne pogodnosti u razvoju skupih proizvoda u automobilskoj i avio industriji, gdje su fizički modeli skupi i zahtijevaju veliko vrijeme razvoja,

Komponente Virtuelnog Inženjeringa:

-Virtuelni prototipovi i proizvodnja (VP&M),

-Virtuelna stvarnost (VR),

- Virtuelna proizvodnja (VM),

-DMU – Digitalni model,

-Upravljanje podacima o proizvodu (PDM),

-Upravljanje životnim ciklusom proizvoda (PLM),

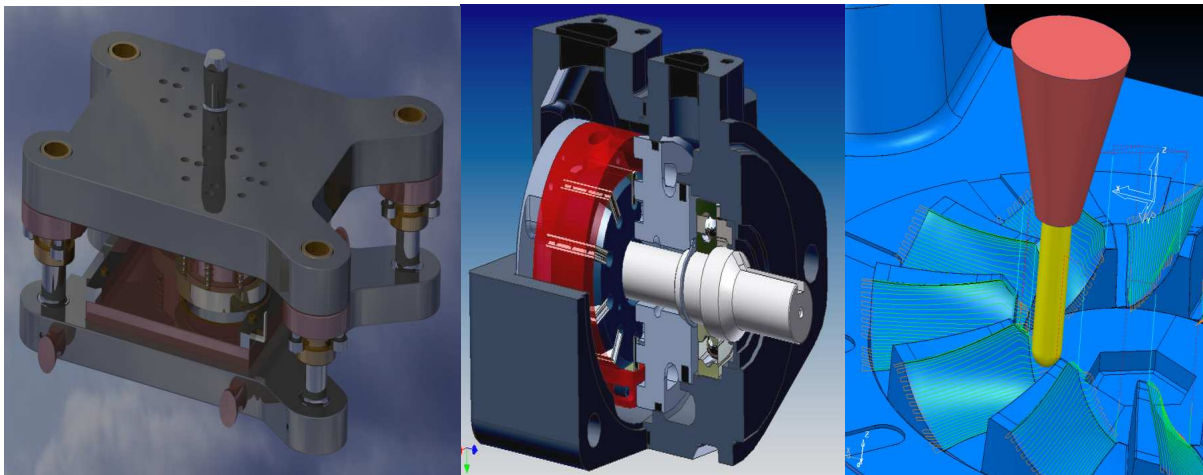
-Kolaborativna okruženja,

-Brzi prototipovi i reverzni inženjering,

-Virtuelni prototipovi i proizvodnja (VP&M)

-VP&M tehnologije omogućavaju vizuelizaciju proizvoda, ispitivanje njegove funkcionalnosti i eksploatacijskih karakteristika prije same proizvodnje, procjenu uticaja parametara procesa na karakteristike proizvoda u njegovom konceptualnom dizajnu.

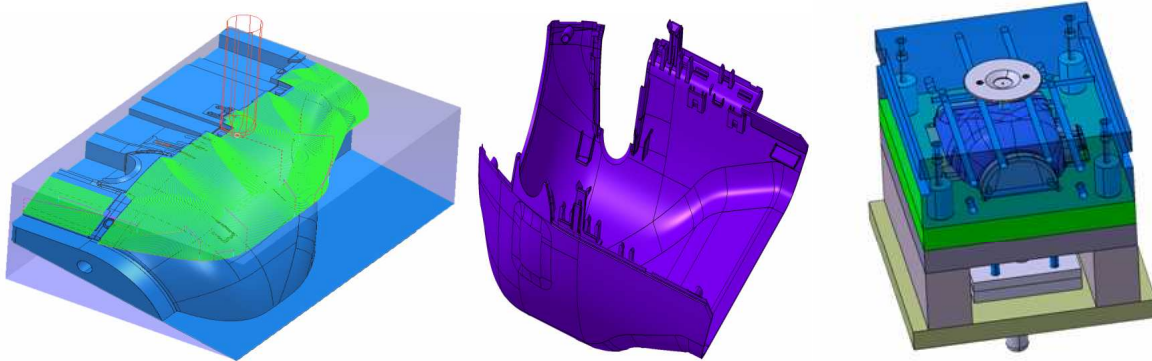
- Moderni CAD/CAM/CAE sistemi su moćni alati koji mogu simulirati cio životni ciklus proizvoda, od konceptualnog do detaljnog dizajna, prototipova proizvoda, testiranja, montaže, održavanja i same prodaje.



Program studentske prakse

Virtuelni prototipovi i proizvodnja (VP&M)

- Omogućavaju simulaciju putanje alata i ostalih proizvodnih uređaja, kroz automatsko generisanje NC koda (izrada na CNC mašinama)
- U savremenim CA alatima na raspolaganju su moduli za automatsko projektovanje gravura alata na osnovu modela proizvoda, u procesima injekcionog brizganja plastike, kovanja, livenja i ostalih.



Karakteristike savremenih CAD/CAM/CAE sistema

Povećanje produktivnosti (brzine)

- Automatizacija rutinskih poslova radi povećanja kreativnosti
- Unos standardnih djelova iz baze podataka
- Rapid prototyping

Podrška izmjenama na konstrukciji

- Nema potrebe za ponovnim crtanjem djelova posle svake promjene
- Čuva prethodne konstruktorske iteracije

Komunikacija

- Sa drugim timovima/inženjerima (proizvođači, dobavljači...)
- Sa drugim programima (CAD, CAM, CAE, ...)
- Sa marketingom (realistični prikaz konstrukcije)

Neke osnovne analize

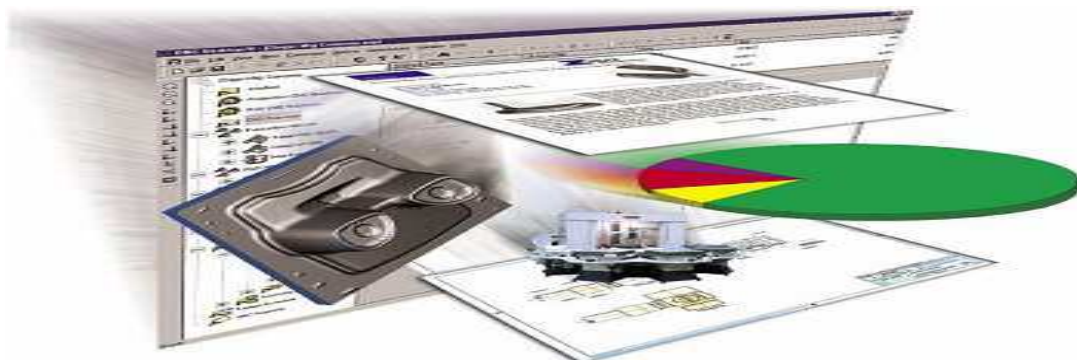
- Osobine i naponi (masa, momenti inercije, osnovni FEA...)
- Neusaglašenost između djelova (preklapanja...)

Virtuelna proizvodnja (VM)

- Skup aktivnosti u projektovanju procesa koje se realizuju u računarskom okruženju, sa ciljem da se proizvod i proces modelira, simulira i optimizuje.
- Često okarakterisana kao «Sledeća revolucija u globalnoj proizvodnji», virtuelna proizvodnja podrazumijeva nelinearnu FEM ili FVM analizu i simulaciju svih procesa u tehnologiji izrade nekog proizvoda.
- Simulacija tehnologije omogućuje kompanijama da optimiziraju ključne faktore koji direktno utiču na profitabilnost proizvoda, kao što su: obradivost, finalni oblik i tačnost, nivo zaostalih napona, pouzdanost u eksploataciji itd.
- Profitabilnost se povećava smanjenjem troškova proizvodnje, uštedom materijala, eliminisanjem otkaza, skraćanjem vremena i troškova razvoja proizvoda i projektovanja alata kroz smanjenje neuspjelih pokušaja.
- projektovanje tehnoloških operacija procesa, uz procjenu deformacionih sila, napona u alatima i međuoblika obratka.
- predviđanje habanja alata i vijeka trajanja, i u tom smislu poboljšanje promjenljivih procesa i projektovanja alata za prevenciju loma alata,
- predviđanje i eliminacija defekata, kao što su preklopi, unutrašnje i spoljašnje naprsline,
- istraživanje uticaja trenja na tečenje materijala,
- procjena osobina obrtaka i mikrostrukture, elastičnog ispravljanja i zaostalih napona.

Integracija VE tehnologija

- Integrirano VE rješenje obezbjeđuje objedinjeno okruženje za modeliranje, analizu i simulaciju proizvoda i proizvodnih procesa, vodeći računa o svim generisanim elektronskim podacima i njihovom upravljanju
- Pruža dizajnerima i projektantima vizuelizaciju proizvoda i njegovo bolje razumijevanje, vodeći ka poboljšanju kvaliteta, skraćanju vremena do plasmana proizvoda, obezbjeđujući projektno rješenje koje je pravo, bez potrebe za kasnijim skupim redizajnom.

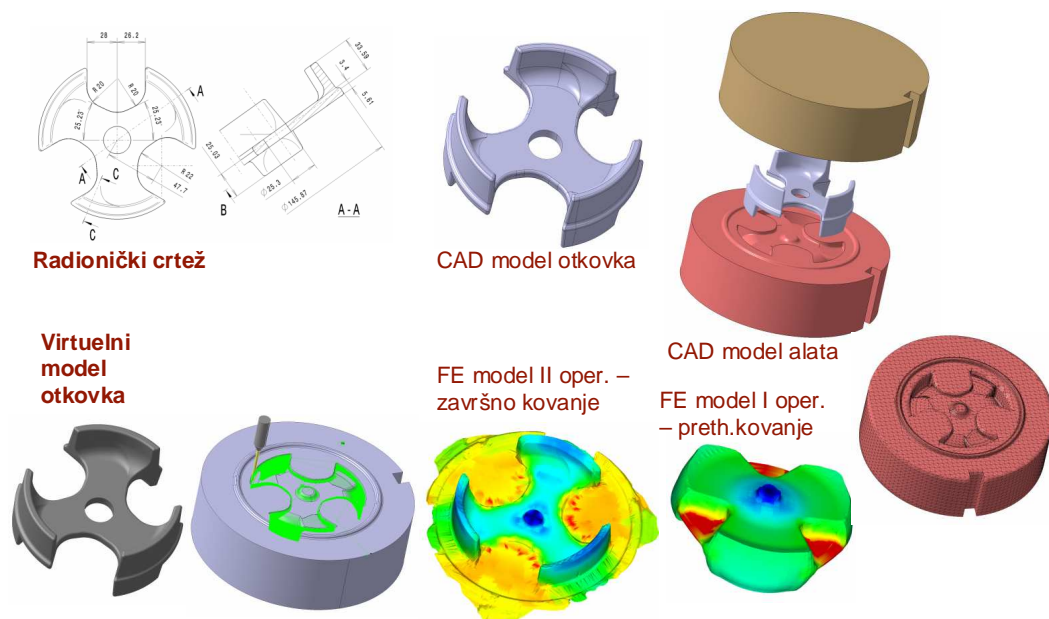


Integracija CAD/CAM/CAE i PDM tehnologija

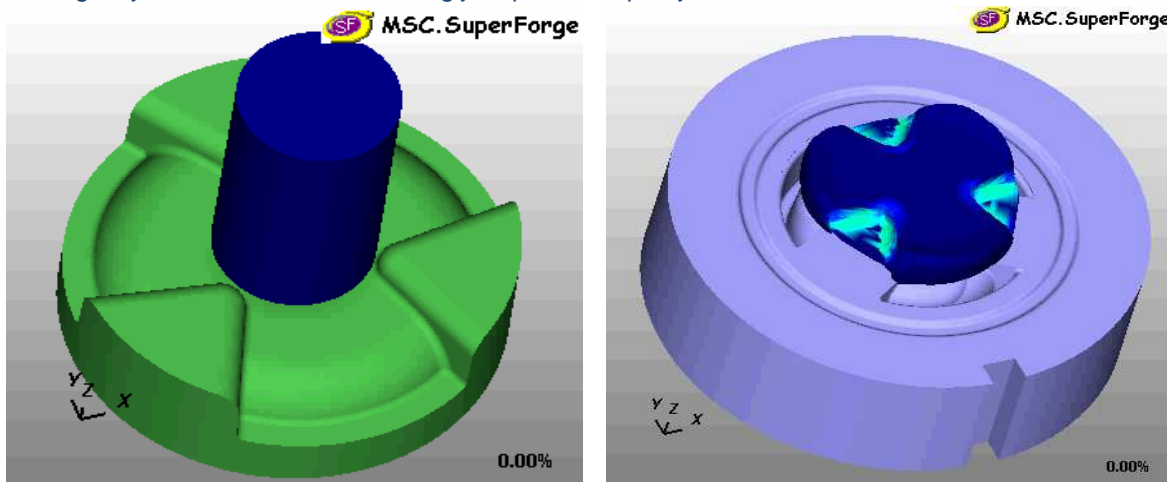
Da bi CAD/CAM/CAE sistem bio pouzdan i efikasan, neophodno je pri njegovoj integraciji objединiti sve podatke u jednu jedinstvenu bazu podataka



Integracija CAD/CAM/CAE tehnologija – praktičan primjer

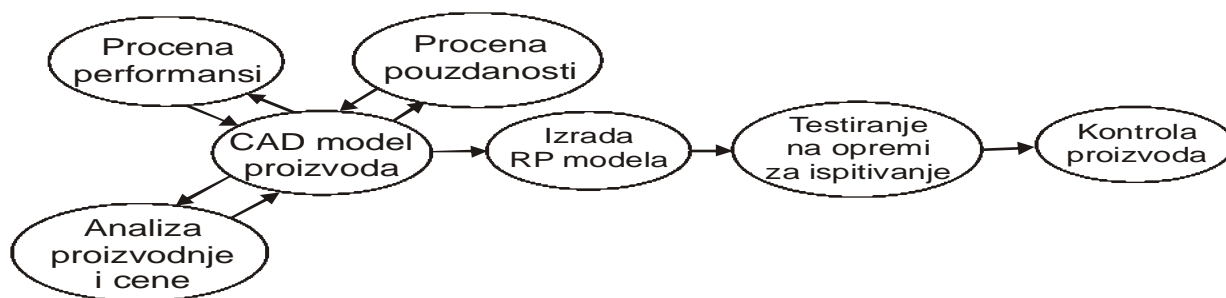


Integracija CAD/CAM/CAE tehnologija – praktičan primjer



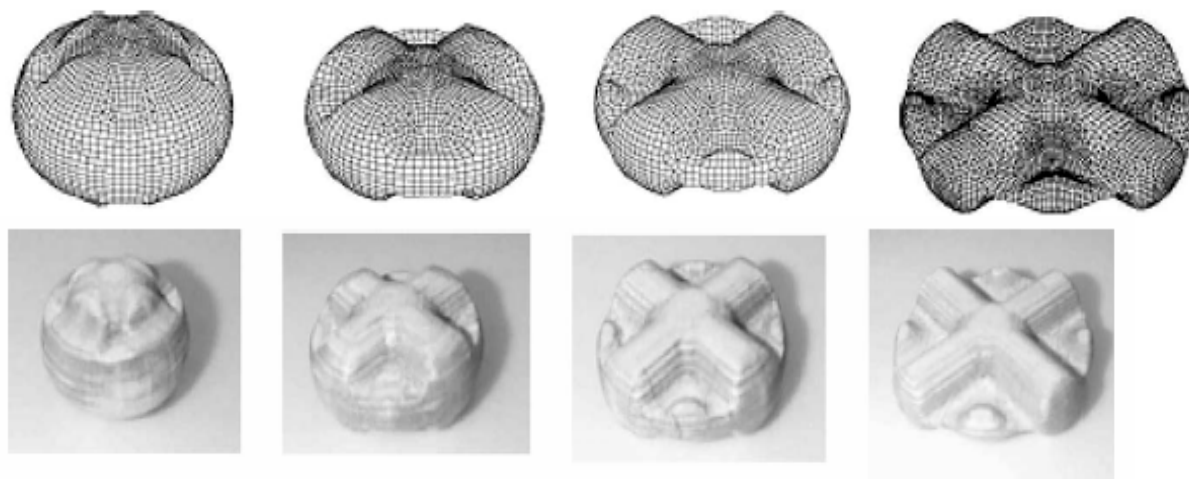
Integracija CAD/CAM/CAE i RP/RT/RE tehnologija

- RP – Rapid Prototyping
- RT – Rapid Tooling
- RE – Reverse Engineering

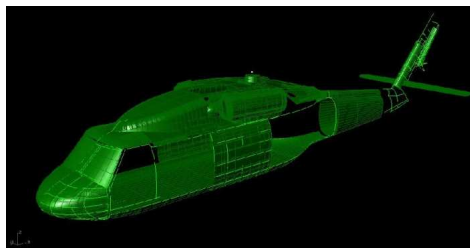


Integracija CAD/CAM/CAE i RP/RT/RE tehnologija – praktični primjer

Na CAE rezultatima je veoma teško precizno uočiti male defekte, posebno u lokalnim zonama sa složenom geometrijom alata. Izabran je primjer procesa kovanja krsta kardanskog zgloba, gdje je FE simulacijom dobijena procjena plastičnog tečenja materijala u više faza.



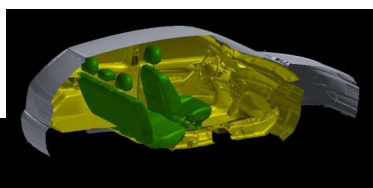
Integracija CAD/CAM/CAE i RP/RT/RE tehnologija – praktični primjer



BLACK HAWK helikopter



Ford FOCUS



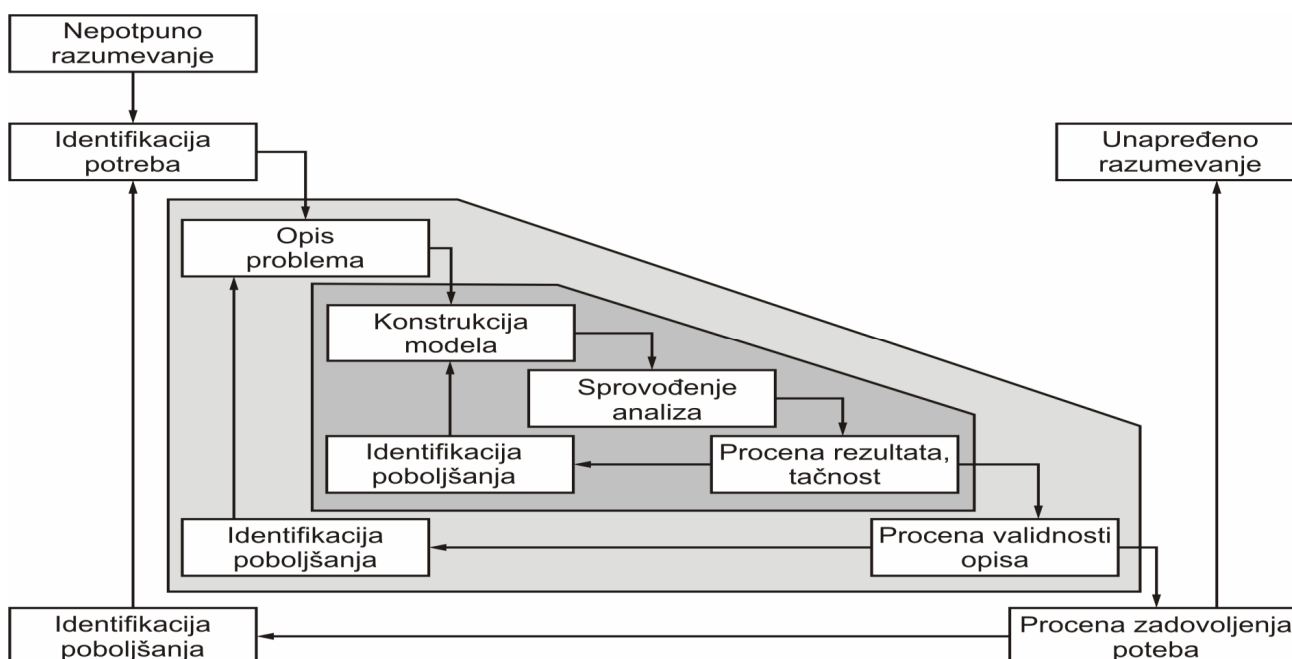
Značaj i uloga modeliranja i numeričkih simulacija u inženjerskom projektovanju:

Primjena numeričkih simulacija je dobro provjeren i ekstremno koristan alat za predviđanje problema u industrijskoj proizvodnji i smanjenje vremena i troškova u razvoju novih proizvoda. Najmoćniji i najšire primjenjivani “alat” za numeričku simulaciju procesa je:

-Metoda konačnih elemenata(FEM)

-Metoda konačnih zapremina(FVM)

*Projekat FEM/FVM Simulacija:



VM – Virtuelna proizvodnja

Često okarakterisana kao «Sledeća revolucija u globalnoj proizvodnji», virtuelna proizvodnja podrazumijeva nelinearnu FE ili FV analizu i simulaciju svih procesa u tehnologiji izrade nekog proizvoda.

Simulacija tehnologije omogućuje kompanijama da optimiziraju ključne faktore koji direktno utiču na profitabilnost proizvoda, kao što su:

- obradivost,
- finalni oblik i tačnost,
- nivo zaostalih napona,
- pouzdanost u eksploataciji itd.

Profitabilnost se povećava smanjenjem troškova proizvodnje, uštedom materijala, eliminisanjem otkaza, skraćanjem vremena i troškova razvoja proizvoda i projektovanja alata kroz smanjenje pokušaja «trial-and-error» i ostalo.

Alati za numeričku simulaciju proizvodnih procesa su ne samo podrška razvoju proizvoda i optimizaciji proizvodnih procesa, već i sredstvo za podršku PLM sistemu, za donošenje pravih odluka od strane menadžmenta, u ranoj fazi projektovanja, jer omogućuju između ostalog:

- pravi izbor proizvodnih tehnologija za proizvodnju proizvoda
- pravi izbor materijala za proizvod,
- verifikaciju geometrije alata,
- smanjenje broja prototipova alata,
- optimizaciju parametara procesa za specifične proizvodne tehnologije,
- pravilan izbor proizvodne opreme kroz procenu deformacione sile.

VM – Virtuelna proizvodnja - prednosti

Prednosti ovakvog načina projektovanja procesa alata se ogledaju u sledećem:

- ovakva tehnika je jeftinija od tradicionalnog projektovanja "trial and error" na proizvodnoj opremi i alatima;
- modifikacije na modelima alata su jeftinije i zahtevaju manje vremena od izmjena na proizvodnim alatima;
- modeliranje i simulacija obezbeđuje mnoštvo informacija o procesu:
 - deformaciona sila,
 - tečenje materijla u različitim fazama procesa,
 - eventualni defekti,
 - promene mikrostrukture ...
- neophodne informacije se znatno brže dobijaju, nego brojnim pokušajima na proizvodnoj opremi.

VM – Virtuelna proizvodnja - ciljevi

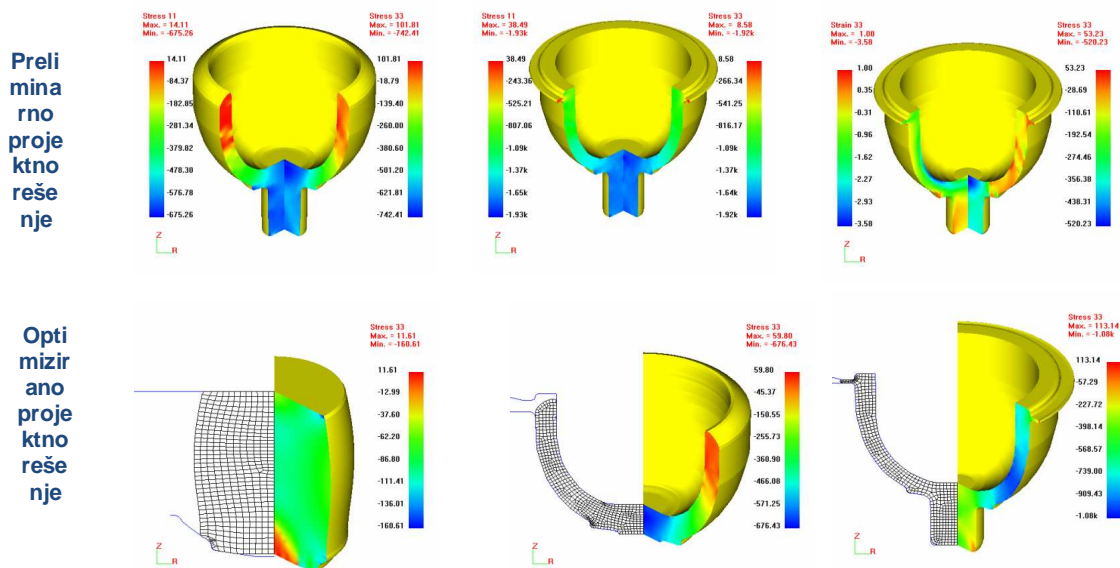
1. Unapređenje projektovanja alata i utvrđivanje parametara procesa, posredstvom:

- određivanja tečenja materijala i konačnih dimenzija dijela,
- uočavanja i prevencije defekata tečenja materijala,
- simulacije procesa, u cilju provjere popunjavanja alata,
- kontrole uslova kontaktnog trenja i transfera toplote,
- otkrivanja mjesta prekomjernih pritisaka u alatu, prevencije loma i povećanje vijeka alata

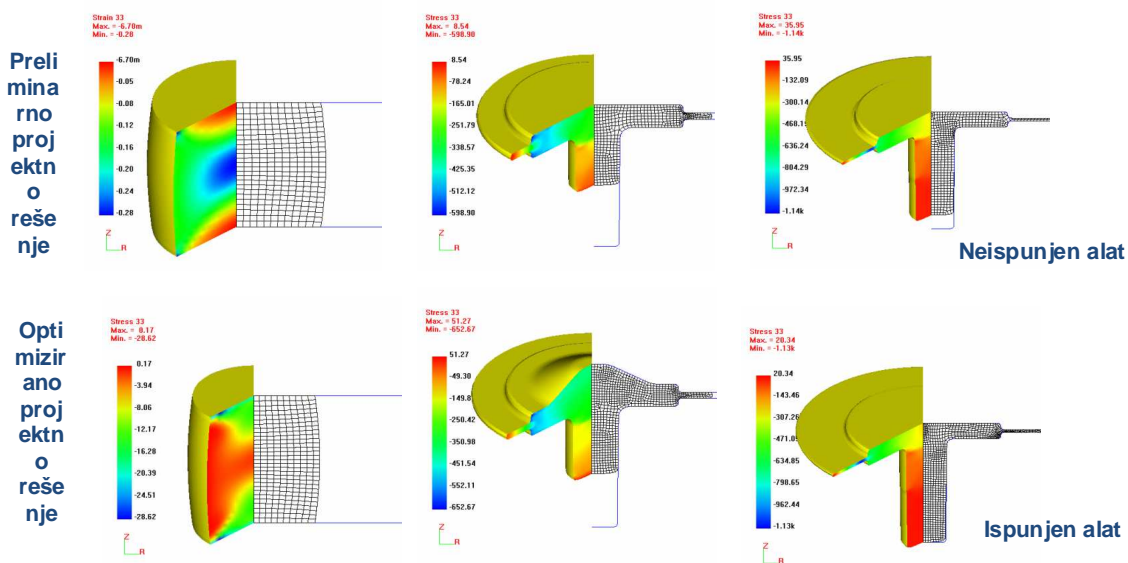
2. Poboljšanje kvaliteta gotovog dijela i smanjenje troškova proizvodnje, posredstvom:

- određivanja deformaciono-naponsko-temperaturnih polja,
- predviđanja mikrostrukture i kontrole veličine zrna,
- smanjenja neuspelih pokušaja u proizvodnji, tipa "trial and error",
- smanjenja glavnog vremena izrade,
- smanjenja škartu, poboljšanjem tečenja materijala.

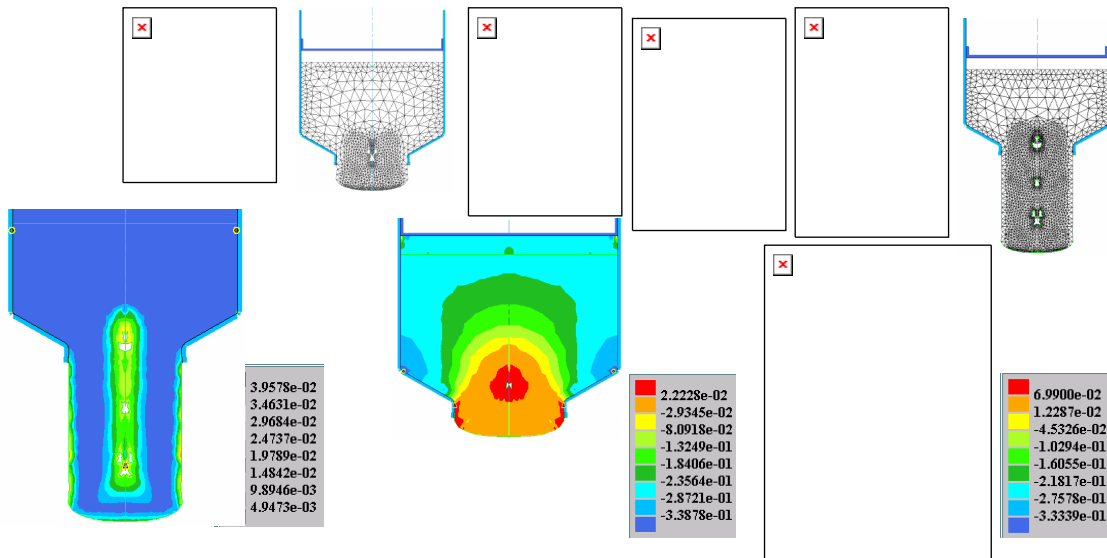
Numerička simulacija procesa kovanja (CAMPform 2D)



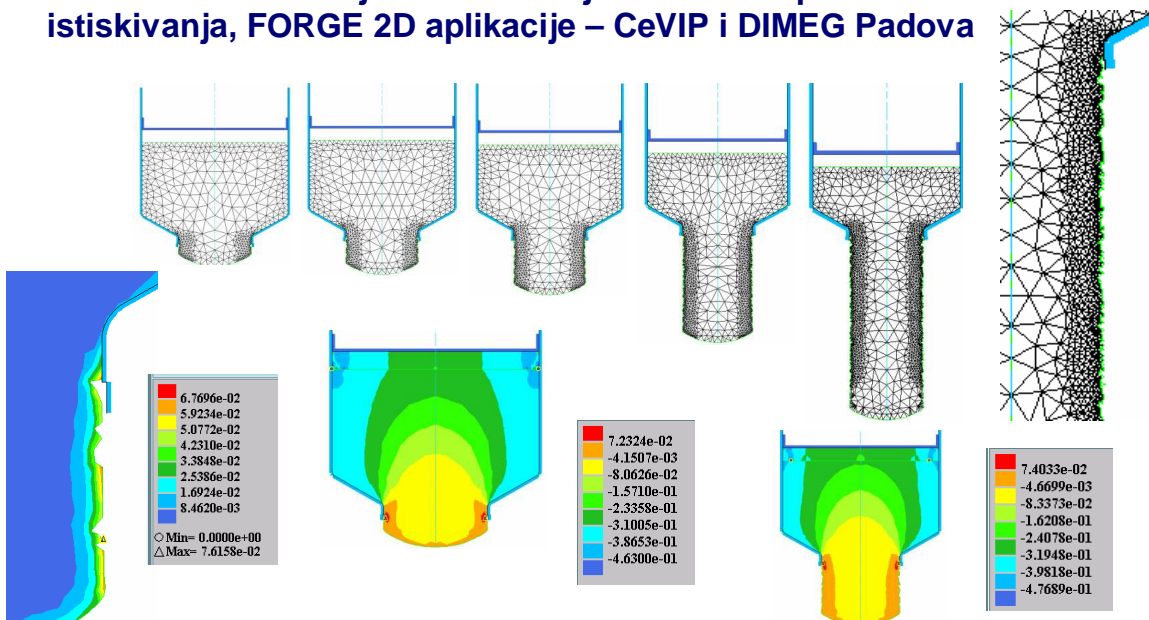
Numerička simulacija procesa kovanja (CAMPform 2D)



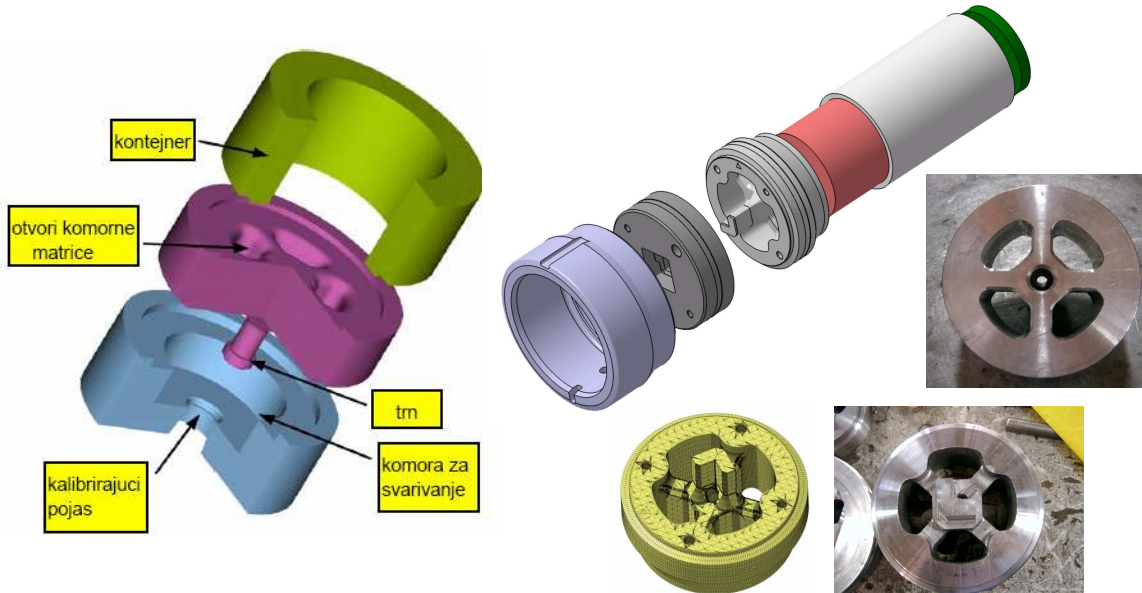
Numerička simulacija za eliminaciju defekata u procesu istiskivanja, FORGE 2D aplikacije – CeVIP i DIMEG Padova



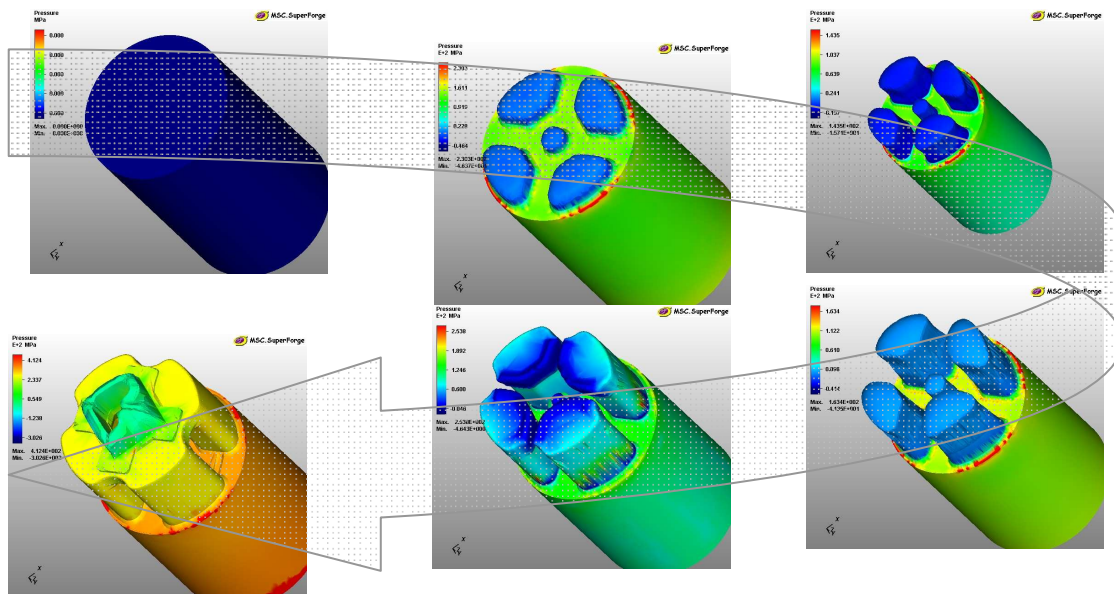
Numerička simulacija za eliminaciju defekata u procesu istiskivanja, FORGE 2D aplikacije – CeVIP i DIMEG Padova



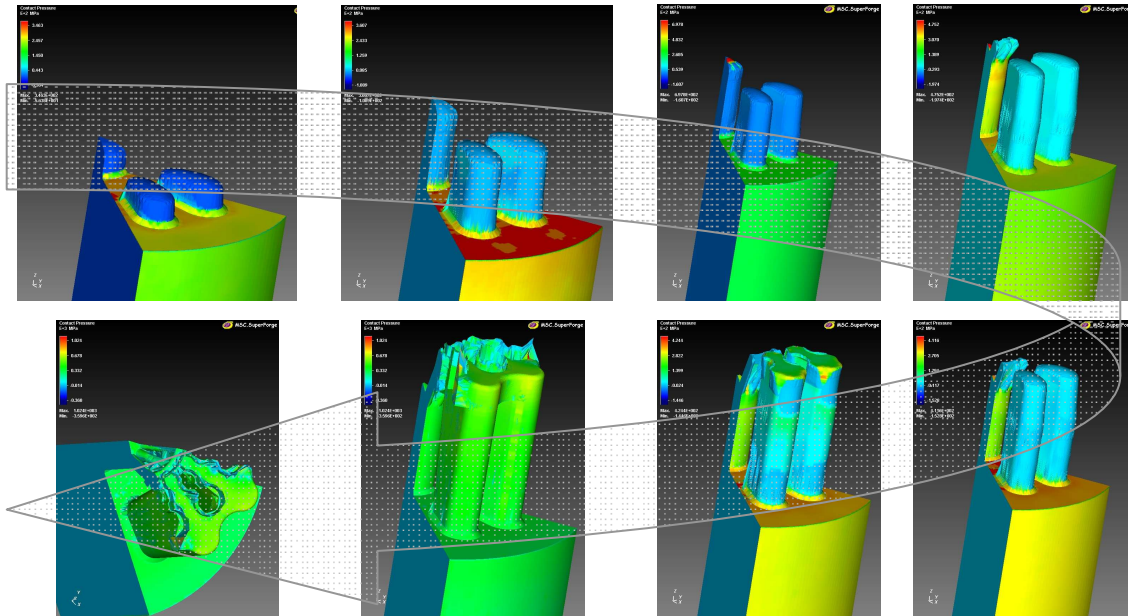
Numerička simulacija procesa istiskivanja (MSC.SuperForge)



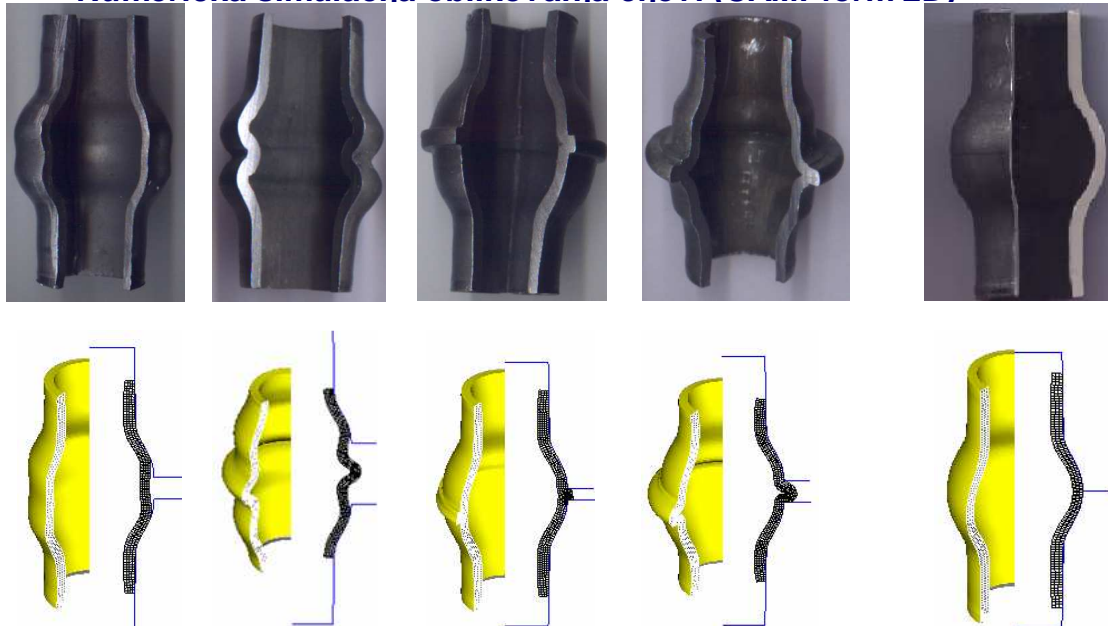
Numerička simulacija procesa istiskivanja (MSC.SuperForge)



Numerička simulacija procesa istiskivanja (MSC.SuperForme)



Numerička simulacija oblikovanja cijevi (CAMPform 2D)

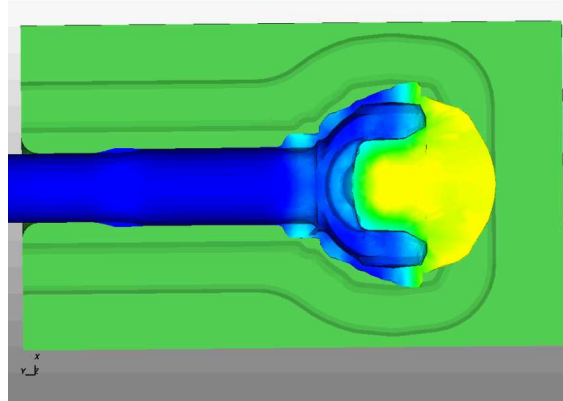
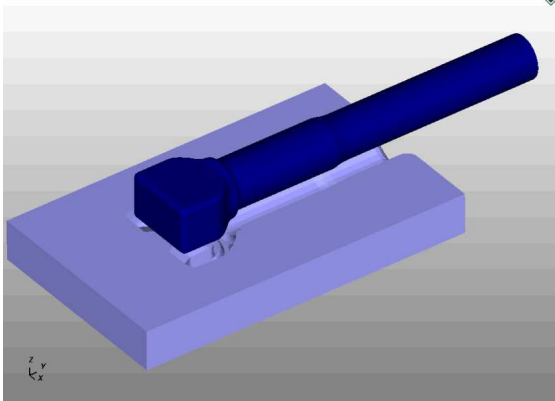


Modeliranje procesa kovanja u dvije operacije

CILJ: Optimizacija do dostizanja dimenzione tačnosti otkovka

PROBLEM: Netačnost otkovka – nepopunjavanje alata

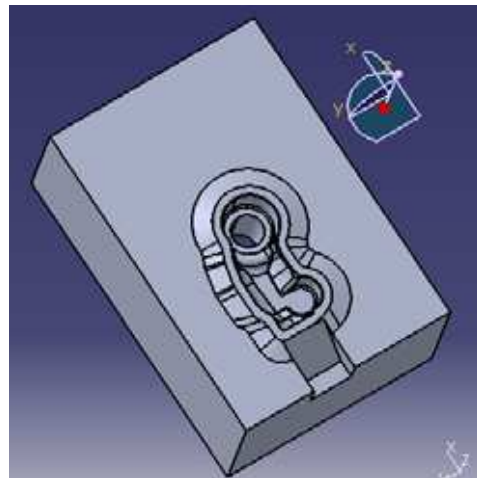
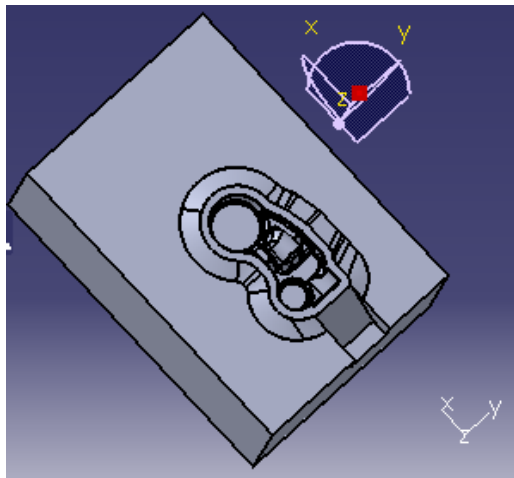
REZULTAT: Popunjavanje lata i tačnost otkovka - modifikovan pripremak i oblik u prethodnom kovanju



CILJ: Optimizacija procesa kovanja tijela zgloba

PROBLEM: Nedovoljno popunjavanje alata

REZULTAT: Identifikacija uzroka problema – ručno pizicioniranje pripremak –

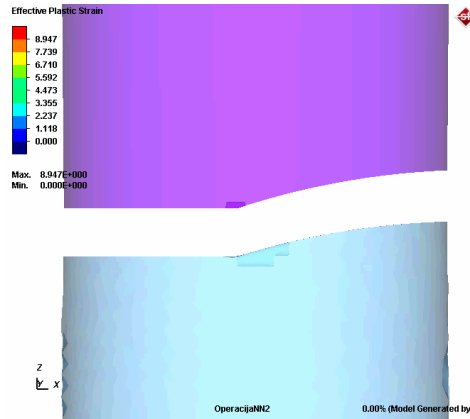
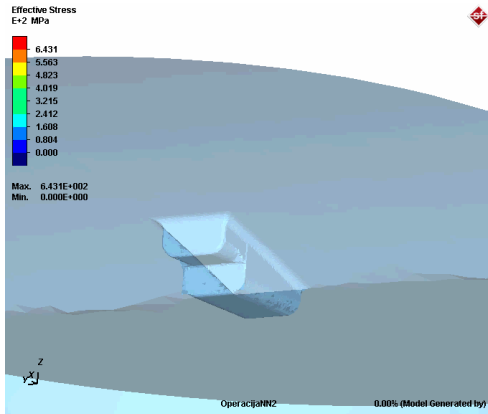


Modeliranje procesa hladnog kovanja primjenom FE/FV numeričkih alata

CILJ: Optimizacija procesa hladnog kovanja - istiskivanja

PROBLEM: Tehnološko rješenje – prekomjerni pritisci, mali vijek alata

REZULTAT: Tehnološki postupak sveden na jednu operaciju kovanja, smanjena potrošnja materijala, pritisci



Toplo kovanje aluminijuma

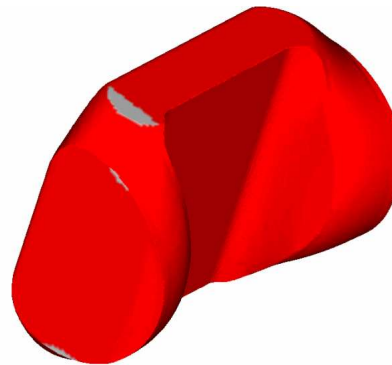
CILJ: Eliminirati defekte preklopa pri kovanju

PROBLEM: Defekti preklopa, tehnološki postupak

REZULTAT: Eliminirani preklopi, kovanje u 2 umesto 4 operacije, uštede u materijalu i energiji



Die Contact
 1.000
 0.500
 0.000
 Max. 1.000E+000
 Min. 0.000E+000



z
y
x

Kovanje12

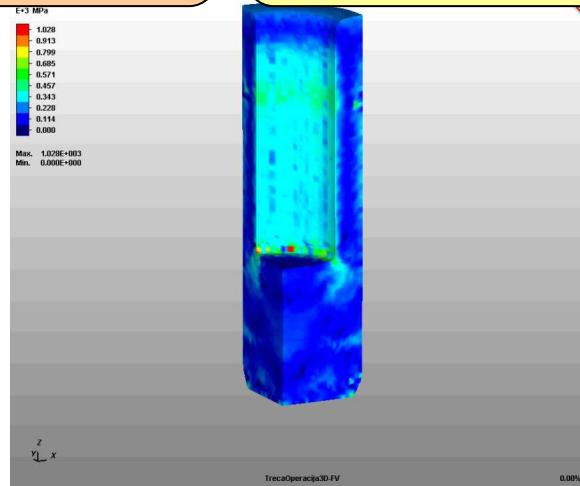
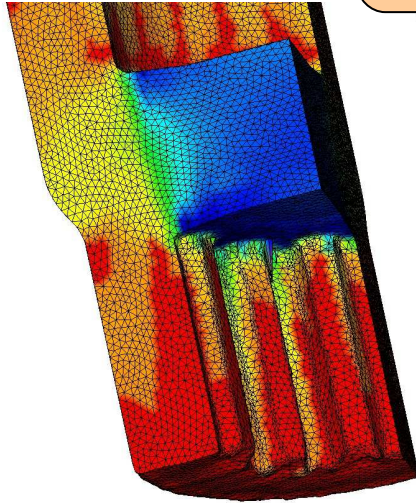
0.00%

Modeliranje procesa višepersonalnog hladnog istiskivanja

CILJ: Analiza procesa kombinovanog istiskivanja, preporuke

PROBLEM: Naponi prednapreznja alata, tačnost dimenzija dela, nestabilan proces

REZULTAT: Naponi u alatu u toku procesa, preporuke za upravljanje procesom, uticaji na tačnost dimenzija

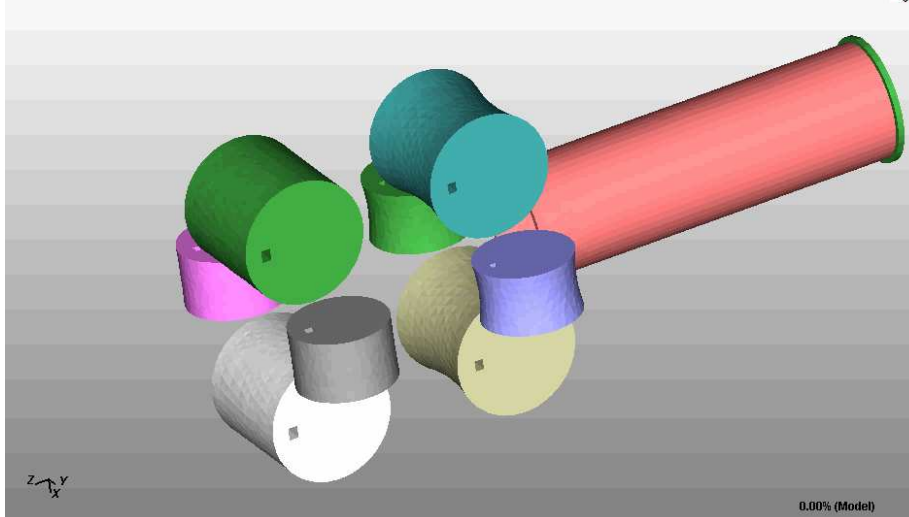


Simulacija valjanja bešavnih cijevi

CILJ: Odrediti sile na valjcima na poslednja 2 stana, proveriti oblik profila

PROBLEM: Oblik profila zavisi od oblika valjaka, sile nepoznate

REZULTAT: profil dobar, određene sile na valjcima u toku procesa, kućište proizvedeno i isporučeno



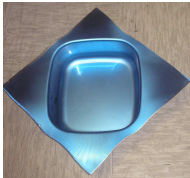
Duboko izvlačenje sudopere od feritnog čelika

CILJ: Ispitati mogućnost oblikovanja sudopere od feritnog

PROBLEM: nemogućnost oblikovanja sa istim parametrima i alatima kao inox

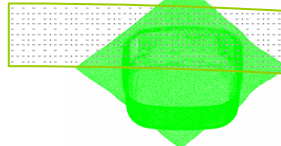
REZULTAT: Optimiziran proces u prvoj operaciji, preporuke za promena alata u drugoj

Proizvod

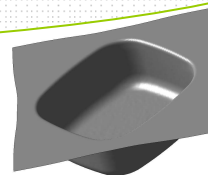
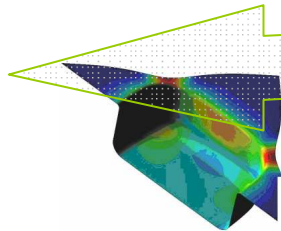
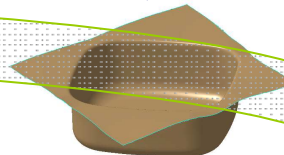


Industrijski eksperimenti, finalno podešavanje parametara

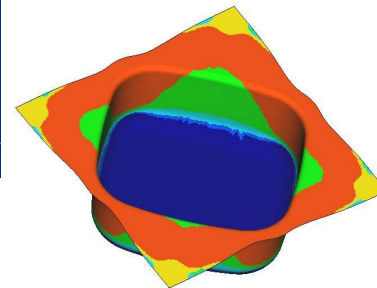
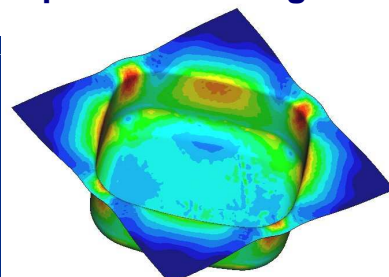
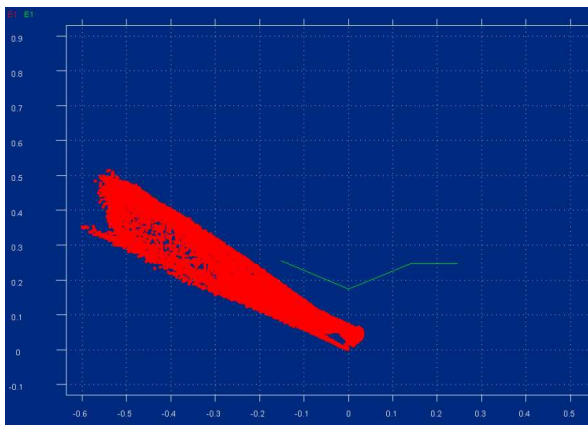
Reverzni inženjering, oblak tačaka, ATOS IIe



CAD model, CATIA



Duboko izvlačenje sudopere od feritnog čelika

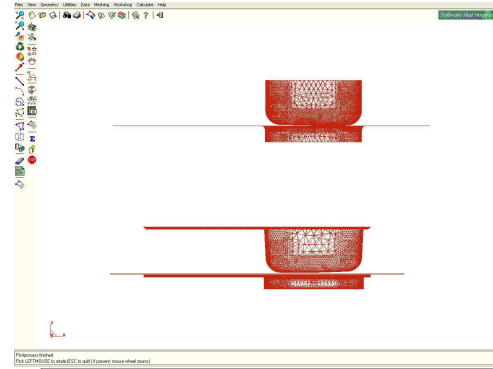
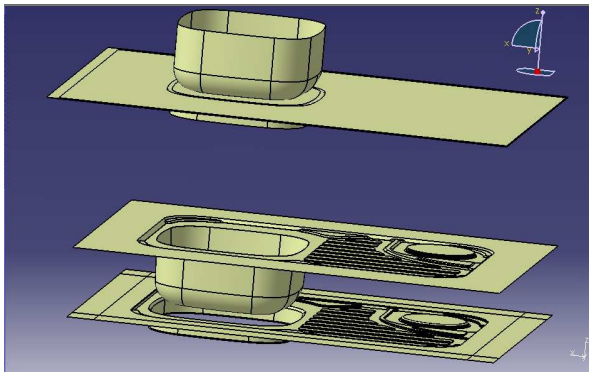


Duboko izvlačenje radnog dijela sudopere

CILJ: Modelirati oblikovanje monoblok sudopere

PROBLEM: Nabori na obodu u I operaciji, balans sile držanja i podmazivanja

REZULTAT: ispitani proces i uticajni faktori, verifikovan industrijski proces, preporuke za eliminisanje nabora u I op.



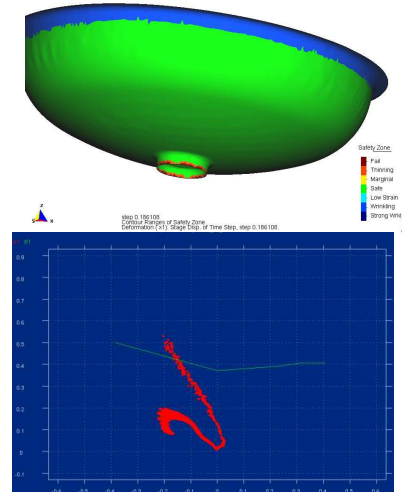
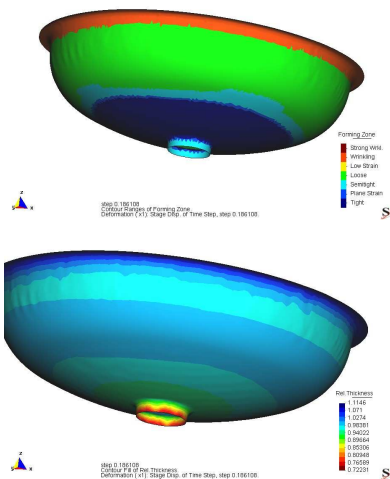
Model alata u Stampack-u

Duboko izvlačenje donjeg poklopca bojlera i provlačenje otvora

CILJ: ispitati mogućnost optimizacije procesa provlačenja otvora na poklopcu boileru

PROBLEM: Na obodima provučenog otvora se pojavljuju naprsline

REZULTAT: Numerička procena verifikovala industrijski problem, mogućnost optimizacije

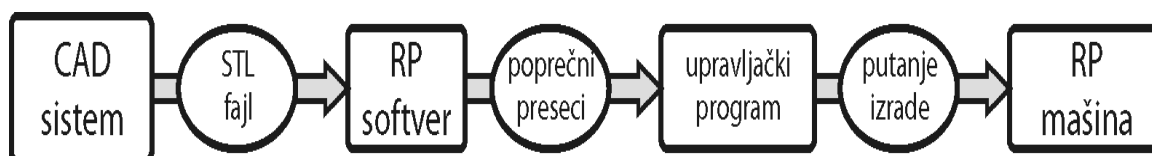
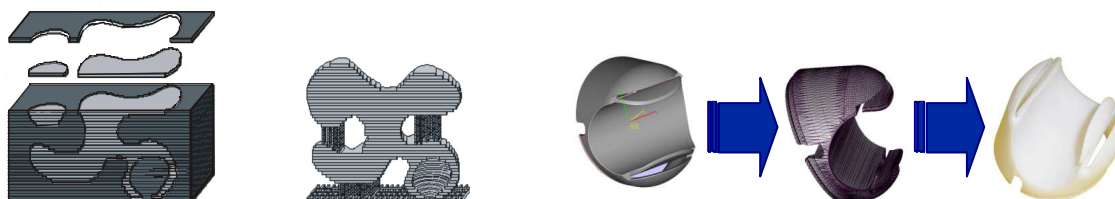


Uloga rapid prototipova proizvoda, alata i procesa u konkretnom inženjerstvu

RP – Rapid prototyping

- RP tehnologije su skup povezanih tehnologija koje se koriste za izradu fizičkih objekata direktno iz 3D CAD modela.
- Ulazni podaci se u obliku STL (*Stereolithography*) fajlova učitavaju u operativni softver mašine za brzu izradu prototipova.
- Fajl je ASCII ili binarnog tipa i predstavlja listu trougaonih površina koje opisuju kompjuterski generisani prostorni model.
- Podaci se procesiraju na taj način što se virtuelni model dijeli u slojeve debljine od 0.05 mm do 0.3 mm.
- Mašina dalje ovakav model koristi za formiranje modela sloj po sloj, pri čemu se svaki sloj vezuje sa onim prije i onim poslije njega.

Program studentske prakse



Proces obrade podataka o 3D modelu u RP tehnologijama

Ulaz				Materijal		
CAD Model: Površinski ili solid		Fizički objekat		Laminati, granulati, žice	Prah	Tečnost
STL, IGES, CLI, itd.		Podaci iz digitalizatora		Papir, smole, najlon, ABS, vosak, metali, keramike, itd		
Podaci o slojevima						
Metod				Primene		
Lepjenje/ vezivanje	Topljenje i očvršćavanje	Sečenje i spajanje	Fotoočvršćavanje	Dizajn	Inženjering i analiza	Proizvodnja i izrada alata
			Maskirna lampa			
				Vazduhoplovna, automobilska,biomedicinska, potrošačka industrija i dr.		

Četiri glavna aspekta RP tehnologija

- ◆ RP omogućava izradu modela namijenjenih istraživanju tržišta, marketinga i dizajna ambalaže;
- ◆ smanjenje vremena do pojave novog proizvoda na tržištu;
- ◆ zadovoljenje zahtjeva korisnika u pogledu kvaliteta proizvoda;
- ◆ povećanje asortimana proizvoda;
- ◆ smanjenje rizika u plasmanu novog proizvoda;
- ◆ u fazi konceptualnog dizajna, omogućava uočavanje projektnih grešaka;
- ◆ prototipovi izrađeni od različitih nemetalnih i metalnih materijala se mogu proučavati s obzirom na funkcionalne, tehničke i estetske aspekte

RP – Rapid prototyping

Široka primjena u različitim oblastima:

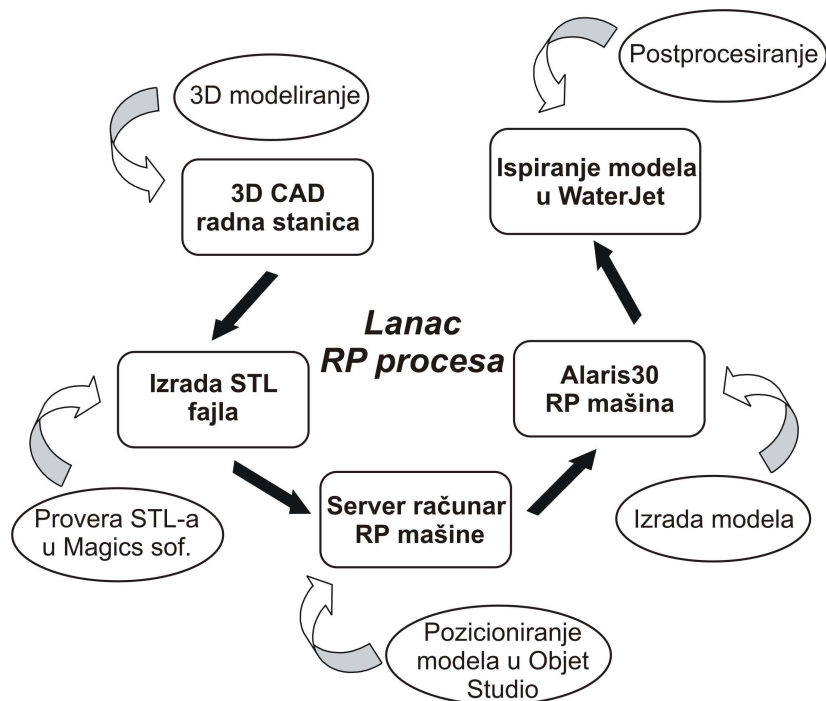
- Medicini;
- Elektronici;
- Automobilskoj industriji;
- Proizvodnji robe široke potrošnje;
- Arhitekturi;
- Obrazovanju;
- Zabavi;
- Itd...



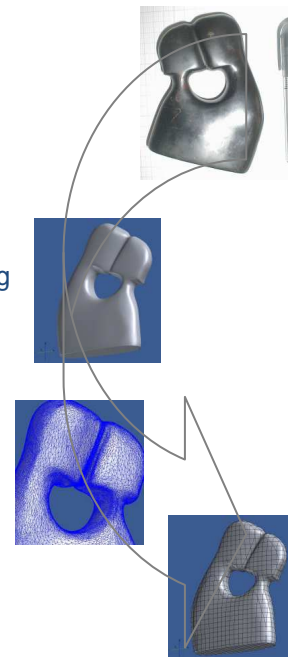
- Odlikuje se štampanjem izuzetno finih detalja visokog kvaliteta, nanošenjem tankih slojeva od **28 µm** i trenutnim fotočvršćavanjem;
- Posjeduje visoko kvalitetnu rezoluciju od **600x600x900 dpi**;
- Precizno štampanje **složene** geometrije modela, malih **pokretnih** elemenata, i finih detalja sa tankim zidovima do **0.6 mm**;
- Visoka tačnost izrade modela i oblika od **0.1** do **0.2 mm**;
- Izuzetno glatko štampanje **sitnih detalja** na modelu koji se jasno vide (tekst, oznake, brojevi...);
- **Brza** izrada 3D modela, sa mogućnošću istovremenog štampanja **više** modela;
- Pogodan za **kancelarijsku** upotrebu



- Provjera uklapanja finih detalja u sklopu, provjera oblika;
- Funkcionalna testiranja i kinematike pokretnih djelova;
- Markentiške prezentacije – obojeni djelovi, sa prevlakama;
- Fine površine omogućavaju direktni RT za silikonske djelove, vakum forming aplikacije.



- Reverzni inženjering – RE objedinjuje procese kojima se od fizičkog modela, pomoću neke vrste 3D skeniranja ili digitalizacije, prikupljaju 3D podaci o geometriji objekta.
- Razlikuju se dve faze RE procesa:
 - prva koju čini digitalizovanje podataka ili mjerenje posmatranog objekta, i
 - druga, u okviru koje se vrši 3D modeliranje objekta na osnovu prikupljenih podataka u prvoj fazi.
- Izlaz iz prve faze RE procesa predstavlja digitalni opis objekta u trodimenzio-nalnom prostoru, koji se naziva oblak tačaka.

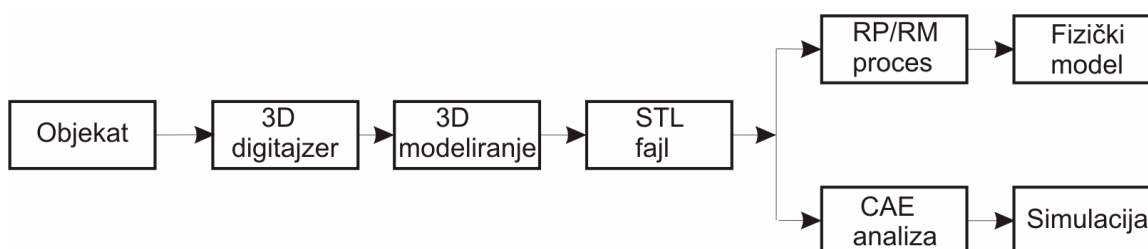


U praksi se RE dijela ili proizvoda sprovodi iz jednog od sledećih razloga:

- ◆ originalni proizvođač više ne proizvodi, ne želi ili nije sposoban da proizvede određeni proizvod, odnosno zahtijeva visoke cijene za pojedinačne djelove,
- ◆ neadekvatna, nepotpuna ili izgubljena tehnička dokumentacija o proizvodu,
- ◆ originalni CAD model nije pogodan za modifikacije,
- ◆ radi ažuriranja zastarelih materijala ili zastarelih proizvodnih procesa modernijom opremom i jeftinijim tehnologijama,
- ◆ potreba za redizajniranjem proizvoda radi otklanjanja loših karakteristika proizvoda,
- ◆ analiziranja dobrih i loših karakteristika konkurentskog proizvoda i istraživanja novih prilaza za poboljšanje performansi i karakteristika proizvoda,
- ◆ osvajanja metoda za ispitivanje proizvoda u cilju razumijevanja konkurentskih proizvoda i razvoja boljih proizvoda

Reverzni inženjering

- Najčešće je korisno izraditi brzi prototip od skeniranog objekta, pa se digitalni model dobijen RE tehnikom, prevodi u STL format, koji predstavlja standardnu formu ulaznih podataka za bilo koji RP proces.
- Pošto se STL fajl učitava u operativni sistem mašine za RP proces, izrađuje se replika skeniranog fizičkog objekta.
- Sa razvojem CAD tehnologija, reverzni inženjering postaje održivi metod za kreiranje 3D virtualnog modela postojećeg fizičkog objekta, koji se dalje koristi kao ulaz u različite CAD/CAM/CAE sisteme.



-Kao najzastupljenije tehnike digitalizacije u okviru primijenjenih tehnika mogu se izdvojiti **optički sistemi** (bezkontaktne metode – laserski sistemi) i **mehanički sistemi** (kontaktne metode – CMM uređaji).

- Ako se one međusobno uporede optički sistemi su značajno brži u akviziciji podataka od mehaničkih ali je zato tačnost kod njih manja od one kod mehaničkih sistema, koji su sporiji, ali precizniji sistemi.

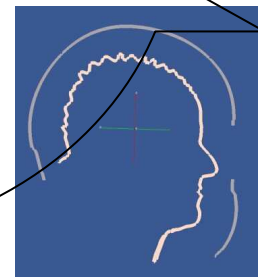
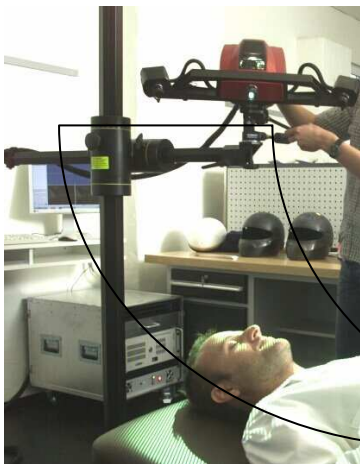
- Ipak, koji će se sistem primijeniti zavisi od krajnje svrhe traženog modela.

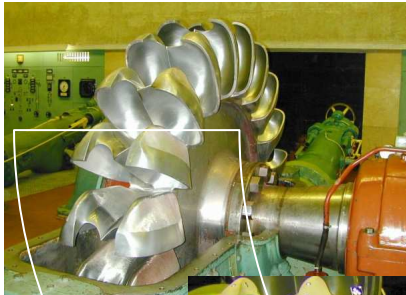
Inženjeri u kompaniji Richard Childress Racing (RCR) su digitalizovali standardni blok motora firme General Motors (GM) koji je specijalno izrađen za trkačke automobile



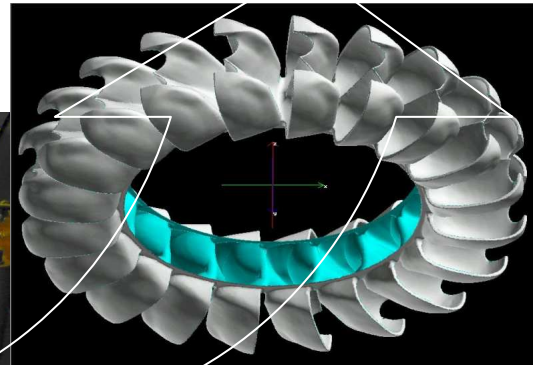
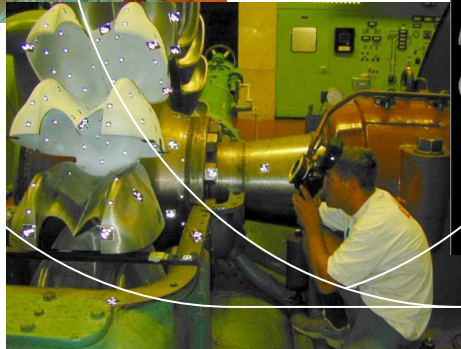
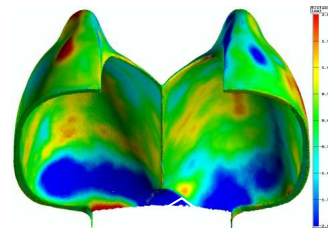
Reverzni inženjering – neki primjeri primjene

Savršena kaciga za vozače

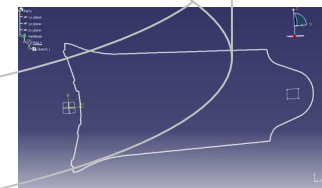
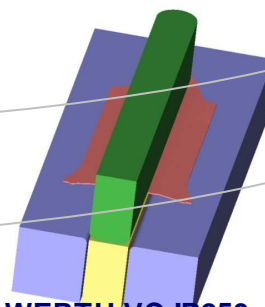
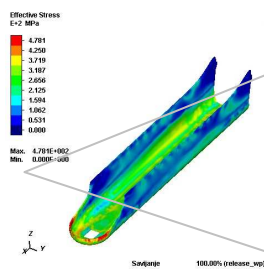
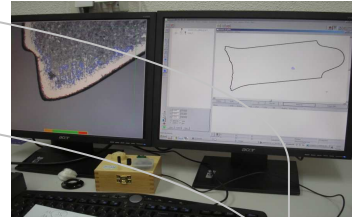
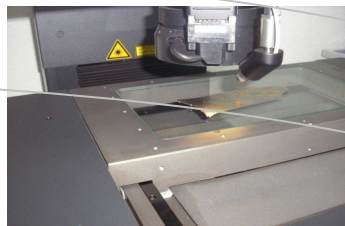
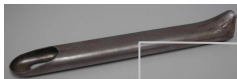




3D digitalizacija rotora peltonove turbine



Reverzni inženjering – neki primjeri primjene

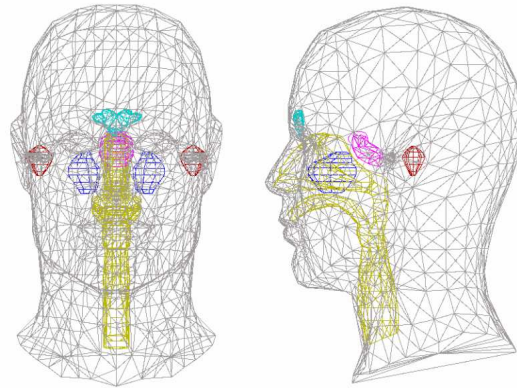
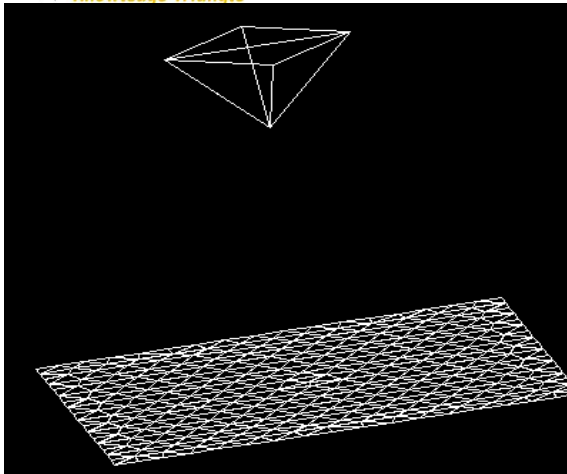


Reinženjering izrade ručice, CMM - WERTH VC-IP250

Metoda konačnih elemenata (FEM)

-Metoda konačnih elemenata (FEM) spada u metode diskretne analize - zasniva se na fizičkoj diskretizaciji posmatranog domena.

- Posmatrani kontinuum sa beskonačnim brojem stepeni slobode se aproksimira diskretnim modelom međusobno povezanih konačnih elemenata sa konačnim brojem stepeni slobode.



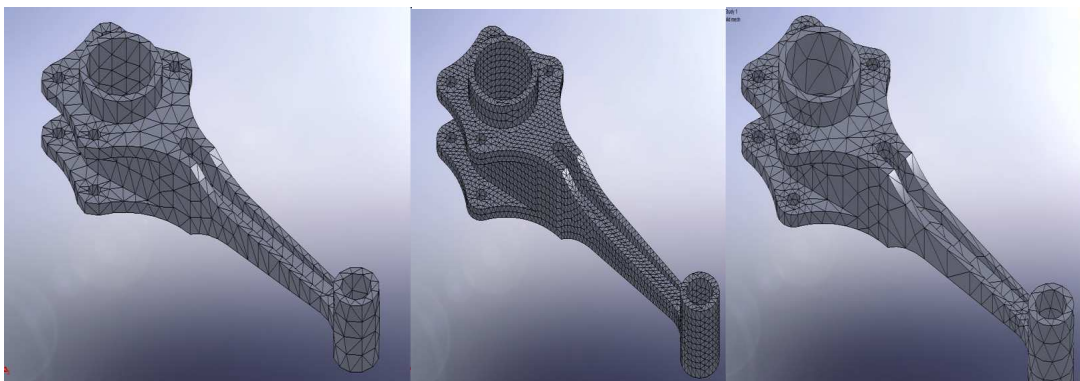
Način prevođenja kontinualnih fizičkih sistema u diskretne, odnosno način formiranja sistema algebarskih jednačina pomoću kojih se aproksimira određeni zadatak, određuje varijantu FEM, koja se razlikuje od ostalih samo u pogledu formalnog pristupa.

Postoje četiri osnovna vida MKE:

1. direktna metoda,
2. varijaciona metoda,
 - princip o minimumu potencijalne energije, (metoda deformacija) ,
 - princip o minimumu komplementarne energije (metoda sila) ,
 - Reissner-ov varijacioni princip (mješovita metoda) ,
3. metoda reziduuma i
4. metoda balansa energije.

Suština aproksimacije kontinuuma po FEM se sastoji u sledećem:

- Domen kontinuuma se dijeli na poddomene konačnih dimenzija koji se nazivaju konačnim elementima i zajedno čine mrežu konačnih elemenata;
- Konačni elementi su međusobno povezani u konačnom broju tačaka koje se nalaze na konturi elemenata i nazivaju se čvorovi,
- Stanje promenljive polja u svakom konačnom elementu se opisuje pomoću interpolacionih funkcija (ili funkcija oblika) ,
- Interpolacione funkcije su unaprijed zadate funkcije za jedan tip konačnog elementa i predstavljaju vezu između vrijednosti promenljive polja u bilo kojoj tački konačnog elementa i vrijednosti promenljive polja u čvorovima.



- ◆ Funkcije pomoću kojih se predstavlja polje promenljivih u elementu, nazivaju se interpolacione funkcije ili funkcije oblika.
- ◆ Pomoću interpolacionih funkcija se uspostavlja neposredna veza između vrijednosti funkcije u bilo kojoj tački elementa i osnovnih nepoznatih parametara u čvorovima.

Program studentske prakse

- ◆ Određuju samo kvalitativnu promjenu funkcije u elementu, tj. samo njen oblik dok je intenzitet određen vrijednostima parametara u čvorovima.
- ◆ Od izbora interpolacionih funkcija zavisi ispunjenje kontinuiteta između pojedinih elemenata.

Specijalni slučajevi 3D naponsko-deformacionog stanja

- ◆ Za potrebe analize MKE, posebno su značajni specijalni slučajevi prostornog (3D) naponsko-deformacionog stanja, za koje se model koji se analizira može prikazati u ravni, kao dvodimenzionalan (2D).
- ◆ Analizom dvodimenzionalnog modela, prije svega se postiže ušteda u potrebnom vremenu rada računara, tako što se smanjuje veličina matrice krutosti, tj. broj jednačina sistema koji treba da se riješi.
- ◆ Ovi specijalni slučajevi su:
 1. Osnosimetrično stanje deformacije
 2. Ravno stanje deformacije
 3. Ravno stanje napona

Specijalni slučajevi 3D naponsko-deformacionog stanja

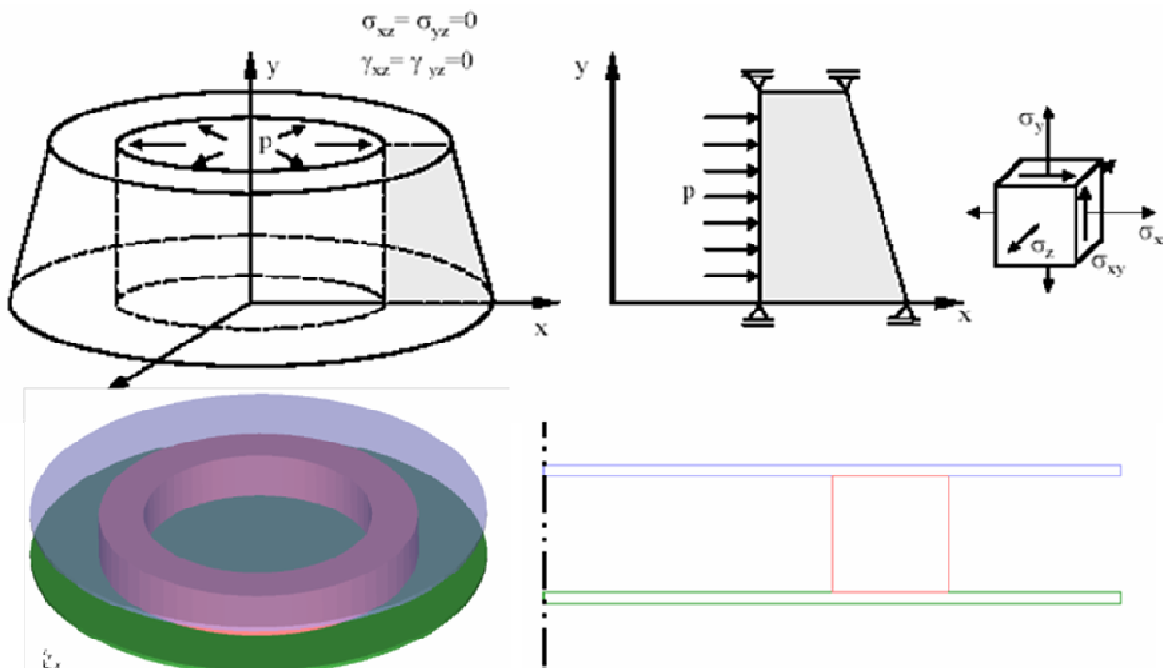
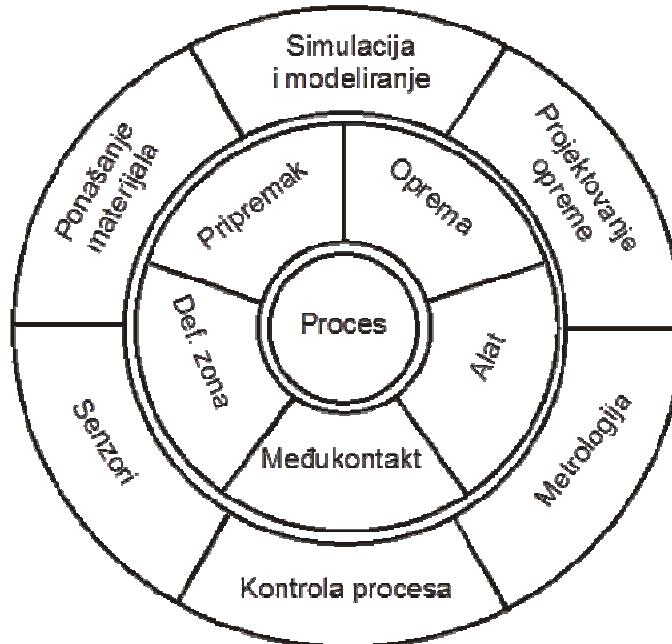


FIGURE 1 RING UPSETTING MODEL

U FE analizi proizvodnih procesa, sam proces se mora posmatrati kao sistem međusobno povezanih relevantnih parametara.

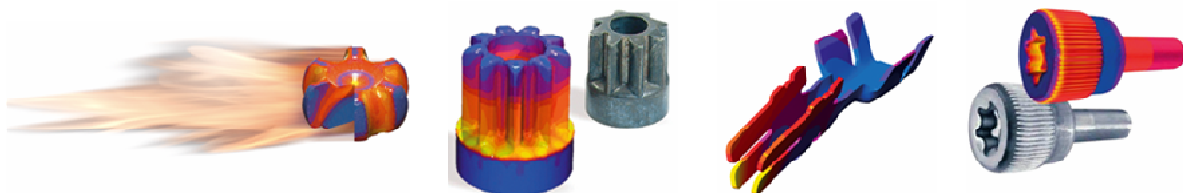


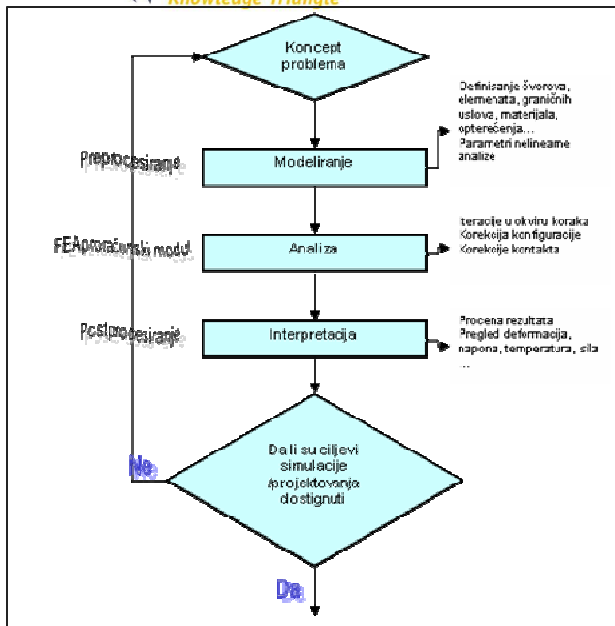
Ključni tehnički problemi koji se moraju razmatrati u analizi procesa se odnose na:

- ◆ pripremak: veličina i oblik, materijal, hemijski sastav i mikrostruktura, osobine tečenja u uslovima obrade (napon tečenja u funkciji deformacije, brzine deformacije i temperature), termičke i fizičke osobine;
- ◆ alat: geometrija, stanje površina, materijal i tvrdoća, temperatura pregrijavanja, krutost i tačnost;
- ◆ uslove u međukontaktu: finalizacija površina, podmazivanje, trenje i transfer toplote;
- ◆ deformacionu zonu: mehanika plastičnog deformisanja, tečenje materijala, naponi, brzine i temperature;
- ◆ proizvodnu opremu: brzina, produktivnost, kapacitet u pogledu maksimalne sile i energije, krutost i preciznost.

Da bi rezultati FE analize procesa bili pouzdani i upotrebljivi za procenu realnih procesa, nekoliko tema se mora razmotriti pri modeliranju:

- ◆ osobine i ponašanje materijala,
- ◆ prezentacija geometrije,
- ◆ uslovi u međukontaktu,
- ◆ mogućnosti *remeshing*-a, i
- ◆ pravilan izbor FE alata, odnosno programa za analizu.



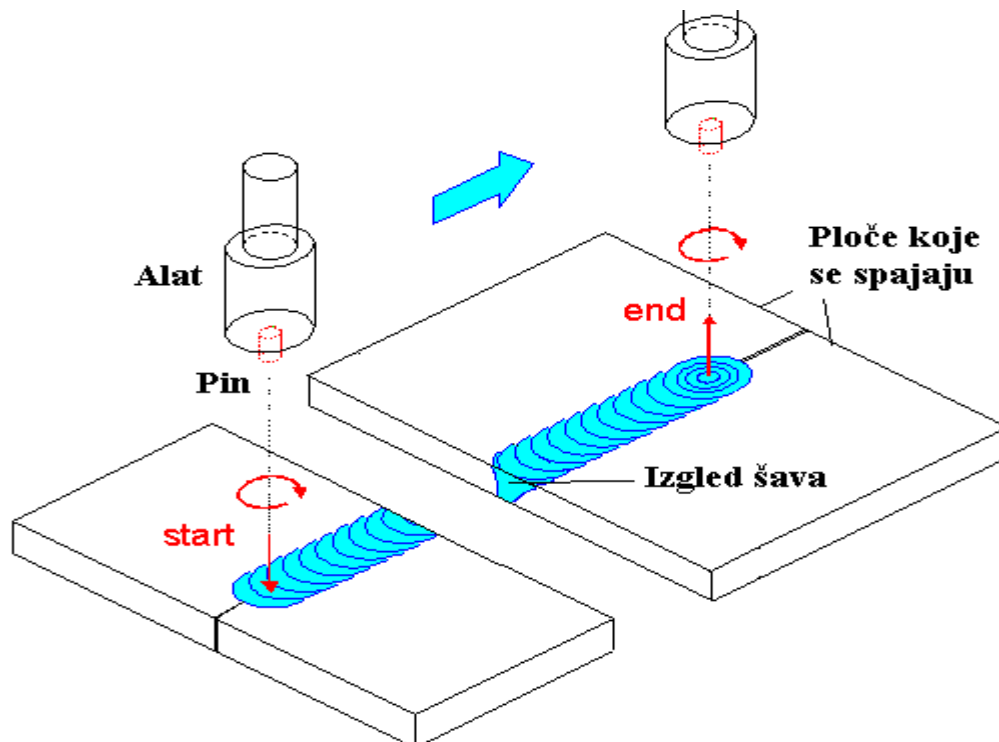


Procedura rešavanja problema metodom konačnih elemenata sastoji se iz sedam specifičnih koraka:

1. Identifikacija problema
2. Definisaneje elemenata (diskretizacija)
3. Definisaneje graničnih uslova
4. Formiranje jednačina za element
5. Povezivanje jednačina elemenata
6. Numeričko rešavanje globalnih jednačina
7. Analiza rezultata

Modeliranje procesa zavarivanja aluminijumskih legura trenjem primjenom FE/FV numeričkih alata

U ovom seminarskom radu opisano je modeliranje procesa zavarivanja trenjem (engl. Friction Stir Welding - FSW) primjenom savremenog numeričkog alata, softverskog paketa SIMUFACT.forming 9.0. Zavarivani su pripreмки od aluminijumskih legura AISi1MgMn (6082 – T6). Ova legura spada u teško zavarljive materijale pri zavarivanju konvencionalnim metodama zavarivanja. Na slici 1. šematski je prikazan proces zavarivanja trenjem.

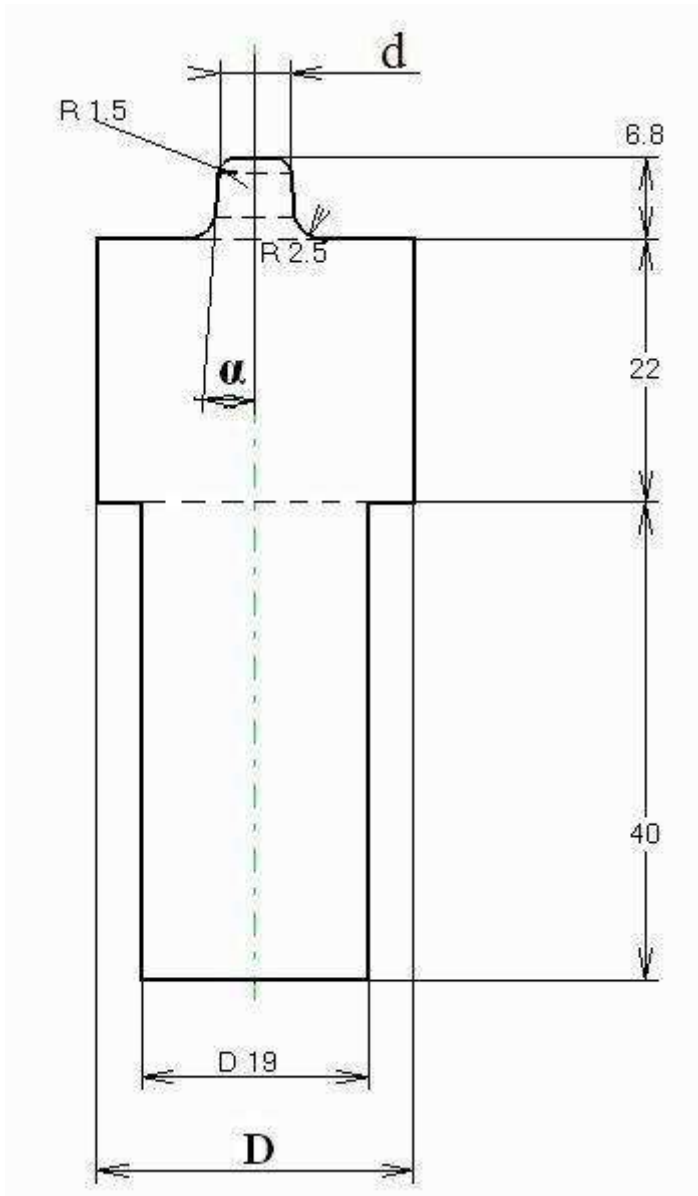


Slika 1. Šematski prikaz FSW procesa

Obzirom da je vršeno više pokušaja simulacije zavarivanja, što FE što FV metodom, u radu su načelno opisane opcije koje su korišćene pri modeliranju ovih procesa.

2. MODELIRANJE PROCESA ZAVARIVANJA

2.1. Ulazni podaci

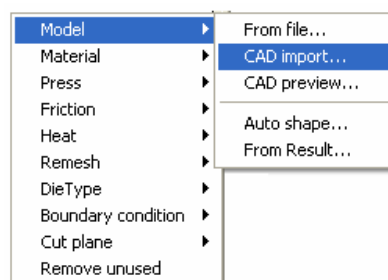


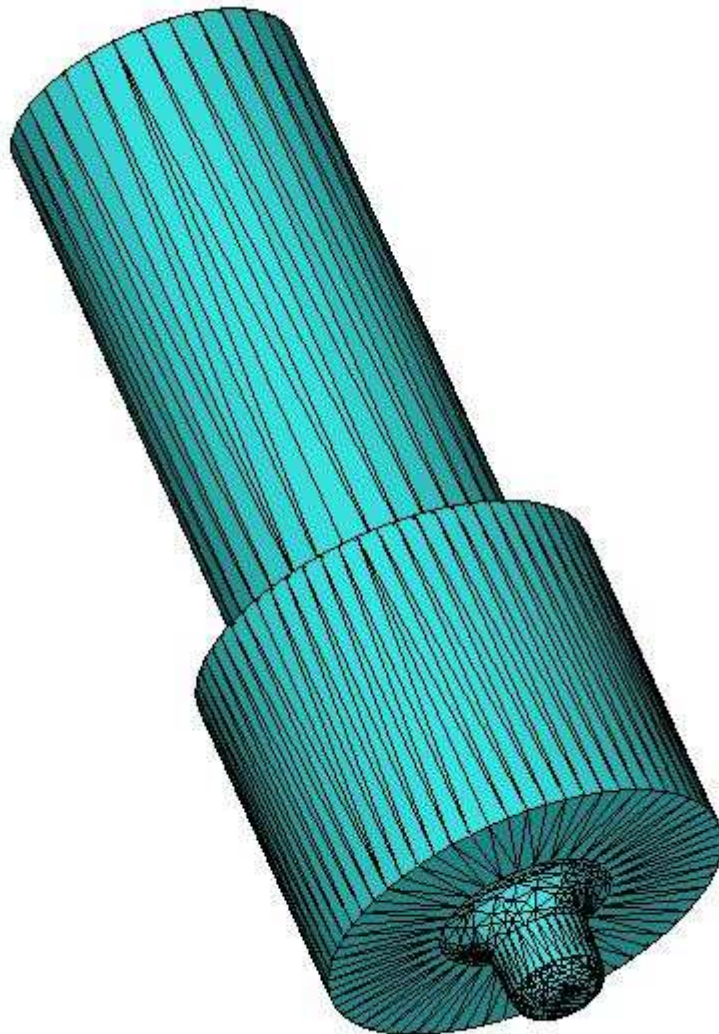
Na slici 2. prikazana je geometrija alata. Parametri d , D i α su uzeti iz odgovarajuće tabele. Za ovaj seminarski rad izabrani su sledeće vrednosti:

D	26.46mm
d	5.92mm
α	3.87°

Slika 2. Geometrija alata

Modeliranje alata izvršeno je u CATIA softveru, a nakon toga su u vidu IGS formata importovani u Simufact. Prikaz importovanog alata prikazan je na slici 3.





Slika 3. Alat

Alat je tretiran kao kruto tijelo i za njega nije vršena FE/FV numerička analiza.

Ulazni podaci o parametrima procesa, materijalu priprema zadati su projektnim zadatkom.

-Materijal priprema: AlSi1MgMn (Prema DIN standardu usvojen je materijal sličnih svojstava 6062)

-Ugaona brzina alata: 800 °/min

-Brzina zavarivanja: 125 mm/min

-Temperatura alata: 20°C

-Temperatura priprema: 20°C

-Dimenzije priprema (mm): 32 * 50 * 7.8 (za FV analizu) i 16 * 50 * 7.8 (za FE analizu)

-Dimenzije ploče (mm): 52 * 70 * 20

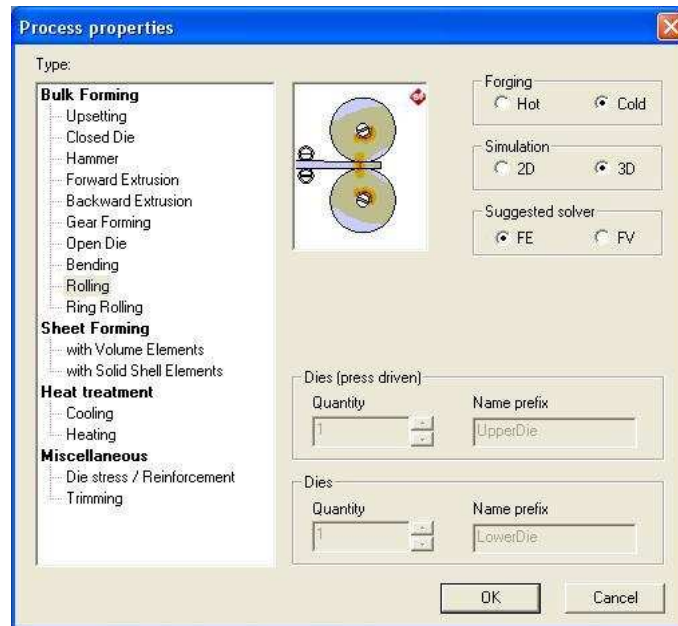
-Faktor trenja: $m = 0.9$

Mašina: Tabular Motion presa

Materijal je usvojen iz baze SIMUFACT-a.

2.2. FE simulacija zavarivanja

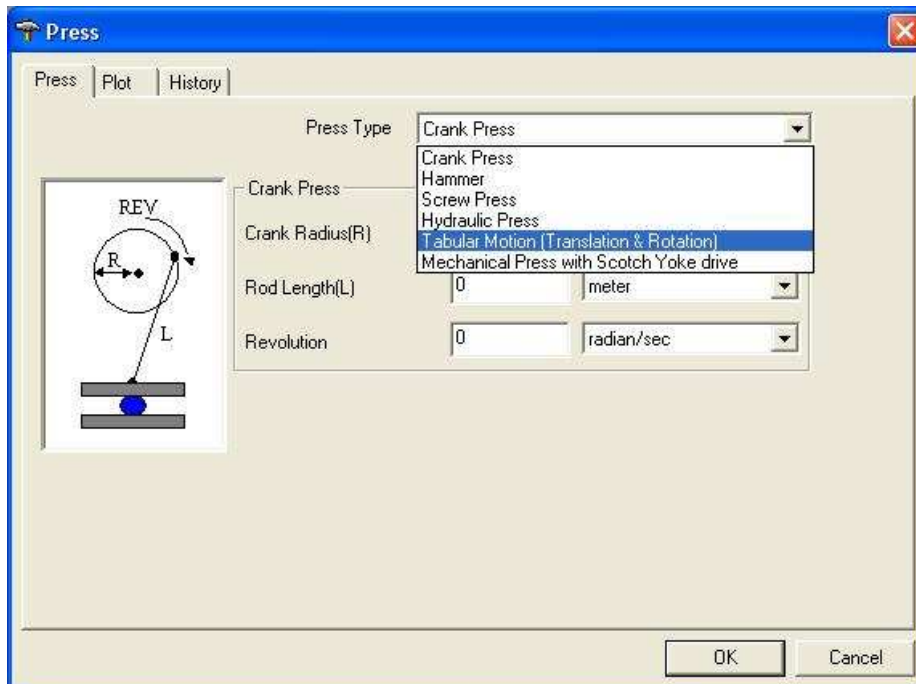
- Na početku simulacije definišu se parametri vezani za vrstu procesa, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Vrsta procesa

- Tip procesa – valjanje
- Obrada – u hladnom stanju
- Vrsta simulacije – 3D
- Solver – FE (Metoda konačnih elemenata)

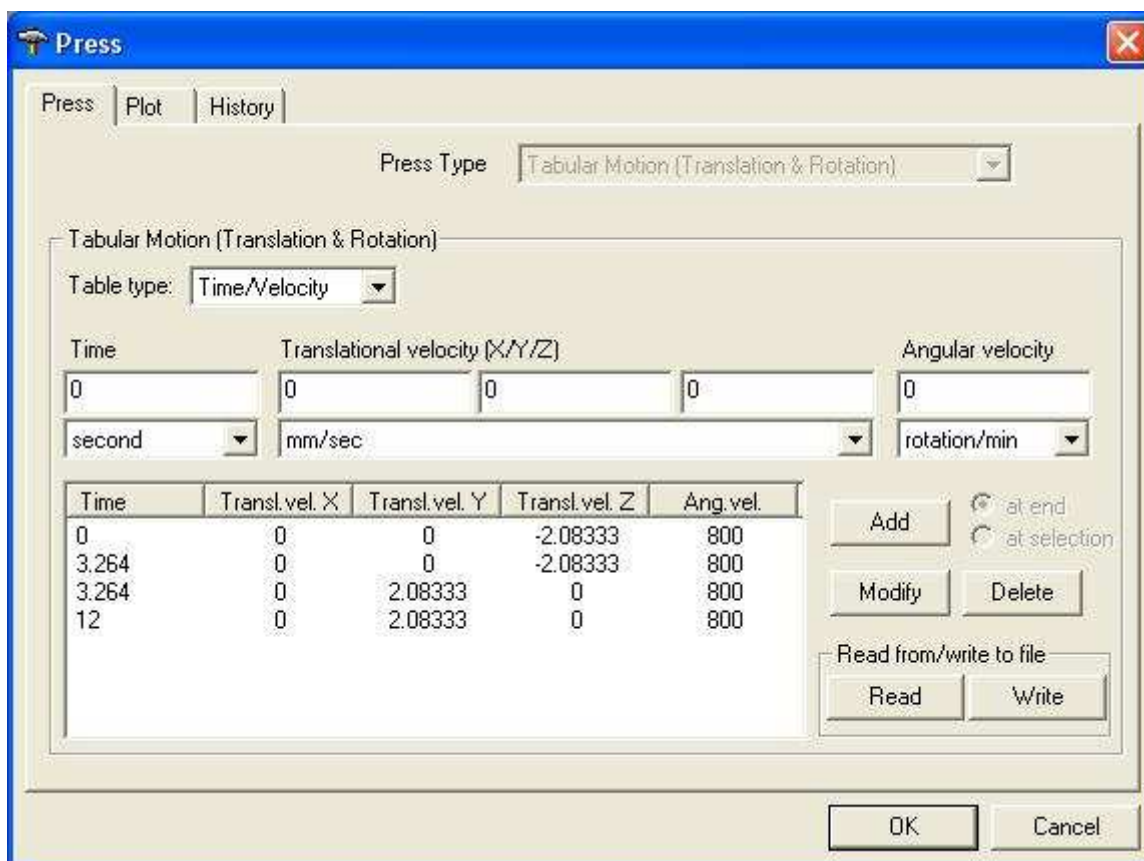
- Na slici 5. prikazan je prozor u kome se vrši izbor prese.



Slika 5. Izbor prese

Definisanje parametara *Tabular motion* prese (mašine sa složenom kinematikom kretanja – translatorno i rotaciono kretanje) je drugačije nego kod drugih presa, a vrši se preko tabele (slika 6.). Postoje 3 tipa Tabular motion presa:

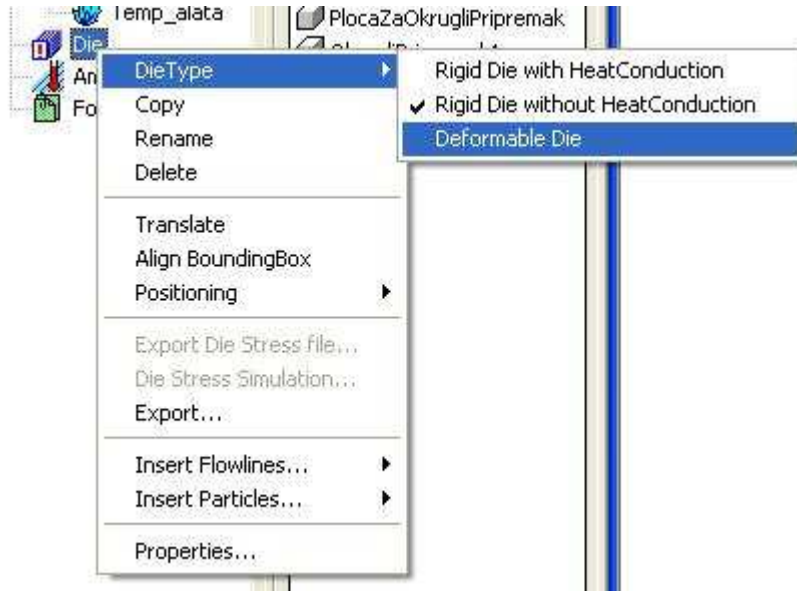
- Time/velocity (vreme/brzina) – opisuje brzinu u x, y, i z pravcu, a ugaona brzina je u funkciji vremena. Između dve tačke ubrzanje je konstantno.
- Stroke/velocity (hod/brzina) - opisuje brzinu u x, y, i z pravcu, dok je ugaona brzina je u funkciji vremena. Između dve tačke ubrzanje je konstantno.
- Time/stroke - opisuje hod u x, y, i z pravcu i ugaoni hod u funkciji vremena. Između dvije tačke brzina je konstantna.



Slika 6. Popunjavanje tabele Tabular motion prese

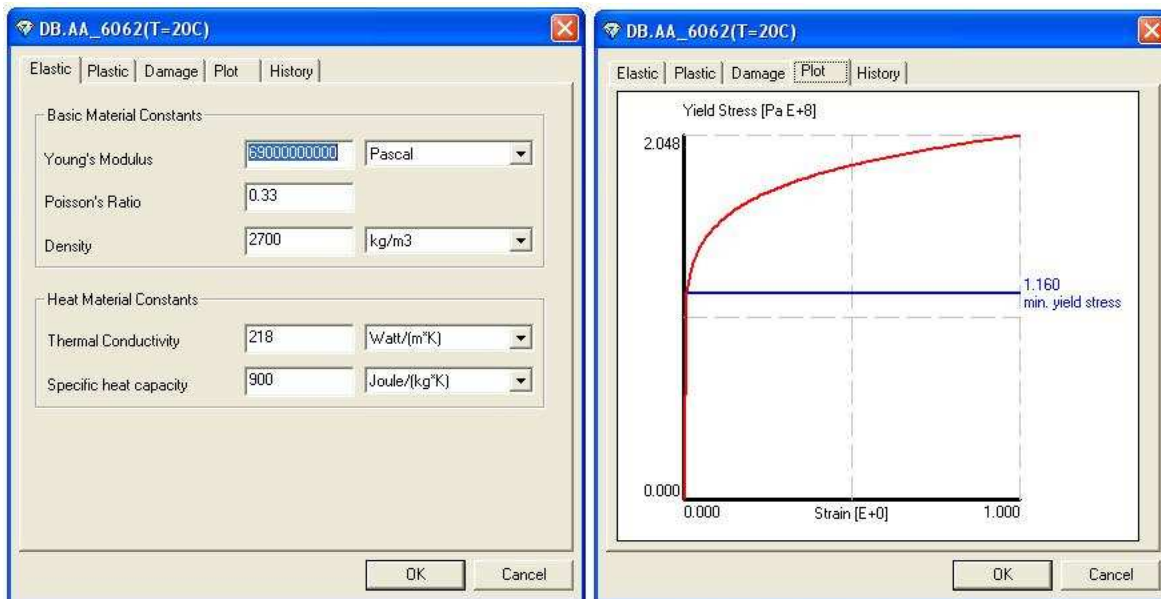
Kada izaberete tip prese, treba popuniti tabelu. U zavisnosti od tipa prese definisacete vrijeme/hod i odgovarajuće translatorne i ugaone brzine/hod i odgovarajućem momentu/poziciji. Kada popunite svih 5 polja aktivirajte opciju "Add" i podaci će se pojaviti u tabeli. Ovaj korak ponovite onoliko puta koliko vam je potrebno da definišete presu. Ukoliko želite da promenite neke od unetih podataka kliknite na red koji želite da promenite, promenite vrednosti, a zatim kliknite na opciju "Modify". Takođe možete obrisati željeni red opcijom "Delete". Klikom na opciju "Read" ili "Write" možete učitati odnosno sačuvati tabelu za Tabular motion presu u .csv formatu. Na slici 6. prikazano je podešavanje Tabular motion prese za proces simulacije zavarivanja aluminijumski legura trenjem. Princip popunjavanja: Obzirom da je ugaona brzina 125mm/min odnosno 2.0833mm/s, a hod po z pravcu 6.8 mm, u drugom redu upisana vrijednost od 3.264 (sekunde). Množenjem brzine u sekundama sa brojem sekundi lako dobijamo željeni hod. Predznak minus znači da se alat kreće u smjeru suprotnom od pozitivnog smjera z ose.

- Pri simulaciji zavarivanja korišćenjem metode konačnih elemenata (FE) korišćena su dva priprema istih dimenzija. Simufact nudi opciju importovanja samo jednog priprema. Drugi pripremak predstavlja deformabilna matrica. Nakon unošenja matrice opcijom „Insert - die“, njenim aktiviranjem, a zatim desnim klikom miša treba odabrati opciju „DieType“ » „Deformable Die“. Prikaz ovog postupka prikazan je na slici 7.



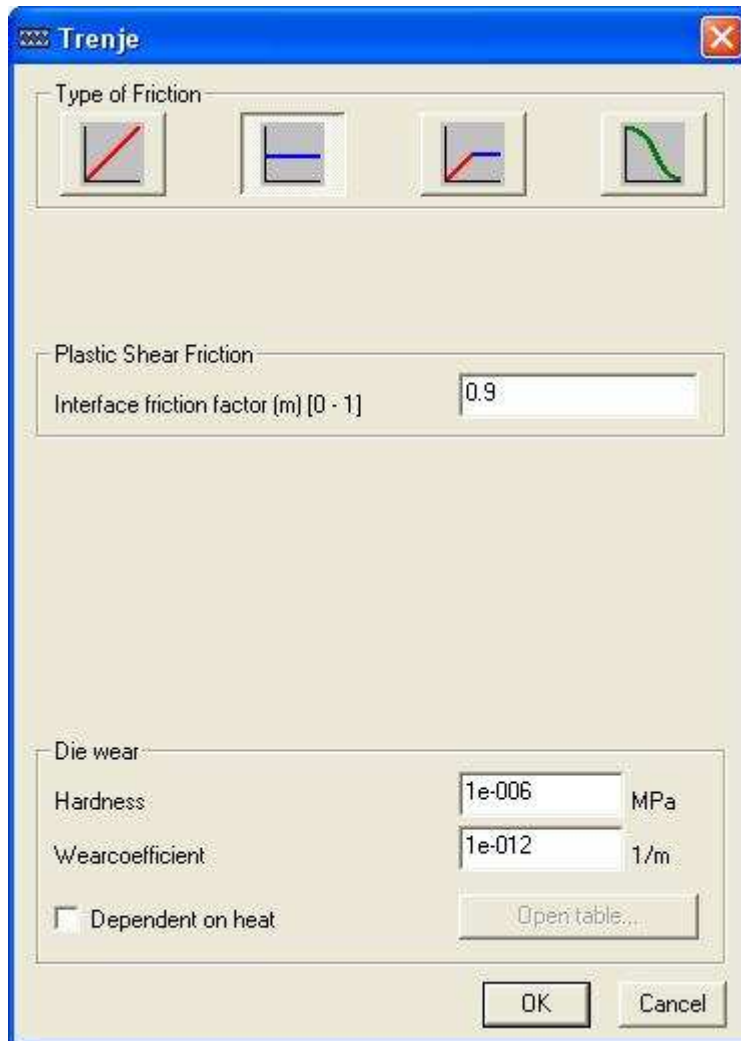
Slika 7. Izbor deformabilne matrice – drugog priprema

- Osobine materijala priprema prikazane su na slici 8.



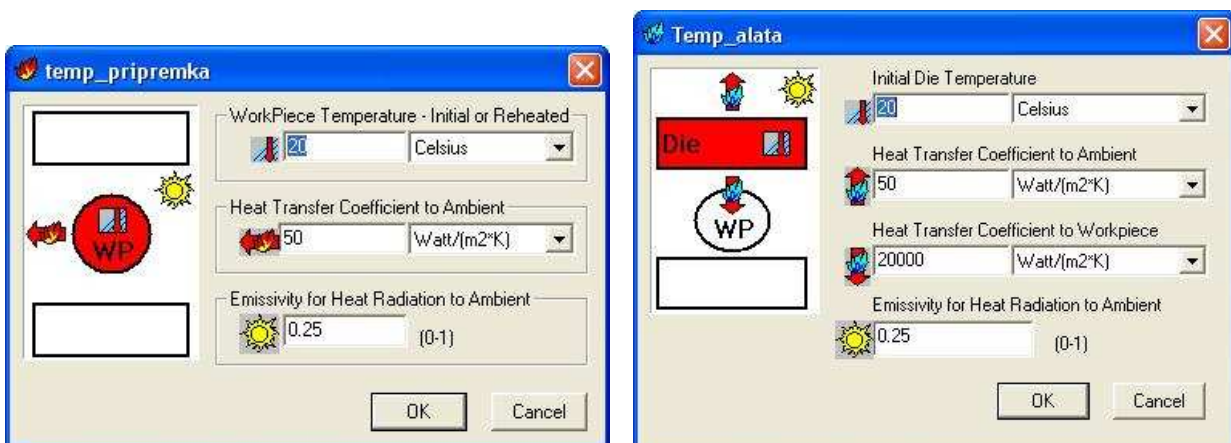
Slika 8. Osobine materijala priprema

- Trenje je konstantno, faktor trenja $m = 0.9$ (slika 9.)



Slika 9. Definisane modela i koeficijenta trenja

- Softver omogućava detaljno podešavanje toplotnih dejstava koja se javljaju u toku procesa. Na slici 10. prikazani su prozori u kojima se definišu temperature alata i radnog komada, transfer toplote između elemenata u kontaktu i koeficijent predaje toplote okolini.

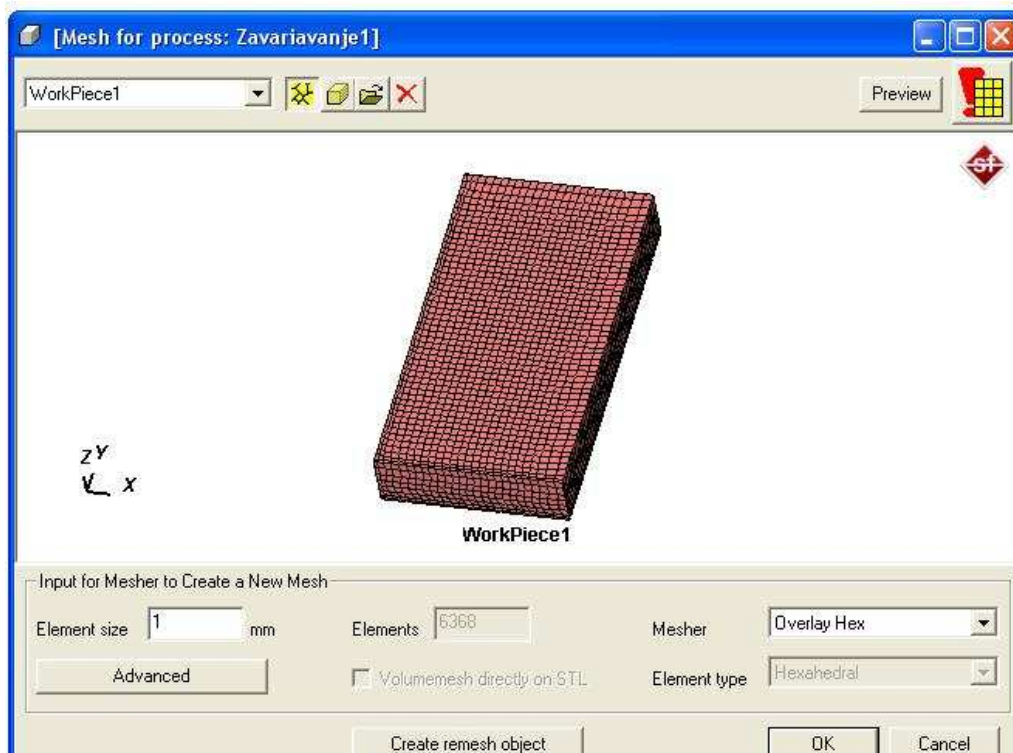


Temperatura priprema

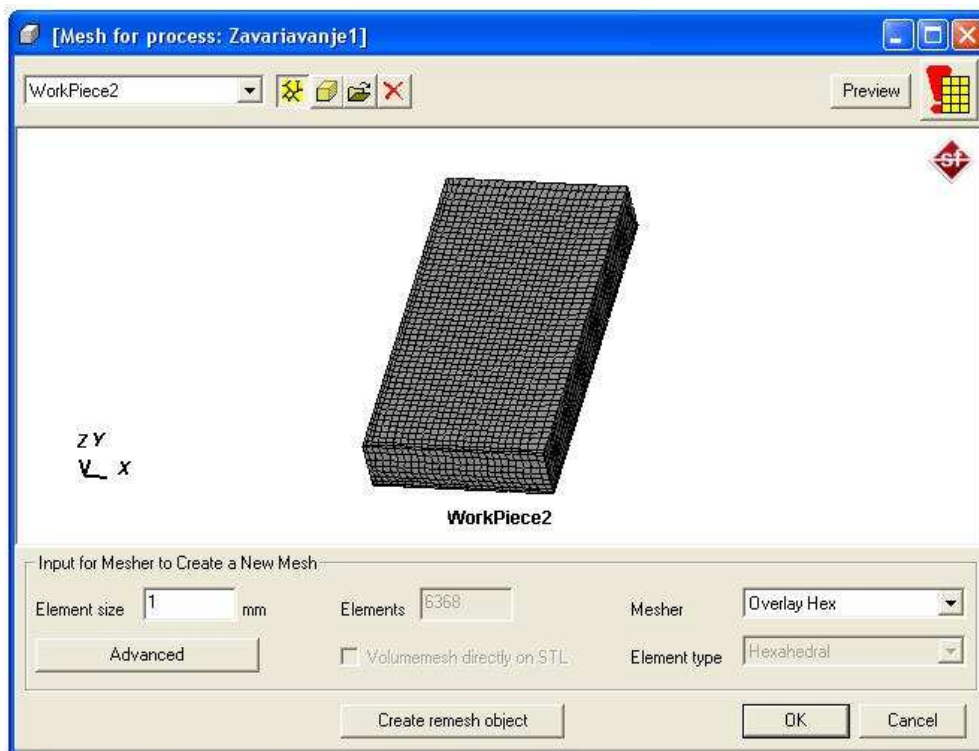
Temperatura alata

Slika 10. Definisane temperatura alata i radnog komada

- U opciji Mesh (Mreža) vrši se kreiranje mreže radnog komada, odabir veličine elemenata, tip elemenata. Zadana veličina elementa je 1 mm, broj elemenata je automatski proračunat, a Mesher je Overlay Hex.

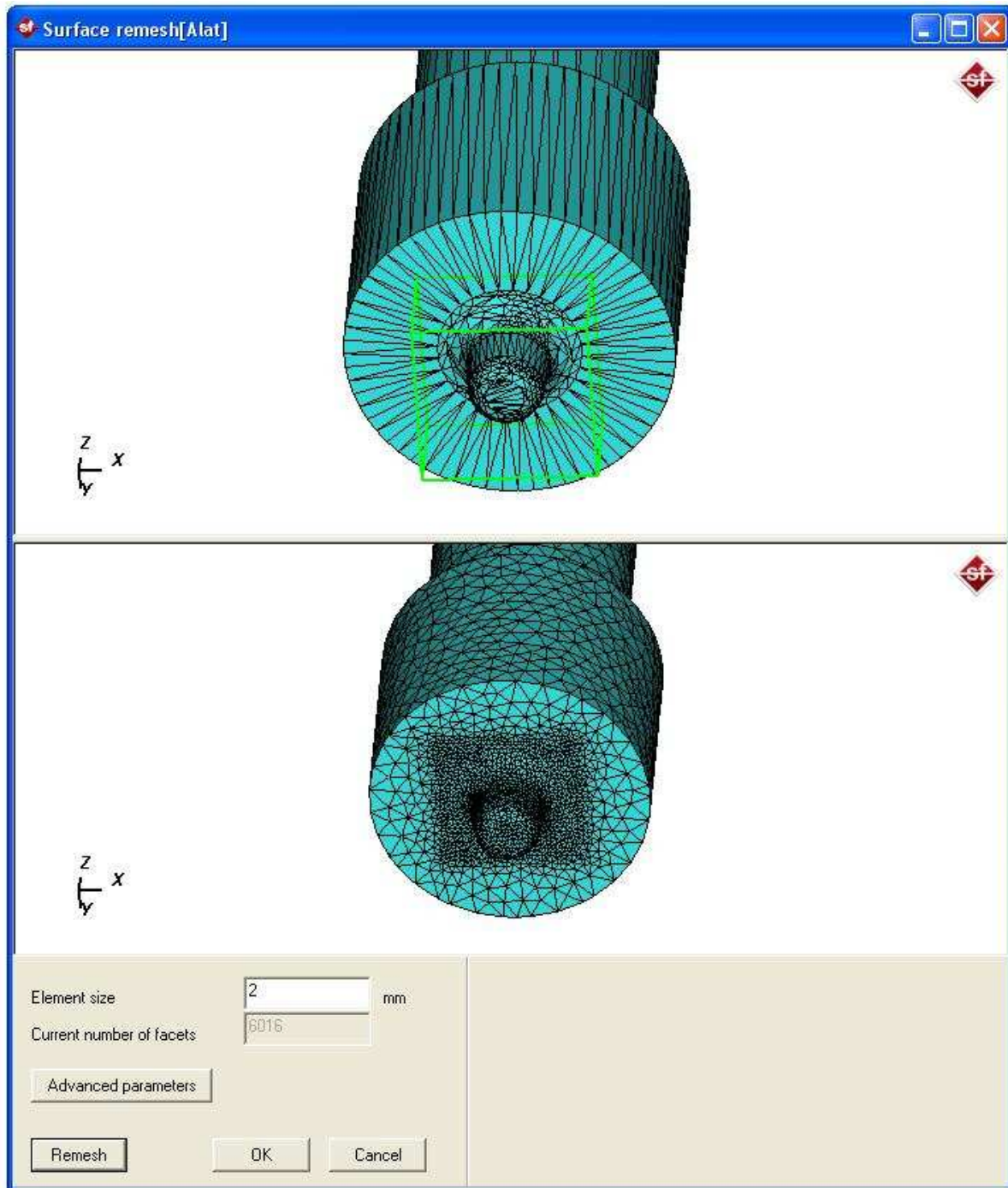


Slika 11. Mesh prvog pripremk



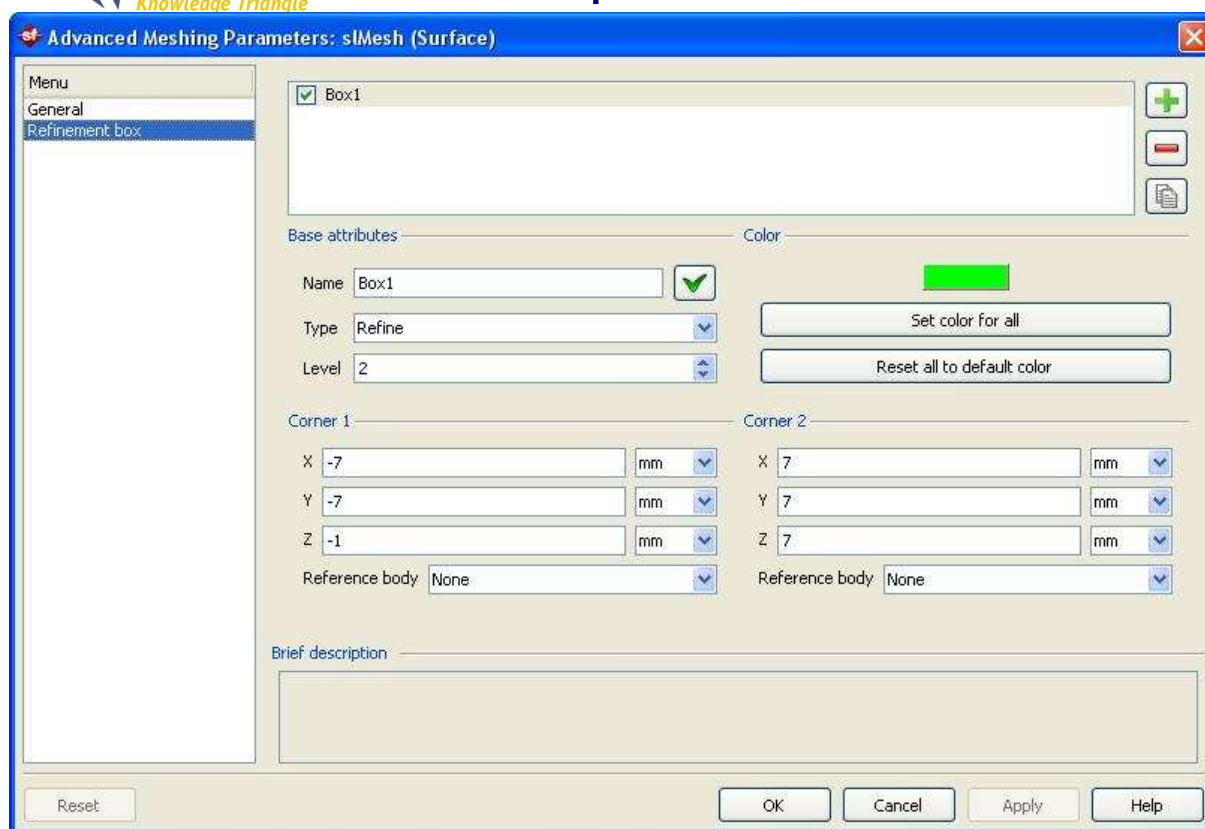
Slika 12. Mesh drugog pripremk

- Urađen je *Surface remesh* alata, zbog složenosti njegove gravure odnosno kako bi se pravilno formirala mreža konačnih elemenata.

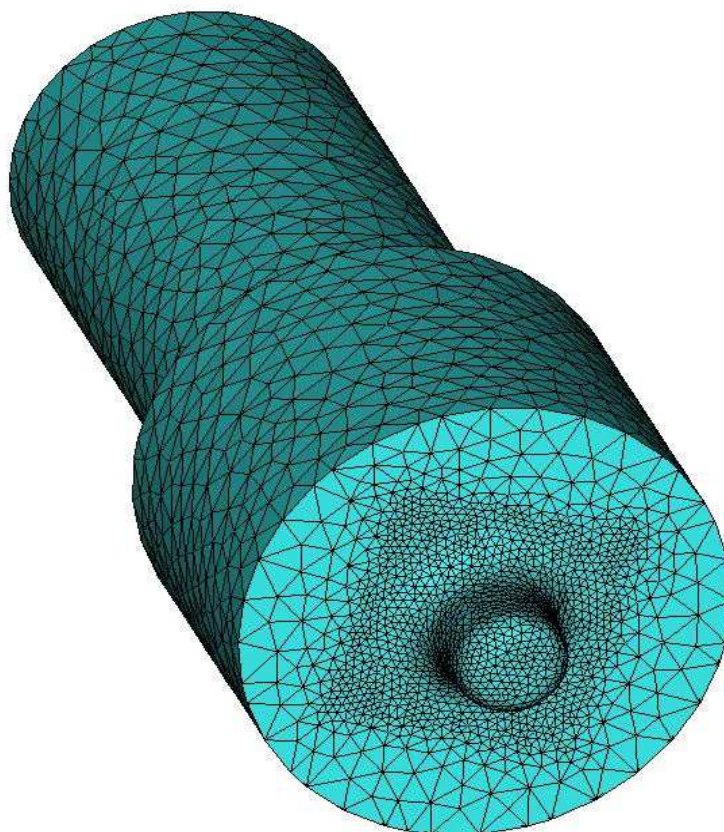


Slika 13. Suface Remesh alata

Lokalno usitnjavanje vršimo klikom na opciju „*Advancet parameters*“, pa opcijom „*Refinement box*“. Parametri Refinement boxa prikazani su na slici 14.

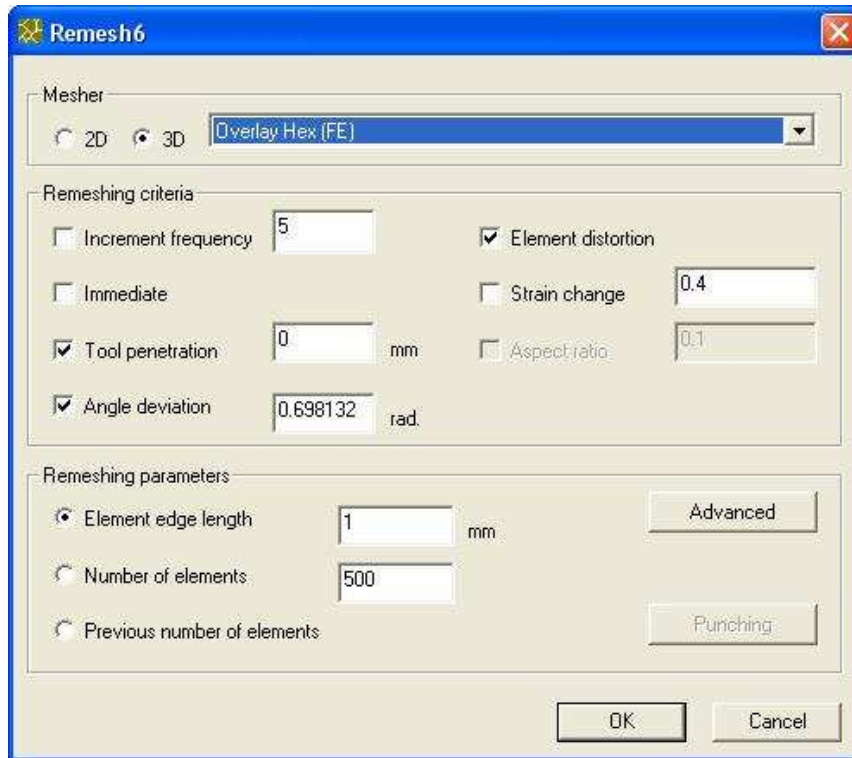


Slika 14. Refinement box Surface remesh-a

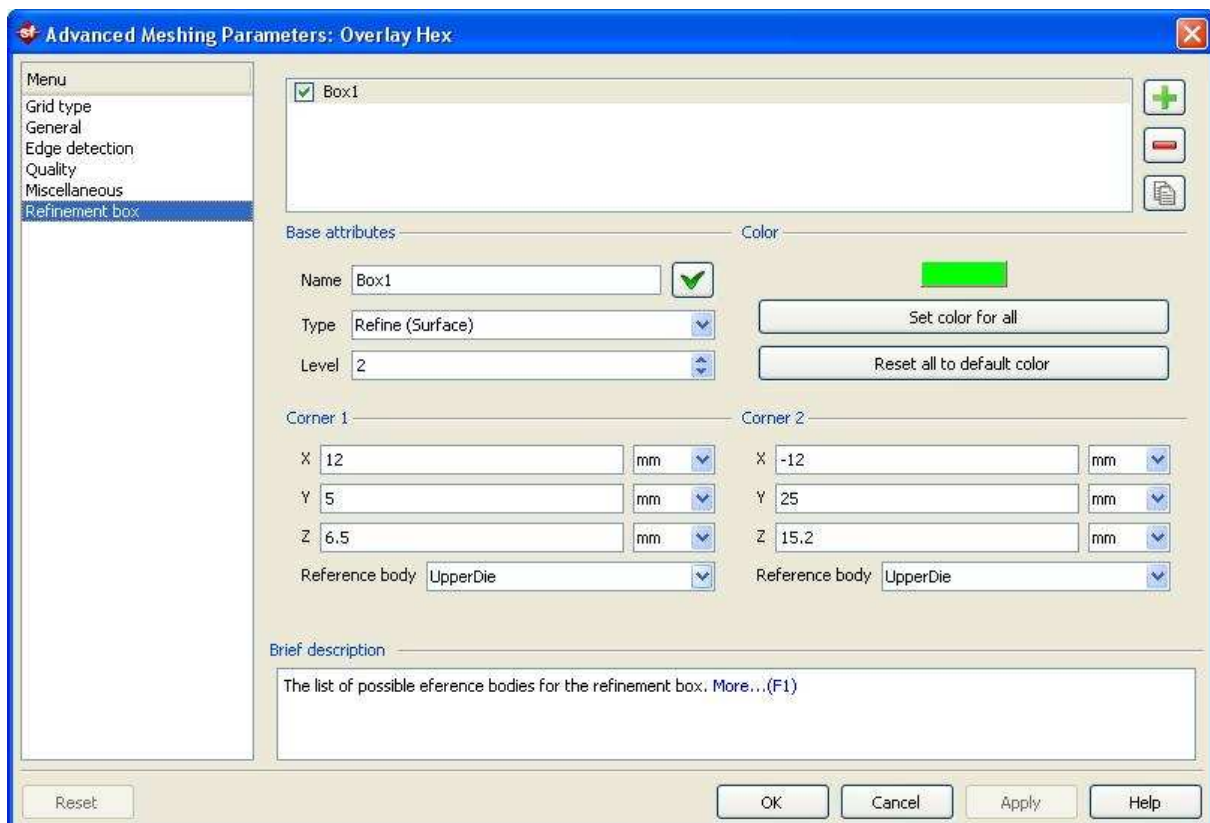


Slika 15. Izgleda alata nakon Surface remesh-a

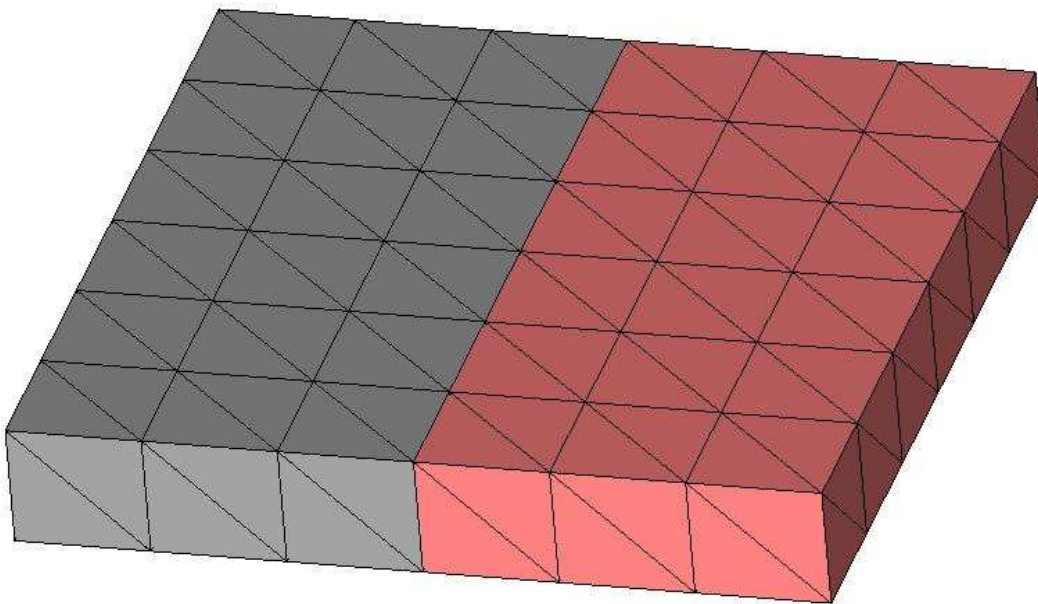
- *Remeshing* (Premrežavanje) - definišu se kriterijumi (uslov premrežavanja) i parametri (karakteristike nove FE mreže koja se generiše), slika 16.



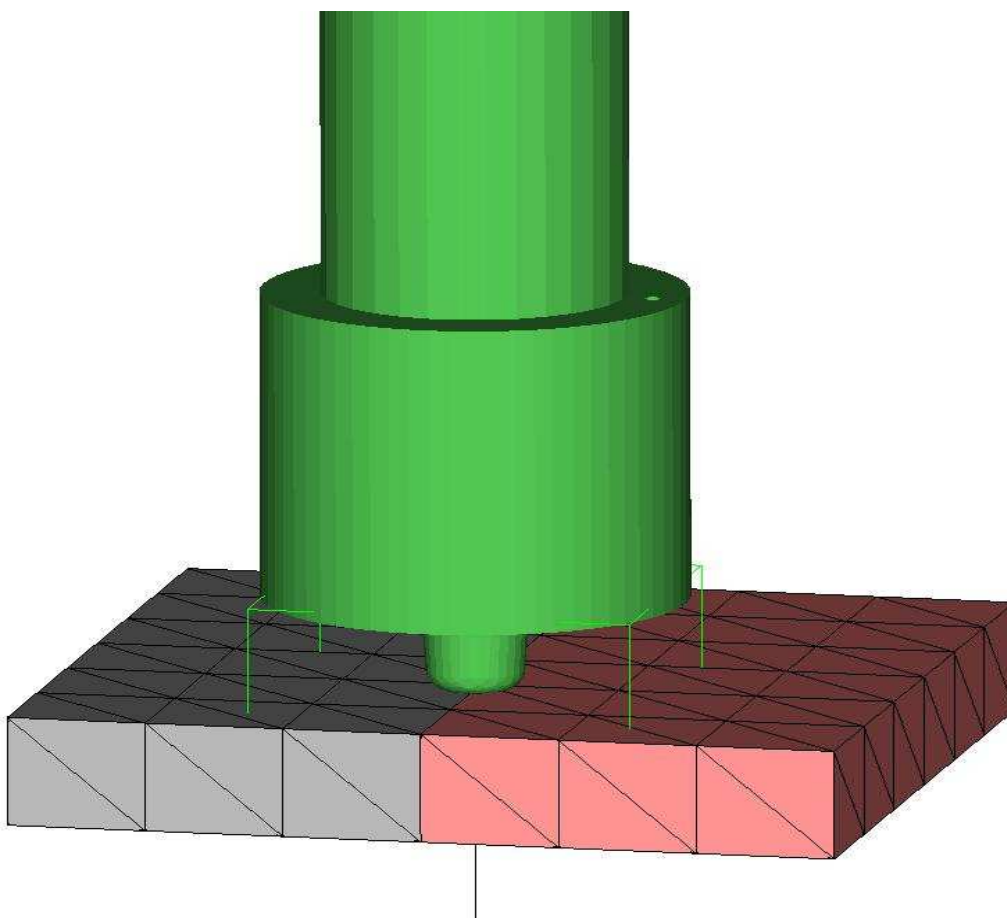
Slika 16. Definisiranje parametara Remesh-a



Slika 17. Definisiranje Refinement Box-a za remesh

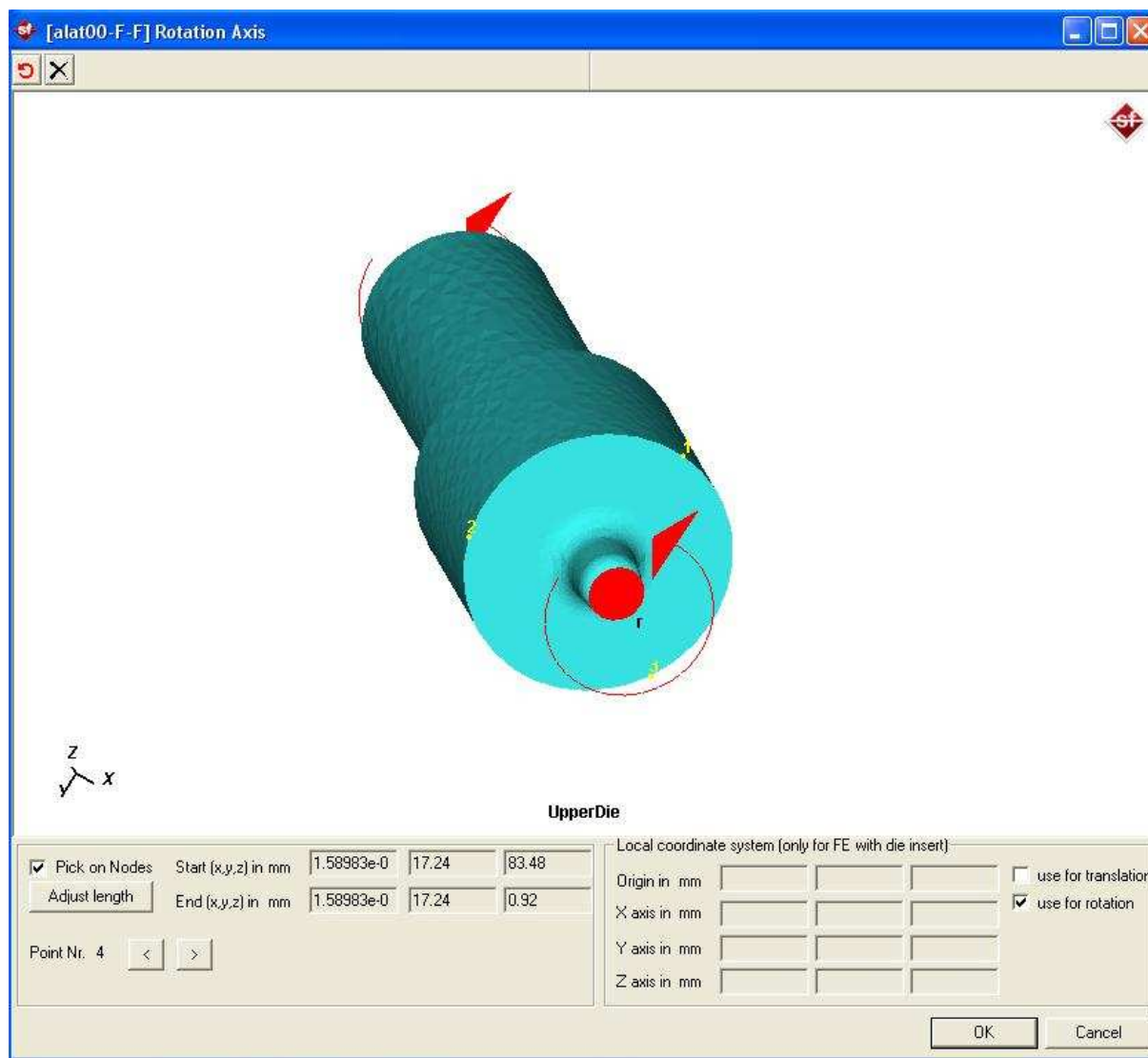


Slika 18. Prikaz radnih komada



Slika 19. Prikaz radnog skolopa (bez prikaza ploče)

- Takođe je potrebno izvršiti definisanje ose rotacije za alat. Desnim klikom miša na alat u stablu procesa i odabirom opcije „Rotation Axis/Local System...” pojavljuje se sledeći prozor (slika 19.).



Slika 19. Definisanje ose rotacije

Kada je aktivna (čekirana) opcija „Pick on Nodes“ odabirom tri tačke na modelu definišete željenu površinu. Odabir tačaka vrši se lijevim klikom miša, a ukoliko želite da opet selektujete neku od tačaka opcija (<) omogućava vam taj korak. Ukoliko opcija „Pick on Nodes“ nije aktivna koordinate tačaka unosite sami. Naravno, u oba slučaja treba odabrati tri tačke koje opisuju krug (kao i na slici). Klikom na opciju „Adjust length“ dužina ose rotacije se podešava automatski, i tada je njena dužina za oko 10% veća od dužine modela.

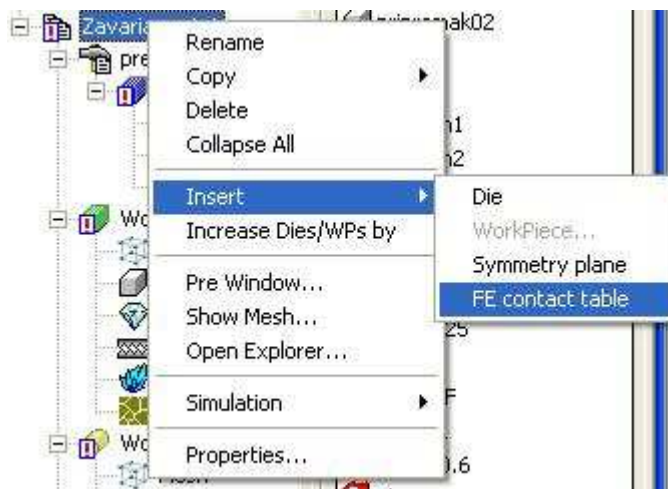
Klikom na opciju , koja se nalazi u gornjem lijevom uglu, menjate smjer rotacije, dok klikom na opciju brišete postojeću osu rotacije.

- Definisanje kontakt tabele

Ova opcija omogućava zadavanje detaljnih informacija o interakciji između tijela u kontaktu (djelova i alata). Ukoliko ova opcija nije aktivirana, pri analizi kontakata svako tijelo će pronalazati tijelo sa kojim je u kontaktu, a imaće kontakt i sa samim sobom ukoliko je fleksibilno (meže podneti velike deformacije). Kada uključite kontakt tabelu sami definišete tip i vrstu kontakta između tijela u kontaktu. Tijelo nije u kontaktu sa samim sobom ukoliko to ne zadate. Kontakt tabela je korisna jer preko nje možete aktivirati odnosno deaktivirati određena tijela iz kontaktinih parova kako biste smanjili vrijeme proračuna pri analizi ili pri procesima koji imaju više faza (operacija) sa različitim interakcijama između tijela.

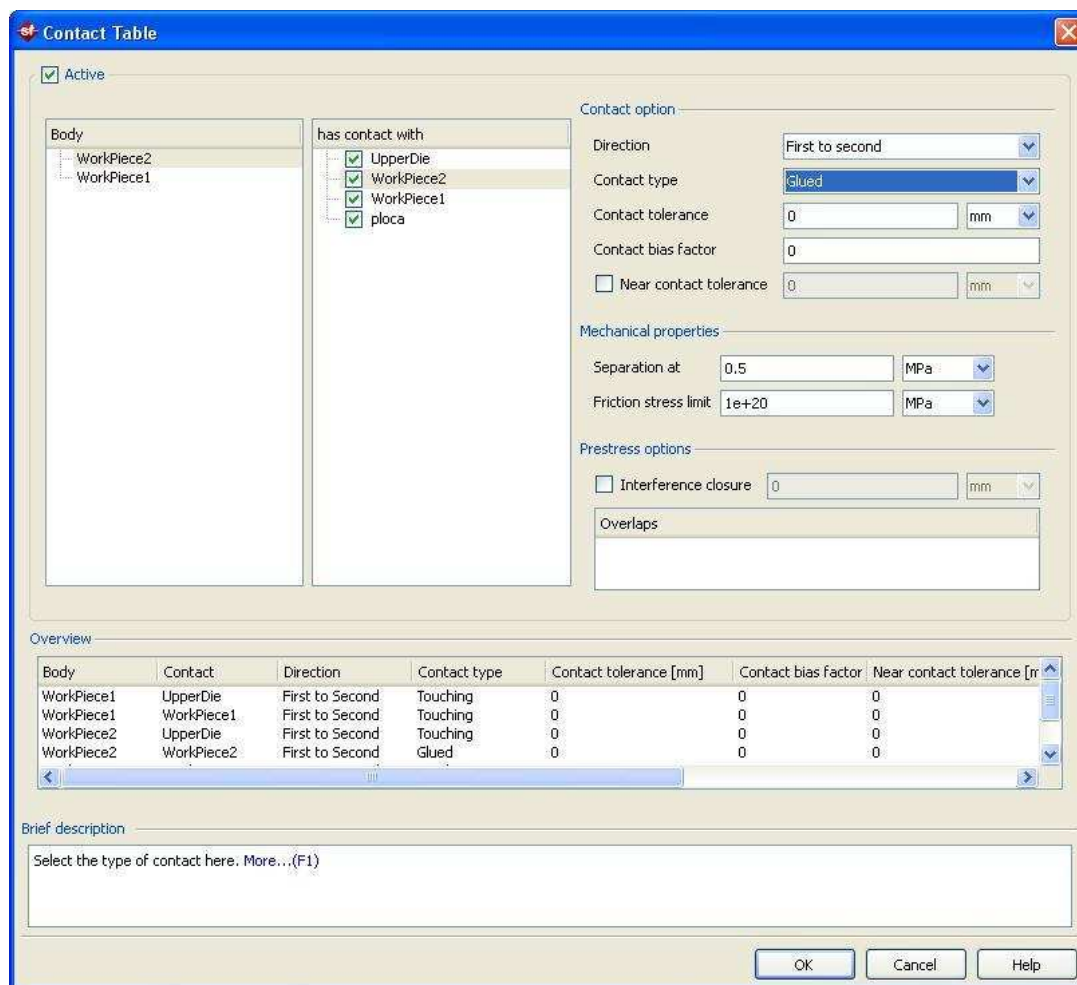
Kontakt tabelu unosimo na sledeći način:

-Desnim klikom na proces » *Insert* » *FE contact table*



Slika 20. Način unošenja kontakt tabele

Nakon unošenja kontakt tabele otvara se sledeći prozor:



Slika 20. Definisanje kontakt tabele za drugi pripremak

Možete aktivirati odnosno deaktivirati kontakt tabelu pomoću boksa za čekiranje koji se nalazi u gornjem lijevom uglu.

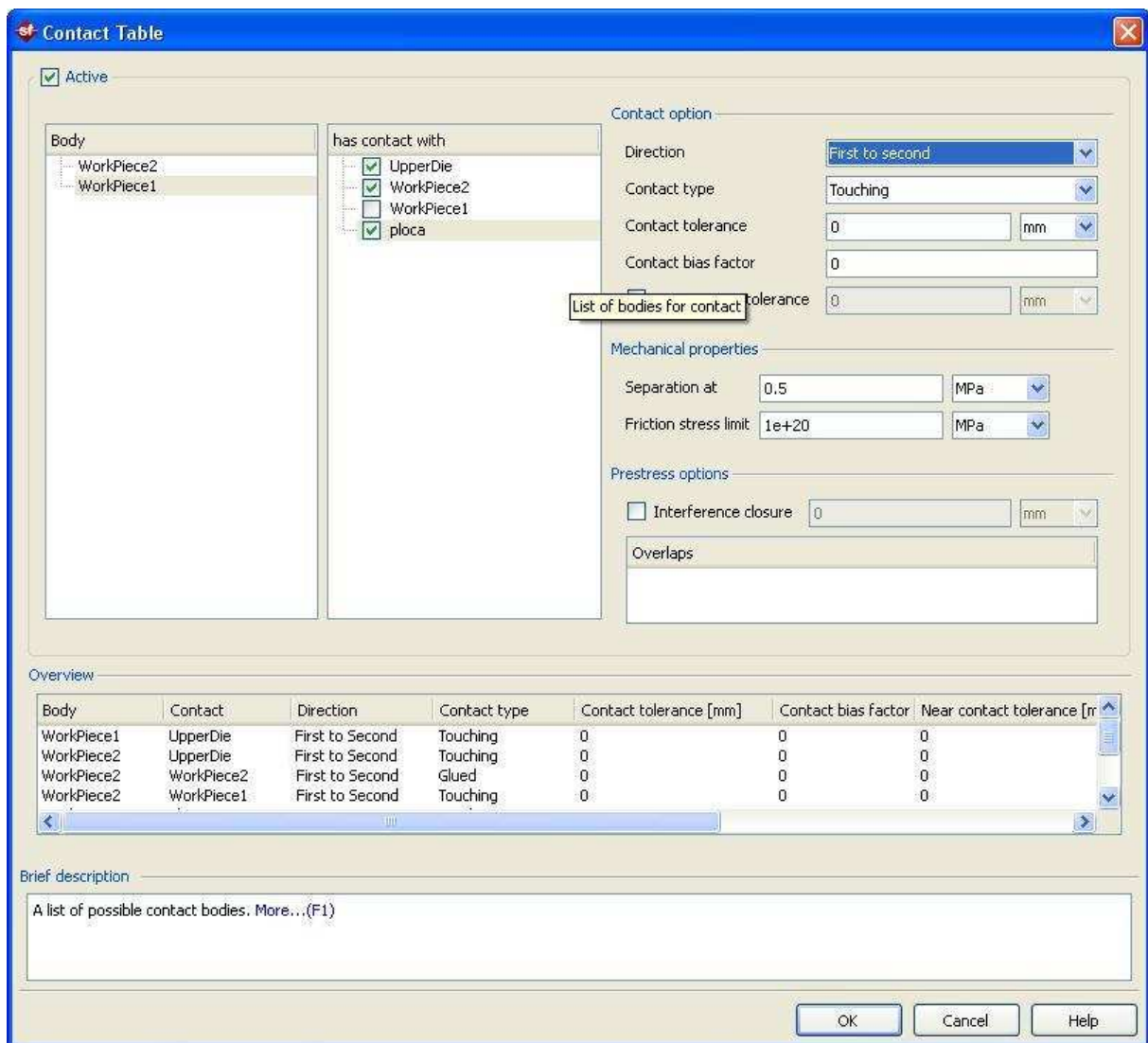
Sa lijeve strane nalazi se lista „Body“ i u njoj su prikazana sva tijela u kontaktu (radni komadi u kontaktu). Lista pored „has contact to“ prikazuje dostupna kontakt tijela (djelove alata) za selektovano tijelo (radni komad). Jednostavnim čekiranjem definišite koja tijela su u kontaktu. U listi „has contact to“ su prikazane i ravni simetrije.

Sada se vrši izmena kontaktnih opcija, koje se nalaze u desnoj strani prozora.

- From body – ovo je prvo tijelo u kontaktnom paru
- To body – ovo je drugo tijelo u kontaktnom paru
- Direction – označava pravac kontakta (First to Second, Automatic)
- Contact type – tip kontakta (Touching, Glued)

Treba napomenuti i opciju „Separation at“ u kojoj se definiše vrednost sile nakon čega će se djelovi u kontaktnom paru razdvojiti, dok se u opciji „Friction stress limit“ definiše granična vrednost napona trenja (Friction stress).

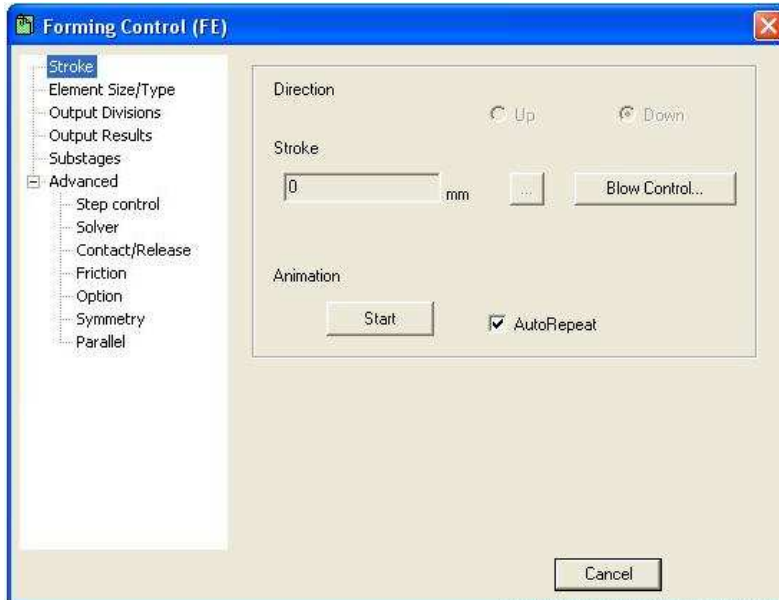
Na kraju u prozoru „Overview“ možemo videti definisane kontakte.



Slika 21. Definisane kontaktne tabele za prvi pripremak

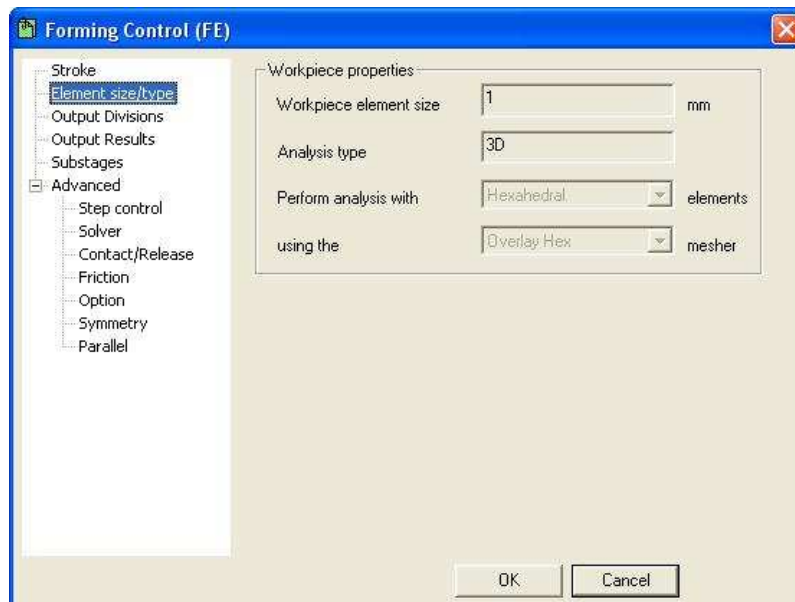
Sa slike 20. i 21. vidimo da je WorkPiece2 (drugi pripremak) u kontaktu sa samim sobom, tip kontakta je „Glued“ (zalepljen), a ova opcija je čekirana jer WorkPiece2 imortovan na mesto deformabilne matrice.

- Podešavanje **Forming Control** parametara: Nakon podešavanja parametara procesa, potrebno je podesiti parametre simulacije. Simbol „*Forming control*” automatski se kreira nakon kreiranja svakog procesa, dakle obavezan je, a sam meni podijeljen je u više tabova, slika 22.



Slika 22. Definisanje hoda alata

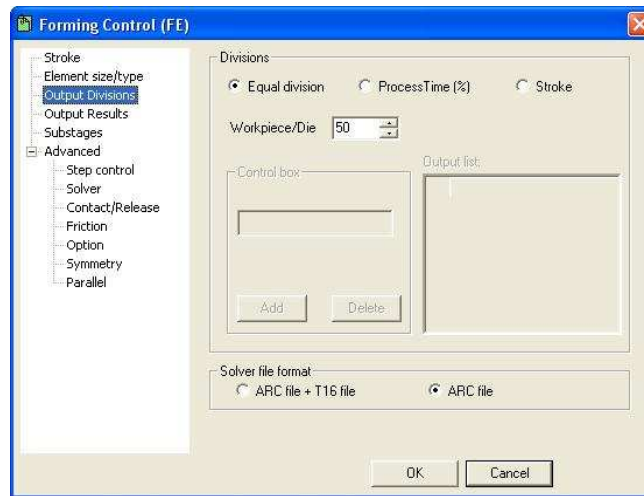
- U tabu **Stroke** smjer dejstva prese može biti definisan kao *up* (naviše) ili *down* (naniže) gledano u odnosu na pozitivan ili negativan pravac Z ose. Dugme *Blow Control* otvara modalni dijalog sa dodatnim opcijama koje se odnose na presu u procesu. Matrica *Stroke* nam nije potrebna jer smo kretanje alata izvršili podešavanjem Tabular motion prese



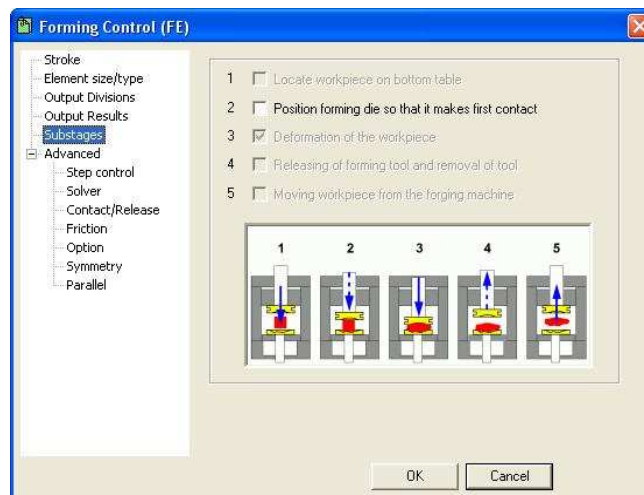
Slika 23. Definisanje veličine i vrste elemenata

- U **Element Size** tabu se globalno podešava veličina FE elemenata alata i radnog komada, kao i njihov maksimalni broj po dijelu. Pošto je prethodno definisana *remeshing* zona za radni komad, remesh parametri imaju prioritet nad globalnim koji su definisani u element size opciji (ali samo za elemente koji ispunjavaju postavljene uslove). Veličina elementa je 1 mm, tip je Hexahedral, a mešer Overlay Hex, slika 23.

Na slici 24. definisan je broj rezultata, u našem slučaju 50.

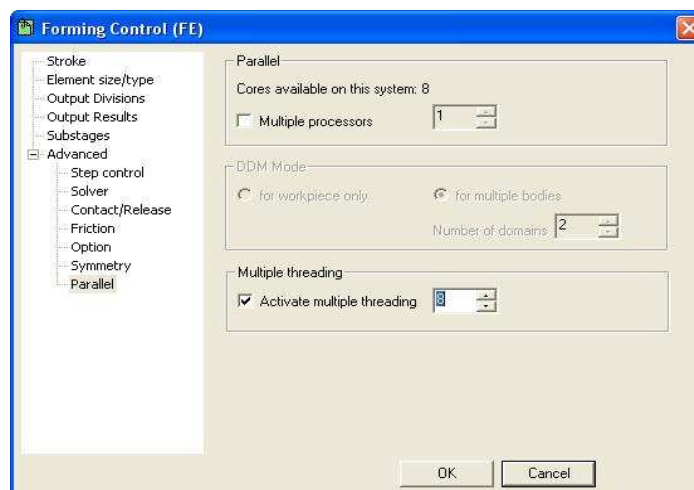


Slika 24. Podešavanje Output Divisions kartice



Slika 25. Substages

U opciji *Advanced* vrše se složenija i detaljnija podešavanja procesa simulacije kao što su kontrola koraka pomijeranja, podešavanje i odabir solvera problema, podešavanja kontakata, trenja i simetrije problema. Na slici 26. prikazano je kako se vrši uključivanje više procesora koji će vršiti simulaciju.



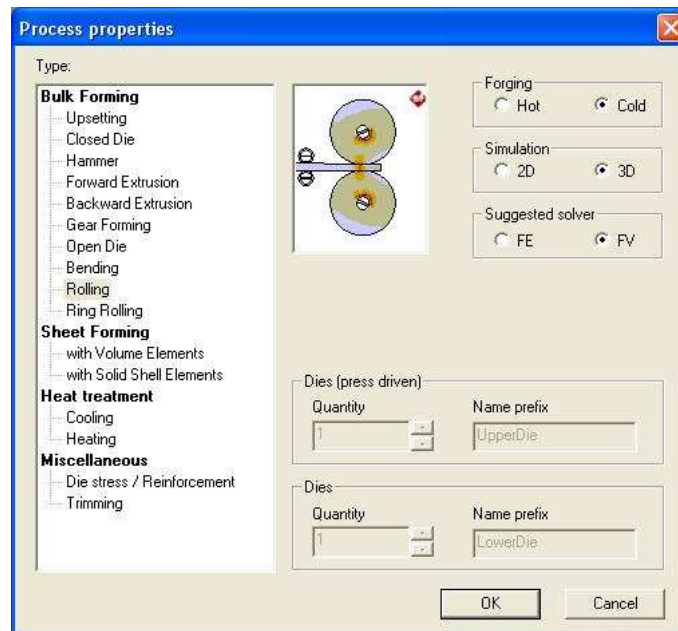
Slika 26. Aktiviranje paralelnog procesiranja

2.2.1. Rezultati FE simulacije zavarivanja

Simulacija zavarivanja aluminijuma trenjem primjenom FE metode nije uspjela i pored brojnih varijacija vezanih za trenje, parametre remesh-a, veličine elemenata, parametara kontakt tabele itd. Zato se pristupilo simulaciji zavariavanja aluminijuma trenjem primjenom FV metode. Razlog zašto se odmah nije krenulo sa FV metodom je to što nije moguće imati dva priprema, odnosno nije moguće ubaciti matricu i postaviti je za deformabilnu.

2.3. FV simulacija zavarivanja

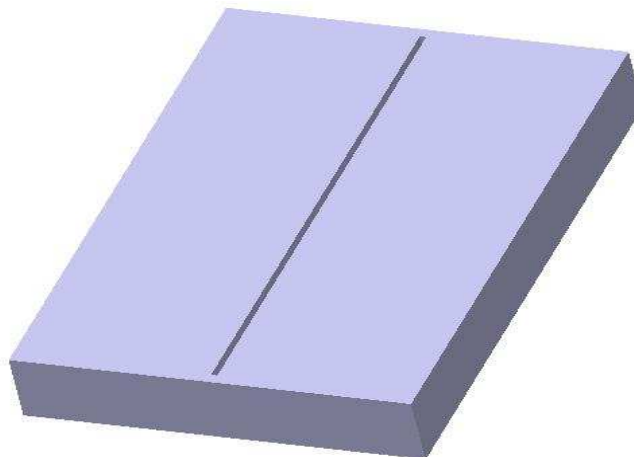
- Na početku simulacije definišu se parametri vezani za vrstu procesa, kao što je prikazano na slici 27.



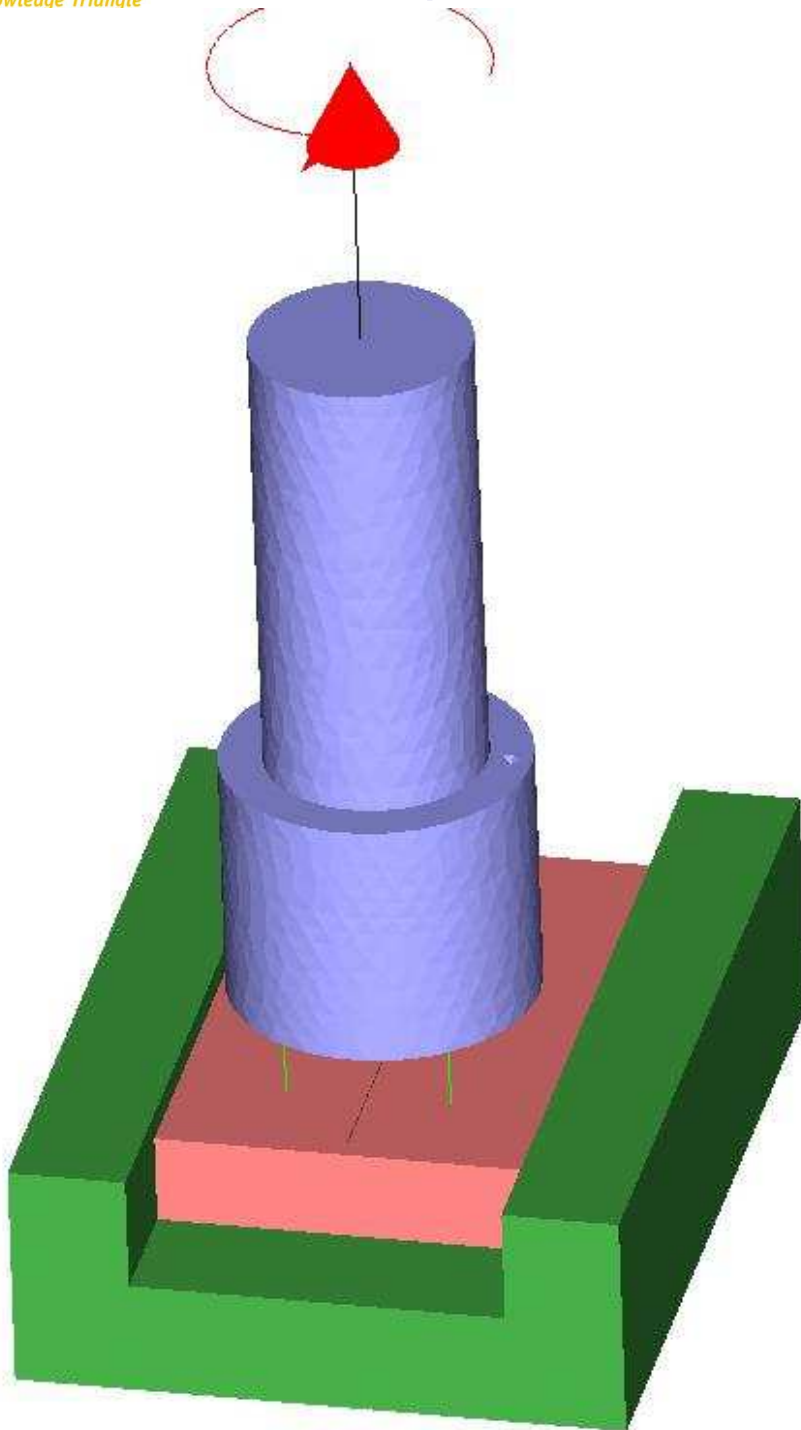
Slika 27. Vrsta procesa

- Tip procesa – valjanje
- Obrada – u hladnom stanju
- Vrsta simulacije – 3D
- Solver – FV (Metoda konačnih zapremina)

Kao što je i rečeno, u odnosu na FE analizu promijenjen je pripremak. Izgled priprema prikazan je na slici 28., dok je izgled radnog sklopa prikazan na slici 29. Veličina zazora u pripremu je varirala od 0.1 do 0.5 mm.



Slika 28. Pripremak

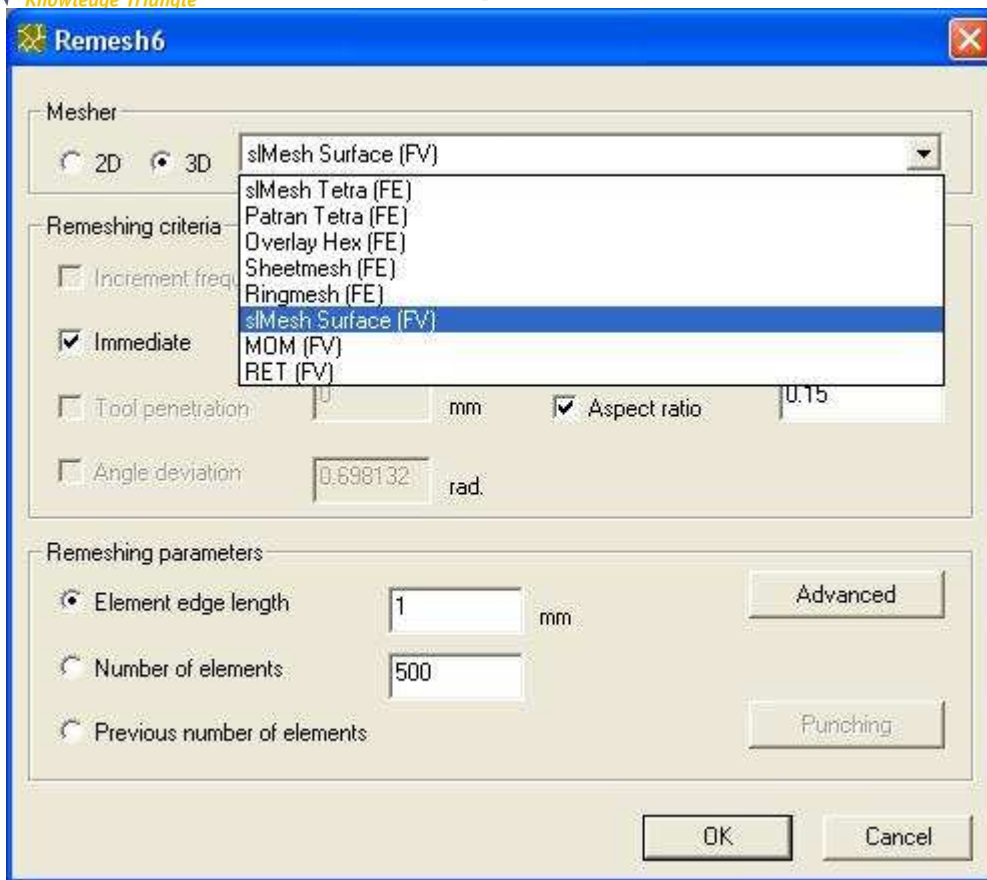


ZavariavanjeFV6saRemesh1

Slika 29. Radni sklop pri FV simulaciji zavarivanja trenjem

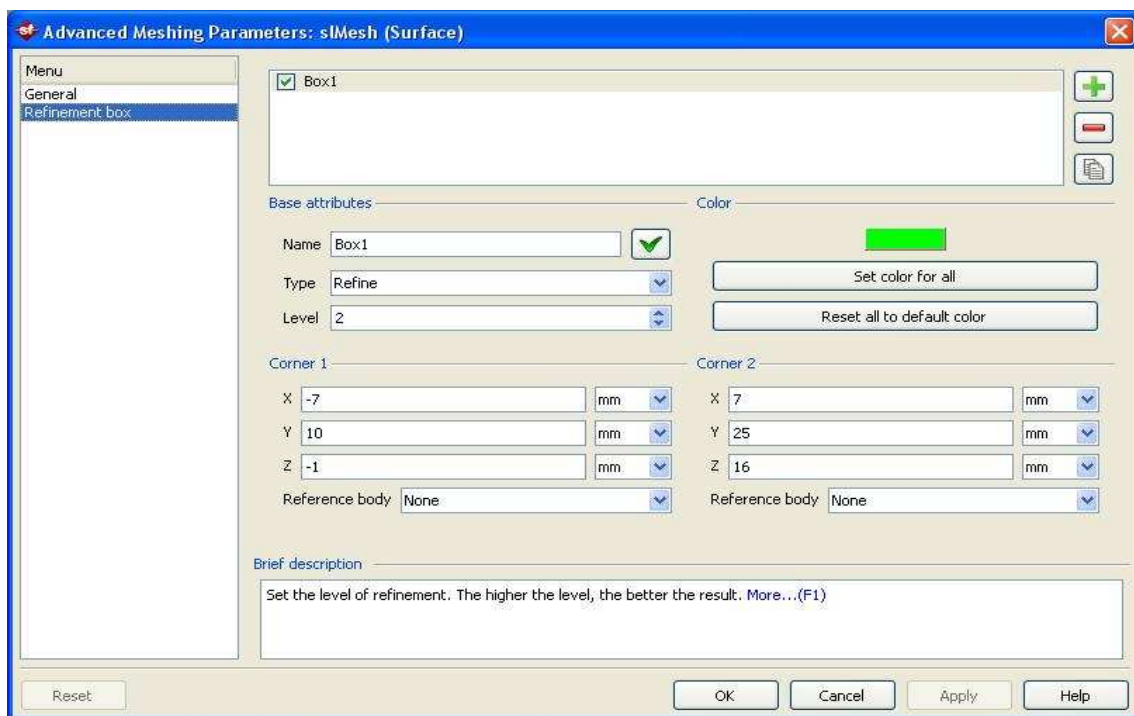
Naravno, ostali ulazni podaci su isti kao i pri FE simulaciji.

- U novijim verzijama Simufact-a moguće je koristiti opciju „*Remesh*“ i pri FV analizi. Na slici 30. Prikazano je definisanje parametara i kriterijuma za Remesh. Mesher je siMesh Surface (FV), veličina elemenata 1 mm. Remesh nije korišćen u svim pokušajima simulacije zavarivanja.

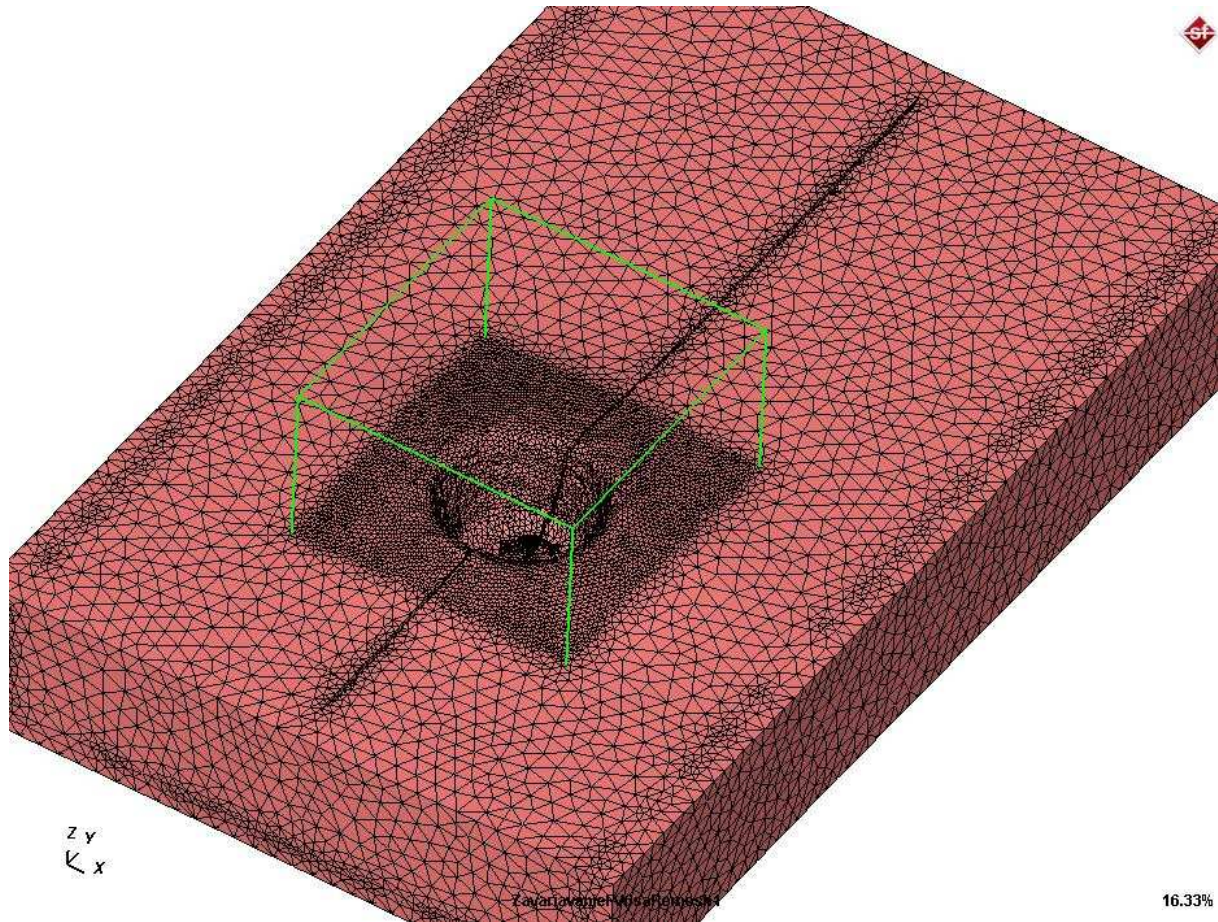


Slika 30. Definisiranje Remesh-a

- Definišan je i Refinement box, mjesta (boks) gdje se po potrebi tj. zadatim kriterijumima radi usitnjavanje mreže - *Remeshing*.

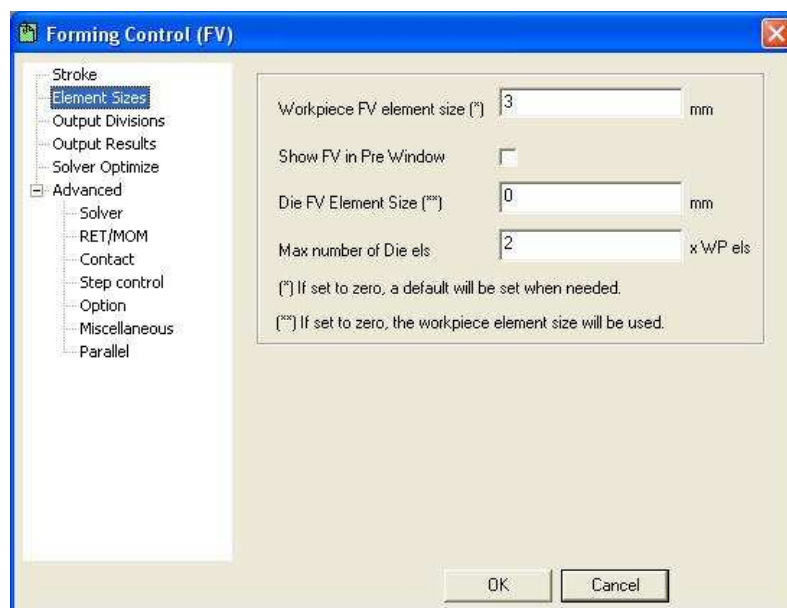


Slika 31. Definisiranje Refinement Box-a za remesh



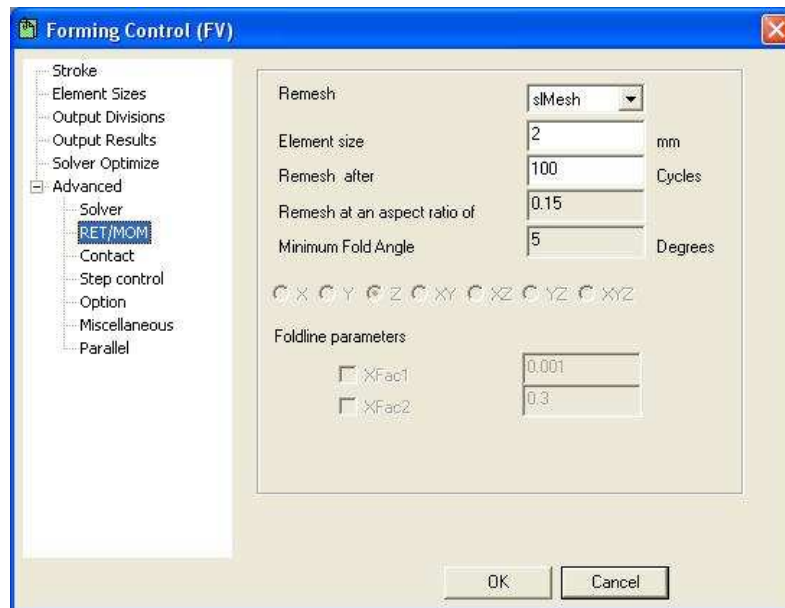
Slika 32. Refinement box u procesu simulacije

- Definisanje **Forming Control** parametara:



Slika 33. Definisanje vrste i veličine elemenata

- Veličina elemenata je 3 mm.

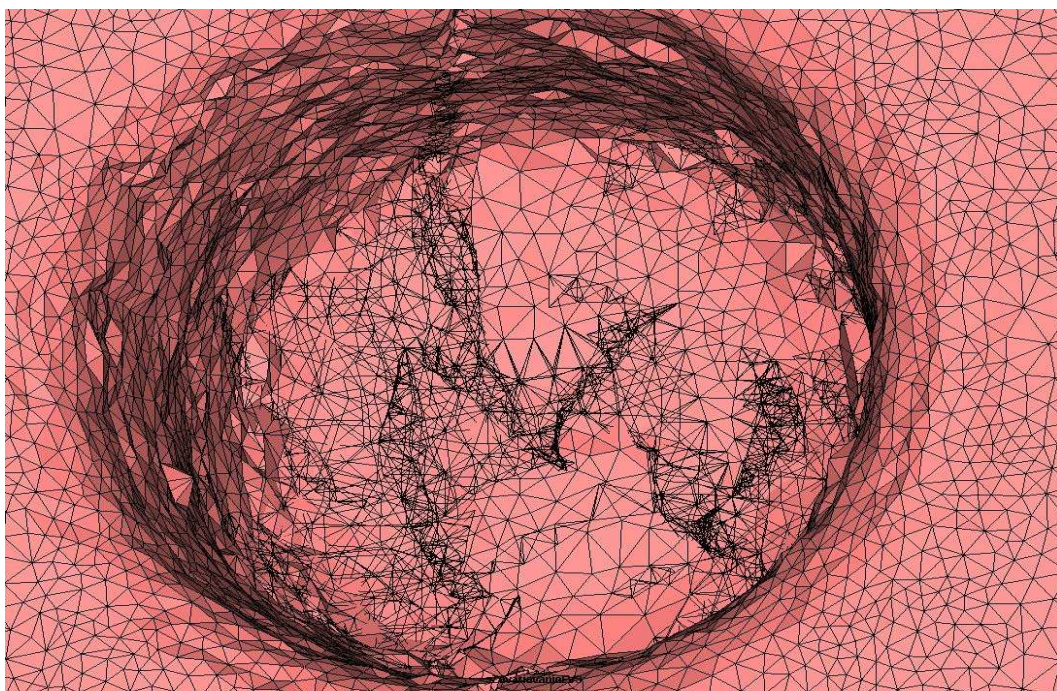


Slika 34. Definisane RET/MOM kartice

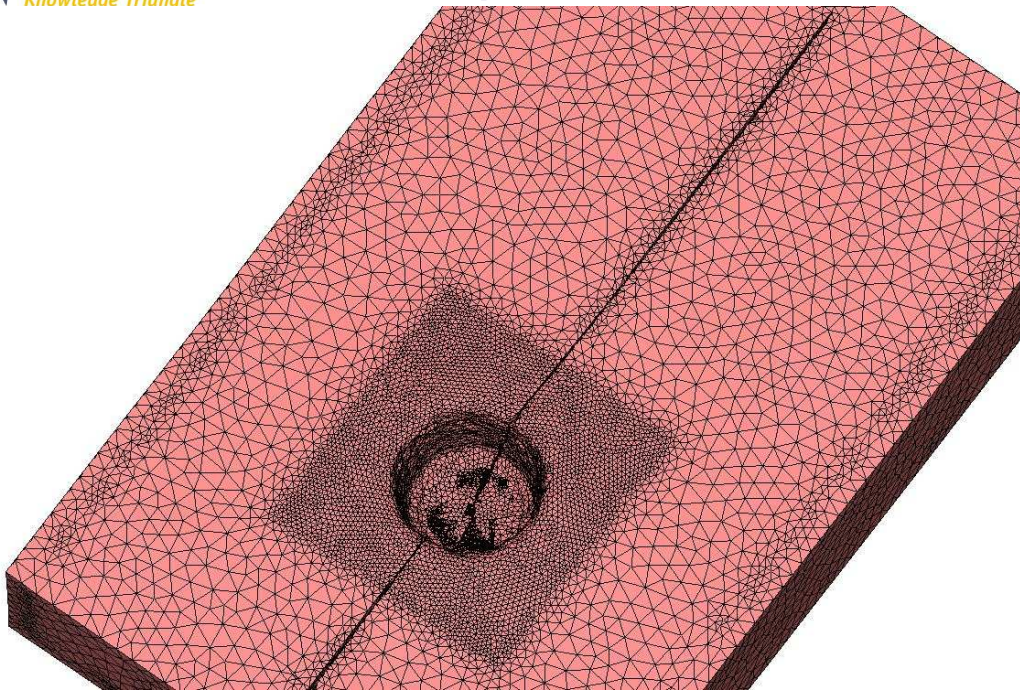
Za remesh je izabren slMesh, veličina elementa je 2 mm, a remesh se vrši nakon 100 ciklusa.

2.3.1. Rezultati FV simulacije zavarivanja

Za razliku od simulacije metodom konačnih elemenata, simulacijom konačnim zapreminama (FV metodom) dobijeni su određeni rezultati. Razlog zbog koga su simulacije završavale sa greškom na manje od njene četvrtine je vjerovatno preopterećenost solvera koja nastaje kada elementi konačnih zapremina (fejseti) počinju da se miješaju, slika 34. i 35. Dolazilo je do izletanja fejseta, takođe zbog preopterećenosti solvera pri mešanju fejseta, a to se može svrstati u numeričku grešku



Slika 34. Mešanje fejseta



Slika 35. Prikaz radnog komada nakon 20% simulacije

7. Reference (maksimum 10)

- [1] Virtuelni inženjering- Dr. Vesna Mandić
- [2] Modeliranje I optimizacija proizvodnih procesa primjenom FE/FV simulacija
- [3] www.wbc-vmnet.rs
- [4] www.ctc.kg.ac.rs
- [5] "Modeliranje procesa zavarivanja aluminijumskih legura trenjem primjenom FE/FV numeričkih alata"

8. Zaključci (minimum 1/2 strane)

Za vrijeme koje sam proveo na praksi u Kragujevcu imao sam priliku da se susretnem sa mnogim svremenim tehnologijama koje sam naveo u predhodnom tekstu. Danas Masinski inzinjer mora znati te savremene tehnologije i mora biti u koraku sa njima. Jer ako to ne zna nema onda sta da trazi u tom poslu. Jedan od programa koji je na mene ostavio najbolji utisak je Simofact. Koji se koristi u Automobilskoj industriji, Avio industriji i Astronautici, Idustriji elektrokomponenti za domaćinstvo, ali i Analizi djelova od lima koji se izrađuju u malim radionicama... Takodje mi je veoma drago sto sam imao mogucnosti da se saznam sta je to virtuelni inžinjeriing. Virtuelni inženjering (VE) je napredna tehnologija koja pomaže inženjerima u donošenju odluka i uspostavljanju kontrole u procesu razvoja proizvoda i njegove izrade, koristeći računarsko okruženje za preciznu simulaciju geometrijskih i fizičkih osobina realnih sistema. Takodje sam imao priliku da saznam vise o Rapid prototypingu, CATIA-om, 3D Koordinatna mjerna mašina VC-IP 250 3D CNC itd.

Rapid prototyping je tehnologija brze izrade prototipova, veoma korisna tehnologija za izradu djelova, jer omogućava proizvodjacu da prije nego sto pocne sa serijskom proizvodnjom uoci moguće greske koje bi se kasnije mogle pojaviti.

3D Koordinatna mjerna mašina VC-IP 250 3D CNC omogućava precizno mjerenje djelova, takodje je veoma bitna jer pomocu nje se mogu uocite i najmanje greske kod alata.

Datum: __02.09.2011.____

Mjesto: Kragujevac

Potpis studenta:

Potpis industrijskog mentora:
