

Primena CAD/CAM tehnologije u unikatnoj proizvodnji mašina

Rezime: Ovaj rad nema za cilj prikazivanje prednosti CAD/CAM tehnologije jer je njen uticaj neosporno značajan i to je savremena industrija, odavno pokazala. Fokus ovog rada jeste prikazivanje da se ova tehnologije može implementirati u unikatnoj proizvodnji mašina. Unikatna proizvodnja mašina predstavlja klasičan proces izrade mašine sa tom razlikom što je rešenje mašine, bilo idejno ili konstruktivno, različito od mašine do mašine.

Ključne reči: CAD/CAM tehnologija, unikatna proizvodnja mašina.

Summary: This paper does not aim to show the advantages of CAD/CAM technology because its impact and the undeniable advantage have been proved by modern industry long ago. The focus of this paper is to show that the implementation of this technology can be very important to apply in the unique machinery production. Unique machine production is a classic process of developing machines with the difference that the solution machine, whether a preliminary design or a conceptual solution, is different from a machine to machine.

Keywords: CAD/CAM technology, unique machine production

1. UVOD

Proizvodnja unikatnih mašina, ponekad se može predstaviti kao mukotrpan posao koji na kraju ima to zadovoljstvo da je kreirano nešto novo i drugačije. Drugim rečima, svaka nova mašina je izazov za konstruktora. Međutim, u takvim izazovima preduzetnik mora biti oprezan i realan u sagledavanju da li su te ideje, dovoljno realne i profitabilne. Svaka drugo razmišljane može povesti proizvodnju u krah i gubitak pozicije na tržištu.

* Rad je primljen 10. maja 2010. godine i bio je jednom na reviziji kod autora

** Sednja tehnička PTT škola, Beograd, gobsdoobeograd@ptt.rs

*** OŠ „Sonja Marinković“, Zemun

**** Limar, Zrenjanin

Ovaj rad će imati za cilj jedno malo istraživanje u limarskoj radionici koja već dugi niz godina pravi specijalizovane mašine i alate za obradu lima. Ono što je karakteristično za takvu radionicu jesu sami tipovi tih mašina. Naime, danas na tržištu postoji veliki broj raznih alata i mašina za hladno oblikovanje limova ali i tehnološka rešenja. Mašine koje su unikatnog tipa, odnosno specijalno naručene, imaju jednu osobinu koja može ponekad biti prednost ili mana, a to je cena izrade, koja uvek veća od tržišne cene. Razlog tome su posebni zahtevi koje naručilac ima u vidu uslova rada i režima mašine, potrebne debljine lima kao i izgled profila. Naravno, preduzetnik koji se prihvati takvog posla tu investiciju vidi kao mogući profit, ali sa druge strane pre bilo kakve ponude mora se dobro sagledati ceo investicioni rizik koji nosi ta mašina.

Svako odstupanje od ovog načina razmišljanja može dovesti do toga da mašina kao investicija bude ispod praga rentabilnosti čime nema ni profita. Zato preduzetnik kao posebnu negativnu stranu unikatne proizvodnje mašina, ima upravo kreiranje cene koja mora biti u skladu sa mogućnošću tržišta ali sa druge strane da donese firmi profit. Unikantna proizvodnja mašina sa druge strane predstavlja izazov za sebe jer je svaka mašina poseban projekat i zahteva posebnu analizu potrebnih inputa, vreme izrade, ljudstva i sl. Iskustvo koje poseduju kadrovi u limarskoj radionici, može im pomoći u brzom rešavanju nekih osnovnih parametara. Pod tim parametrima se podrazumevaju sva tehnološka rešenja izrade mašine, rešenja alata i pogonskih vratila koje učestvuju u oblikovanju profila i sl.

Ono što je posebna priča u tome, jeste definisanje nove cene ukoliko naručilac ima posebne zahteve. Iskustvo do sada je pokazalo da svaki naručilac uvek zahteva i neke dodatne elemente koje je potrebno ugraditi u mašinu. Preduzetnik kao ključna osoba svakog posla pri ugovaranju, mora biti čovek od iskustva. To iskustvo pomaže da se naručiocu objasni da se neki standardi moraju poštovati pri konstruisanju mašine.

Takođe, važno je u prvom trenutku predvideti sve moguće konstruktivne probleme pri izradi mašina. Predviđanjem svih mogućih problema, preduzetnik sebi smanjuje mogućnost investicionog rizika i povećava šansu da profit od mašine bude očekivan. U tim slučajevima može pomoći tehnologija odnosno savremeni programi koji omogućavaju lako konstruisanje mašina i svih elemenata, mogućnost sagledavanja svih sklopova gde se mogu na vreme uočiti sve alarmantne situacije. Ovaj rad će posmatrati jednu takvu proizvodnju, koja pored 12 radnika u serijskoj proizvodnji limova, ima i jedan mali tim od tri radnika i jednog inženjera koji učestvuju u izradi mašina. Naravno, preduzetnik kao ključna osoba i donosilac posla, svojim vođenjem organizuje posao šta se radi, kada se radi i ko rad.

2. CAD/CAM TEHNOLOGIJA U KONSTRUISANJU MAŠINA ZA PROFILISANJE LIMOVA

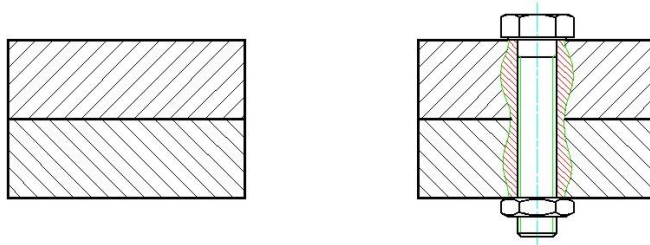
CAD/CAM tehnologija je odavno pristuna na svetskom tržištu i omogućila je vrtoglav raste industrije u celini. Pojavom još 80-tih godina prošlog veka, vrlo brzo

je savremena industrija videla da projektovanje uz pomoć računara ima niz prednosti. Prva i osnovna prednost jeste brzina rada, gde čovek koristeći neki softverski program za CAD modelovanje, može u veoma kratkom vremenskom periodu izraditi veliki broj crteža ne gubeći vreme na neke operative poslove posebno kod izrade crteža.

Tradicionalno konstruisanje, bilo u građevini ili mašinstvu, predstavljalo je spoj veštine, strpljenja i umeća vladanja olovkom, rapidografom, lenjirom ili "kulmanom", danas je zamenjeno mišem i tastaturom. Mora se priznati da je napredak očit u mnogim aspektima. Počnimo samo od nekih osnovnih crtačkim operacija koji su svi mladi inženjeri imali tokom svog školovanja – crtanje šrafura, detalja, preseka, neprestanog crtanja zaglavlja i sl. Danas uz pomoć raznih softverskih alata iz porodice CAD programa takvi poslovi postaju rutinski i kreiranjem šablona konstruktor o njima više i ne obraća pažnju. Tehnike programirane automatizacije tipa CAD/CAM unapređuju kritične parametre proizvodnje (konstrukcione karakteristike, trajanje ciklusa proizvodnje, procenat škarta i sl.) (vidi /3/, str. 257)

Naravno, neko bi mogao reći da su onda inženjeri malo starije generacije, možda veštiji u rukama jer nisu bili robovi današnje računarske tehnologije. Možda su takva razmišljanja i opravdana, jer gledano danas, uz par poteza klikom miša i prave komande svako može iscrtati detaljno lančanic od 1 cola.

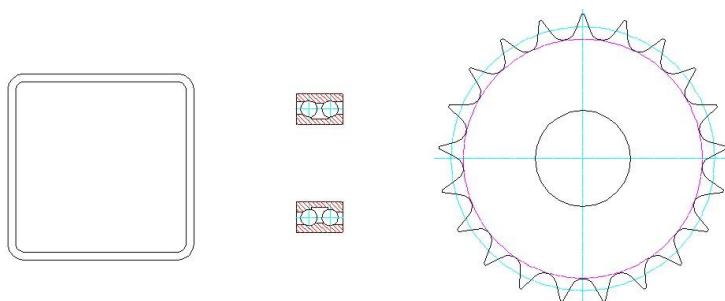
Takođe, CAD programi u svojim bibliotekama imaju veliki broj standardnih delova i elemenata, čijim pozivanjem i ubacivanjem, veoma lako se elementi stavljaju na crtež. Takođe, takvi elementi u sebi sadrže i opciju da se pri implementaciji na crtež koriguju i u potpunosti prilagode mestu gde su ubačeni. Takav očit primer, jest ubacivanje nekog vijčanog elementa u crtež gde je predstavljen presek dve ploče. Tradicionalnim crtanjem, konstruktor bi morao ručno ucrtavati sve elemente vijčane veze od samog, vijka, matice, podloške i sl. CAD programi koji su specijalizovani za mašinsko projektovanje takve operative probleme rešavaju pozivanjem svoje "biblioteke" – *Parts Library*, i odabirom određenih elemenata koji se ubacuju na crtež. Na sledećoj slici može se videti jedan takav primer, gde se u dva poteza mišem u potpunosti i veoma brzo izrađuje jedna vijčana veza.



Slika 1 – Primer kada CAD program omogućava brz prikaz svih elemenata u spoju

Mašinski crteži podrazumevaju da se kod grafičke prezentacije nekih elemenata neke stvari ne crtaju, nego obeležavaju (na primer, zubi kod lančanika), kao i da postoje određena pravila vezano za tehničko izražavanje odnosno tehničko crtanje. Međutim, CAD programi uz pomoć svojih komandi omogućavaju da se grafička prezentacija nekog detalja ili sklopa može veoma detaljno i omogućiti radniku u proizvodnji da mnogo detaljnije i lakše sagleda celu mašinu.

Time se čak omogućava da osoba iz neposredne proizvodnje ne mora baš u potpunosti da poznaje detaljno mašinsko crtanje, niti da ima posebno formalno obrazovanje, jep mu takav crtež daje dovoljan uvid o samoj mašini ili sklopu. Ono što je važno za neposrednog izvršioca je da bude dovoljno stručan i kompetentan da određeni sklop ili deo obradi, izradi i ugradi prema radioničkom crtežu. Na sledećem primeru, dati su neki primeri kada CAD programi omogućavaju da se standardni elementi prostim klikom miša na neku komandu, predstave grafički.



Slika 2 – Primer kada CAD programi omogućavaju ubacivanje standardnih elemenata (kutijasti profil, ležaj u preseku ili izgled lančanika)

Ono što omogućava osobi koja pravi tehničku dokumentaciju, jeste veoma brza izrada kompletnih skica ili crteža po kojima se mogu izvršiti prve operacije izrade. Takođe, ukoliko konstruktor želi još dalje da ode u dizajniranju svojih ideja takođe koristeći CAD tehnologiju, on čak može u potpunosti mašinu „sklopiti“ na kompjuteru i kroz takav sklop posmatrati sve karakteristike ili preseke koju mogu biti interesanti.

Ovakvi programi omogućavaju da mašine, posebno koje su unikatnog tipa, veoma brzo mogu dobiti određene promene koje mogu biti kozmetičke ili konstruktivne prirode. Ono što ovaj rad želi istražiti ali i ukazati na potrebu da se u domaću industriju uvode određeni CAD programi koji mogu ispuniti takve uslove. Jedna od glavnih prednosti tih programa za modelovanje jeste lako uvođenje svih promena na mašini pri čemu se svaka promena automatski implementira u svim crtežima gde se ta pojava javlja. Ovakav pristup konstruisanju mašina je odavno prisutan na stranom tržištu. Štaviše, neke grane industrije ne mogu se ni zamisliti bez upotrebe CAD alata za dizajniranje modelovanjem i crtanje. Primera za tako nešto je mnogo – avio industrija kao posebna grana za osnovnu alatku koristi mnoge CAD programe sa ciljem modelovanja delova kod aviona, koji se kasnije uz pomoć posebnih metoda ispituju odnosno simuliraju razne spoljne fizičke uticaje. Takođe, velika industrija

kakva je automobilska, pre bilo kakvog upuštanja u realizaciju neke linije, prethodno dobro sagleda sve činjenice koje jedan 3D model pruža bilo da su konstruktivne ili čisto dizajnerske. Ono što je važno istaći jeste da CAD programi nemaju ulogu da prave mašine što i nije njihov cilj.

Cilj primene CAD programa je upravo simuliranje onoga što će da se pravi sa namerom da ta investicija bude što jeftinija ali ne na štetu kvaliteta ili samog dizajna.

Drugim rečima, primena CAD/CAM programa u bilo kojoj radionici, ma makar ona bila i limarska, nema za cilj da izradi mašinu. U ovoj radionici to rade kvalifikovani iskusni majstori ali pre bilo kakve radne operacije potrebno je sagledati projektnu u tehničku dokumentaciju i kroz neka tehnološka rešenja naći rešenje koje je optimalno. CAD programi štede ili pokušavaju da kroz izradu virtuelne mašine pokažu njene prednosti ili nedostatke. Limarska radionica je napravila nekoliko mašina ne koristeći uopšte CAD/CAM softver i ovo istraživanje imaće za cilj da utvrdi u kojoj meri je takav način rada imao uticaj na ukupnu izradu kao i na skraćanje proizvodnih ciklusa.

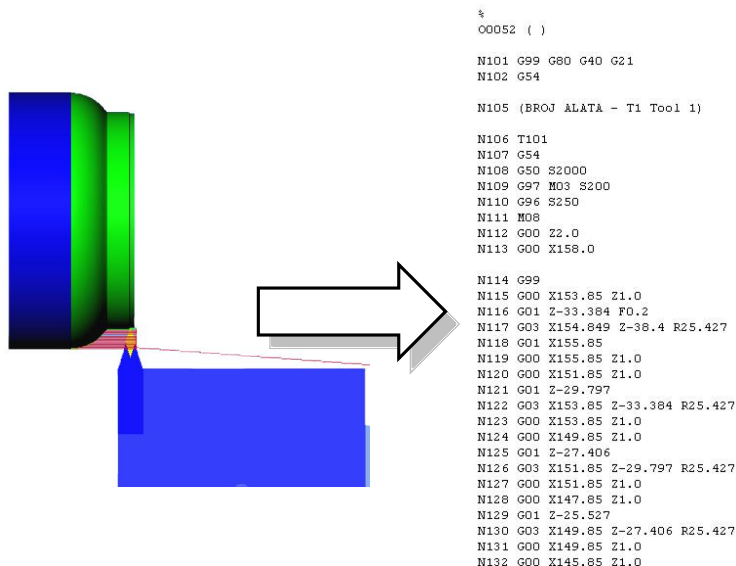
Takođe, vremenom radionica je polako prelazila na primenu nekih softvera ali uz određenu dozu distance. Razlog za ovakvu distancu je svakako tradicionalistički pristup izrade i načina rada koji postoji nekoliko decenija pa je možda i prirodno da svaki vid novine bude prihvaćen sa dozom nepoverenja. Ipak pravilnim sagledavanjem svih prednosti i njihovom analizom, prednosti koje su gledane sa distance, mogu postati osnovno sredstvo bez koga nijedna mašina ne može biti realizovana. Neko može reći, pa kako su do sada radili ljudi, kada nije bilo CAD softvera. Čovekova inženjerska crta uvek je pobeđivala i omogućava da kreira razna čudesa – od prvog automobila, aviona i sl. To je tačna činjenica, i ovde nije cilj reći da se bez primene CAD/CAM tehnologije nešto ne može napraviti. Naprotiv, svaki alat koji omogućava lakšu izradu, kao i brzu izmenu, sasvim sigurno je nešto što savremena industrija zahteva. Brža i preciznija izrada tehničke dokumentacije, njeno lakše arhiviranje, mogućnosti lake izmene nekog dela su sasvim sigurno glavni aduti koje CAD tehnologija pruža.

Naravno, ispitivanje materijala, fizička dinamika uz pomoć CAD programa predstavlja posebnu oblast kojom se nećemo ovde baviti, ali sasvim sigurno zaslužuje posebno mesto i značaj u savremenoj industriji.

Sa druge strane, kao dodatna alatka u kreiranu delova uz pomoć kompjutera, je svakako i primena CAM tehnologije odnosno njenih softverskih alata. CAM tehnologija omogućava da se poveže CAD tehnologija direktno u proizvodnju. Najčešće se ova tehnologija povezuje sa pojavom CNC mašina, odnosno uređajima koji se upravljaju uz pomoć kompjutera (CNC – *Computer Numeric Control*).

Radionica koja je tema ovog istraživanja, takođe u svom proizvodnom sektoru ima i jedan CNC dvoosni strug kao i NC glodalicu. Uz CNC strug, limarska radionica ima i specijalizovani CAM softver koji omogućava, da se u veoma kratkom roku izradi NC kod po kome će kompjuter prepoznati svoju putanju struganja sa svim potrebnim parametrima – posmak, brzina vretena i sl. Takođe,

istraživanje će u nastavku rada vršiti komparaciju nekih numerički podataka, koji se tiču skraćivanja proizvodnih ciklusa mašina koje koriste CAM tehnologiju. Pod tim se podrazumeva posmatranje ciklusa struganja na tradicionalnom strugu ili glodalici kao i brzinu kojom traje neki ciklus od kreiranja dela, pisanja NC koda, i na kraju njegove obrade.



Slika 3 – Simulacija struganja uz pomoć CAM softvera i automatsko generisanje NC koda koje strug prepoznanje

a. Problemi kod unikatne proizvodnje mašina

Ono što se može staviti kao ključni faktor kod kreiranja unikatnih mašina za obradu lima, jesu mogući problemi koji mogu nastati u samoj realizaciji, ukoliko se dobro ne sagledaju svi rizici. Prvo i osnovno to je cena sa kojom se počinje dalja saradnja sa naručiocima.

Cena mašine se može formirati posmatrajući nekoliko faktora:

- preko pretpostavljene količine potrebnog materijala kao i vreme izrade na osnovu dosadašnjeg iskustva,
- sagledavanjem detaljnije analize mogućih troškova koji će se javiti u toku izrade mašine,
- sagledavanje tržišne cene koju daje konkurencija,
- sagledavanje opšteg stanja tržišta – da li prisutna ekonomska kriza, devalvacija valute i sl.

Sa druge strane, preduzetnik pre preuzimanja posla, mora sagledati način da li je ta mašina tehnički i tehnološki izvodljiva. Tada ključnu ulogu igra iskustvo kao

i formalno poznavanje određene struke. Pod tim se podrazumeva, dobro poznavanje materijala, tehnologiju obrade, ključne parametre vezane za takvu mašinu i sl. Vrlo često se javlja da sami kupci ponekad i ne poznaju samu tehniku, a žele određenu mašinu u svojim pogonima, tada neke stručne savete prepuštaju samom izvođaču.

Na primer, na današnjem tržištu postoji veliki broj profila od lima, koji se koriste i svaki ima neku određenu karakteristiku. To može biti broj rebara, veličina rebra, debljina lima, osovinsko rastojanje između prvog i poslednjeg rebra, ulazna traka lima i sl. Sva ta pitanja preduzetnik mora tačno definisati pre ulaska u posao. Na osnovu tih ulaznih parametara može se kreirati cena kao važna stavka da bi investicija imala smisla. Preduzetnik ne bih trebao da ulazi u riskantne poslove, a pod tim se podrazumeva izrada unikatnih mašina koje rade po potpuno novoj tehnologiji od one koju je preduzetnik do sada koristio.

Razlog je jednostavan. Neizvesnost od nepredviđenih rizika je suviše velik jer je i sama izrada mašina velika investicija pa se pogrešnim kalkulacijama mogu stvoriti određeni finansijski problemi. Zato je preporuka, da ukoliko dođe do nekih ponuda, a gde se na prvi pogled vidi da je potrebna neka nova tehnologija, preduzetnik bi pre toga trebao da dobro sazna sve oko načina izrade tih mašina. Bez obzira koliko god čovek imao iskustvo, uvek se pojavljuju nova rešenja i nove tehnologije gde čovek usled prezauzetosti poslom ne stiže da se njima bavi. Ukoliko je radionica malog tipa tada ni ne postoji poseban sektor koji bi se time bavio. Zato preostaje ništa drugo nego se specijalizovati za određenu vrstu mašina i njihovu unikatnu izradu dovoditi do savršenstva. Ono što bi moglo biti kao pozitivna strana, jeste da dobrom organizacijom posla, sa minimumom rizika, može se stvoriti mesta za profit, čime se onda može inovirati novim tehnologijama. Svaka drugo rizikovanje i uzimanje poslova bez prethodnog istraživanja, može dovesti do upadanja u finansijske neprofitabilnosti.

Ovde su navedeni neki mogući problemi koje preduzetnih unikatnih mašina za obradu lima ima.

U kratkim crtama oni se mogu podeliti kao:

- finansijski problemi,
- tehnički i/ili tehnološki problemi,
- organizacioni.

Kod tehničko – tehnoloških mogućih problema, preduzetnik bi kao pomoćnu alatku trebao uvesti određene CAD/CAM programe radi lakše manipulacije oko konstrukcionog rešenja mašine. Takođe kod problema koji se tiču organizacije, preduzetnik bi trebao tu problematiku "provući" kroz neki softver koji se bavi planiranjem aktivnosti, ljudstva i resursa. Što se tiče finansijskih mogućih problema, tada preduzetnik treba da igra na „hazardersku“ logiku sa minimumom reskiranja. Drugim rečima, dati ponudu koja neće odbiti potencijalnu mušteriju, ali mu neće doneti gubitke. Sa druge strane, poput nekih opštih trgovačkih veština, ukoliko je klijent zainteresovan za više mašina,

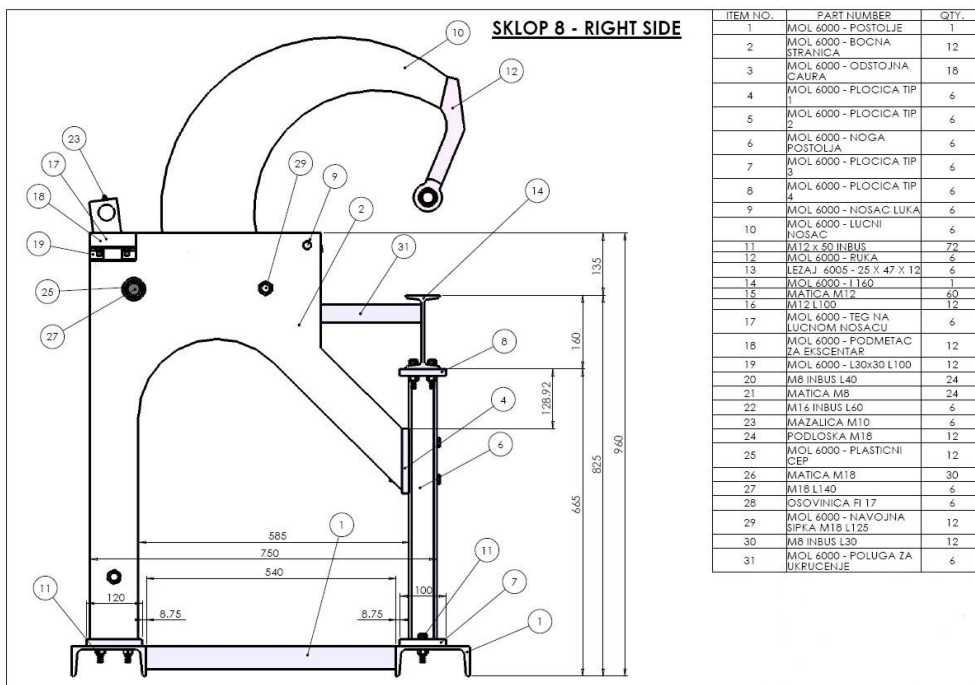
različitih delatnosti a opet posebnih karakteristika, onda i takvu činjenicu treba uzeti u obzir, opet držeći se lične dobiti.

Sve ove parametre preduzetnih treba da uzme u obzir pre izrade unikatne mašine za obradu lima. Kod serijske proizvodnje tačno se zna koliko čega ide, ko radi, koliko mu treba i sl. Izrada unikatnih mašina je sasvim druga priča. Kao ključni problem može se navesti – svaka mašina je slična ali opet drugačija. Vodeći se sa tom činjenicom onda kao primarnu alatku u njihovoj tehničkoj realizaciji ima imaju upravo CAD programi. Oni sa svojim prednostima, a to je laka i brza izmenjiva manipulacija svim delovima, omogućavaju da se unikatne mašine uz brzu modifikaciju mogu prilagoditi novom proizvodstvu. Vodeći se tom logikom, preduzetnik tada ima stratešku prednost kada dobija posao jer projektujući jednu mašinu za obradu lima on uz određene korekcije alata veoma lako može imati dokumentaciju za drugu vrstu mašine koja radi na sličnom principu. Limarska radionica koja je tema rada, je izradila veliki broj profilirki. Nijedna mašina nije ista po pitanju – profila, visine rebra, osovinom rastojanju, načinu definisanja pogona, oslanjanja i sl. Naravno, neke primarne stvari su uzimane kao standard ali gledalo se to zadovolji osnovni cilj – da mašina bude onako kako je klijent tražio. U nastavku istraživanja napravila se neka paralela između određenog broja mašina koja je ova limarska radionica napravila, sa ili bez CAD softvera.

Drugi problem, koji se može javiti kod unikatnog pravljenja mašina, jesu rezervni delovi, koji izvođač koga uvrstiti kao posebne. Za razliku od serijske proizvodnje, gde svaka serija ima svoj kontrolni broj i ukoliko dođe do nekog defekta, klijent se samo pozove na broj dela i naručuje ga. Ovde je problematika malo drugačija. CAD softver opet izlazi u susret i pri definisanju svih delova mašina odnosno specifikacije materijala. Kod unikatnih mašina, dolazi do pojave specifičnosti delova, odnosno svaka mašina, ima svoje delove sa svojim karakteristikama.

Tako da i dokumentacija vezana za njih treba da se vodi. Znači, ne voditi dokumentaciju pod nazivom, na primer, Profilirka TIP TR nego je klasifikovati prema naručiocu. Ukoliko dođe do potražnje nekog rezervnog dela, klijent mora dobiti specifikaciju materijala, gde su upisani svi delovi, njihova šifra, i grafički prikaz gde se nalazi na mašini. Tada se izbegavaju moguće greške da novi deo "ne pasuje" kod ugradnje i sl.

Ovakvo klasifikacijom prema klijentu omogućava se tačan uvid u projektnu dokumentaciju i sprečava nepotrebe troškove kao što je slanje dela u radionicu, skidanje mera i pravljenje novog dela. Uvidom u tehničku dokumentaciju koju je CAD softver izradio, preduzetnik odmah daje nalog za rad prema radioničkom crtežu. Ovakva poslovna politika odražava i određeni stepen ozbiljnosti i poslovnosti koje preduzetnik ostavlja na klijenta. Za klijenta je važno da se uvek može osloniti na predusretljivost onoga ko mu je napravio mašinu. Pojava defekta u radu mašine su česta i normalna pojava kod mašina, pogotovo koje su u prestanom radu.



Slika 4 – Primer Specifikacije delova za mašinu MOL 6000 uz pomoć CAD softvera

MOL 6000 – Mašina sa okrugle oluke do 6 m, koja se pravi u pogonima limarske radionice koja je tema istraživanja.

Preduzetnik će izradom unikatne mašine, dostaviti i prateću dokumentaciju koja se tiče upotrebe mašine sa dodatnim održavanjem, kao tačnim definisanjem parametara mašina. Svako odstupanje od pravila koje je propisao izvođač može dovesti do prevremenog defekta na mašini. Najčešći razlozi zbog koji dolazi do defekta kod mašina, jeste neadekvatno pridržavanje pravila oko debljine lima koje je dozvoljeno za profilisanje.

Na primer, izvođač je svojim propisima tačno definisao da je profilirika namenjena za profilisanje lima do 0,7 mm što znači da svako odstupanje od te debljine ide na štetu korisnika mašine jer se time opterećuju alati, lanci, pogon i sl. Ono što biva kao defekt jeste pucanje ili oštećenje rukavca na pogonskim osovinama ili oštećenje ležajeva.

Unikatna proizvodnja mašina na obradu limova je iz opravdanog razloga prisutna na našem tržištu. Razlog za tako nešto je veoma malo domaće tržište koje pored svih tranzicionih nedaća ima i trenutnu ekonomsku krizu koja pogađa već oronulu proizvodnju. Drugim rečima, nije moguće, bar jedno vreme, da se mašine prave u takvom obimu da to pređe u serijsku proizvodnju gde će u startu napraviti nekoliko desetina postolja, nosača i sl, i kada dođe naručilac, mašina

mu bude montirana za nekoliko dana. Takva način rada još nije moguć da zaživi u ovim prostorima pogotovo za relativno male preduzetničke radionice.

3. ISTRAŽIVANJE

Istraživanje koje je ovde sprovedeno posmatralo je dve mašine. Prvo deo istraživanja sastojao se u beleženju nekih proizvodnih ciklusa vezanih za mašinu koja je izrađena bez primene CAD/CAM softvera, dok je druga mašina, koja je sličnog tipa, izrađena uz punu podršku CAD/CAM tehnologije.

Istraživanje nije imalo za cilj da utvrdi da li postoje razlike između ta dva načina rada, jer je sigurno primena računara alatka koja taj ciklus ubrzava ali je bio cilj utvrditi u kojoj meri je ta razlika prisutna. Drugim rečima, ukoliko se utvrdi da je ta razlika procentualno značajna onda se može ići na tezu da je primena CAD/CAM softvera u proizvodnji mašina za obradu lima, itekako potrebna navodeći neke zaključne parametre koji mogu biti i opisnog tipa.

Sve se ovo sprovodi sa namerom da se ukaže na značajnost primene softvera jer je činjenica da je takav alat za naše tržište veoma skup. Cena savremenih alata varira od proizvođača do proizvođača i oni se ovde neće spominjati jer nije umesno nekog favorizovati na tržištu. Svaki od CAD/CAM softvera imaju svoju cenu koja je određena kvalitetom koji zahteva savremena industrijska proizvodnja. Ovaj rad može pomoći čitaocu da pri odabiru nekog softvera obrati pažnju šta taj softver pruža. Ponekad ni cena nije presudni faktor ako se zna da se za nju dobija kvalitetan proizvod koji će umnogome pomoći i ubrzati i kontrolisati proizvodne cikluse.

Istraživanje ovog tipa je i zasnovano na činjenici da je naše tržište dosta ekonomski slabo pa je čak i takva investicija često nemoguća i nedostižna. Naravno, svaki ozbiljan preduzetnik mora da shvati da ulaganjem u proizvodnju bilo u mašinama, tako i u softveru, dobija zlatne alate koji uz dobru organizaciju prave profit. Ne treba smatrati da papir ne donosi novac. Uz dobar projekat na papiru, koji je sagledao sve ideje, uočio sve moguće konstruktivne probleme, mnogo vremena i novca se uštedi.

Samo istraživanje na terenu se sastojalo od posmatranja ciklusa koji su prethodili i koji su se bavili izradom dve mašine za obradu lima. Te mašine, lučna profilirka TIP 27/100 i profilirka za parapet, služe za pravo i lučno profilisanje lima. Lučna profilirka ima elemente za podešavanje položaja pogonskih vratila, čime se reguliše radijus luka koji se savija. Ova mašina, bez obzira na svoju veličinu, ima veliki praktični učinak i veoma veliku primenu jer se takav profil, koji je valoviti i savijen u luku, najčešće se koristi za oblaganje velikih silosa. Postoje razne modifikacije koje ova limarska radionica primenjuje na ovaj tip mašine. Kupci najčešće zahtevaju da se napravi profilirka koja ima određeni raspon radijusa od 4 do 8 m i sl. Tada se koristi sličan sistem oslanjanja, kao i slični alati ali je sama konstrukcija mnogo drugačija jer je međusobni položaj pogonskih vratila drugačiji od tipa do tipa. Najviše zavisi od

željenog radijusa jer međusobni položaj alata koji savija lim, daje tačan radijus luka.



Slika 5 – Profil VAL 27 – 100

Takođe, ono što varira i čini da svaka mašina bude unikat jeste u oblik valovitog lima koji se savija, odnosno kriva (grba). Obični parametri koji se tiču ovog profila su visina grbe od 18 mm do 27 mm. Ulazna traka lima je 1250 m.

Druga mašina koja se posmatrala, je profilirika za parapet i poput prethodne ima male gabaritne dimenzije. Mašina je namenjena za profilisane lima, širine do 1250 mm, i sa plitkim trapezima od 2 mm najčešće se koristi za oblaganje nekih površina. Profili ovog tipa nemaju nosivost pa se i koriste samo kao oblagački elemenat na kapijama, zidovima, i sl. Istraživanje se sastojalo od posmatranja procesa izrade dve mašine pod različitim organizacionim i inženjerskim postupcima. Jedna mašina je rađena na način koji je podrazumevao samo proste skice na papiru koje su odmah davane u proizvodnju na obradu dok je druga mašina, sličnog tipa, rađena uz pomoć CAD/CAM softvera. Rezultati istraživanja su bili opisnog tipa, gde se svaki parametar dodatno opisivao i dovodio do nekih zaključnih razmatranja. Takođe, svaka analiza se zasnivala komparacijskoj osnovni jer su se sva zapažanja poredila.

3.1. Rezultati istraživanja

Istraživanje koje se vršilo na terenu trajalo je oko dva meseca. U tom periodu su se posmatrale izrade dve mašine koje su sličnog tipa ali način njihove izrade nije bio isti. Ono što se najviše posmatralo jestu proizvodni ciklusi i njihov tempo izrade kao i sama organizacija proizvodnje. Posmatralo se da li se ispunjavaju svi zadaci koji se postave, da li ima određenih zastoja i koji su ti razlozi.

Takođe, utvrđivalo se da li organizacija teče po planu ili dolazi do nekih opravdanih ili neopravdanih tehnoloških zastoja. Posmatrali su se ciklusi za obe mašine koje su izrađivane pod različitim tehnološkim i organizacionim metodama. Sva zapažanja koja su sledila su se zapisivala na papir, u vidu kratkih crtica za dodatnim napomenama. Napomene su morale imati dodatno objašnjenje i sa kratkom dopunom koja bi pravila komparaciju sa drugom mašinom.

Tabela 1 – Komparacija rezultata dobijenih posmatranjem izrade dve mašine sličnih gabarita ali primenom raznih tehnologija

MAŠINA IZRAĐENA BEZ PRIMENE CAD/CAM TEHNOLOGIJE	MAŠINA IZRAĐENA UZ PRIMENU CAD/CAM TEHNOLOGIJE
TIP MAŠINE: Profilirka za parapet	TIP MAŠINE: Profilirka za lučni VAL 27/100
	
AKTIVNOST	AKTIVNOST
Izrada prostih idejnih skica rukom bez razmere	Izrada idejnih skica uz pomoć CAD softvera (SKETCH)
Izrada skica pojedinih delova rukom bez razmere	Izrada svih delova uz pomoć CAD softvera – (PARTS)
Nema skica sklopova	Izrada svih sklopova (ASSEMBLY)
Nema skica preseka	Izrada svih karakterističnih preseka (SECTIONS)
Visina lima se meri na licu mesta, Nepoznata je težina mašine	Izrada svih važnih konstruktivnih kota – gabariti, visinal ima od poda, težina mašine
Tabela sa potrebnim materijalom ne postoji	Izrada tabele sa Specifikacijom materijala
Troškovnik sa približnm cenama ne postoji. Naručivanje se vrši prema potrebama i neplanski	Na osnovu Specifikacije materijala izrada detaljnog troškovnika
Cena mašine nije realna i gradi se na osnovu nekoliko faktora: - pretpostavljena težina mašine x cena gvožđa x dodatna obrada	Kreirana cena mašine – uračunat cena materijala, cena obrade, uračunati koeficijenti režije (struja, voda i sl.)
Ne postoji baza delova koji su klasifikovani	Urađen šifarnik za svaki deo
Ne postoji Glavna tehnička dokumentacija	Izrada Glavne tehničke dokumentacije pod nazivom – Mašina – Naručilac: Firma
Struganje se vrši klasičnim strugom ili ako je alat sa posebnim krivama onda se struganje vrši na kopir strugu. Posledica takvog rada: – ne precizno struganje, – pripremak se duže struže.	Alat kreiran u CAD softveru se “export-uje” u CAM softver gde se simulira struganje, pa se konvertuje u NC kod
Svi delovi izrađeni bez tehničke dokumenatcije	Svi delovi izrađeni prema tehničkoj dokumentaciji koja je urađena uz pomoć CAD/CAM softvera

UKUPNO VREME IZRADE: 100 dana

UKUPNO VREME IZRADE: 32 dana

Time bi posmatrač koji je snimao istraživanje, u startu definisao neke razlike u načinu izrade mašine koje bi kasnije u obradi podataka, omogućavale da se kreiraju precizne analize. Preporuka je da se kod ovakvih istraživanja, gde se porede neki ciklusi ili organizacija posla, dodatno uvede i vremenska komparacija sličnih poslova. Na primer, da se utvrdi koliko se jedna određena operacija radi u odnosu na drugu koja koristi određeni CAD/CAM softver. Takva razlika bi mogla da se procentualno predstavi i uporedi čime bi se dobio statistički podatak.

Posmatranjem statističkih podataka moglo se zaključiti da se kod određenih ciklusa, neka pojava može tretirati kao pravilo, jer učestalo pokazuje veće podatke u odnosu na drugu. Na osnovu zapažanja koja su sledila direktno sa terena sva zapažanja su obrađena i mogu se predstaviti u jednoj tabeli radi lakše komparacije.

3.2. Analiza rezultata

Ono što se može prvo primetiti posmatranjem Tabele 1, jeste drastična razlika u trajanju izrade jedne mašine koje su doduše različitog tipa, ali slične konstrukcije i gabaritnih dimenzija. Pretpostavka je i kada bi mašine bile potuno iste, ali sa različitim tehnologijama izrade, da bi rezultati bili slični ovom istraživanju.

Tabela 2 – Prikaz i komparacija nekih zaključnih razmatranja vezano sa izradu mašina različitim tehnologijama

Mašina izrađena bez primene CAD/CAM tehnologije	Mašina izrađena uz primenu CAD/CAM tehnologije
– Mašina je izrađena za skoro 3,5 meseca, čime se probija realni rok izrade, – Mašina ne poseduje preciznu dokumentaciju ili je ne poseduje uopšte, Za mašinu ne postoji Spisak delova (Specifikacija) tako da se ne može utvrditi ni približna cena, – Svi alati su strugani na meru, zadovoljavajuće precizni ali u dugim vremenskim periodima, – Naručilac ne dobija nikakav prateći materijal, jer se toku njene izrade, nije se vodila nikakva tehnička dokumentacija ili je bila zasnovana na prostim skicama bez razmere.	– Mašina je izrađena bez većih kašnjenja – skoro 3 puta brže od mašine izrađene bez primene CAD/CAM tehnologije, – mašina sadrži dokumentaciju koji u potpunosti odgovara stanju na terenu, u dokumentaciji se nalazi Specifikacija materijala, tj spisak svih delova sa svojim šiframa, – svi alati su strugani na istu meru, sa velikom preciznošću i u kratkim vremenskim rokovima, – naručilac mašina dobija prateći materijal sa uputstvom za rukovanje mašinom gde se nalaze Specifikacija materijala, sa svojim šiframa.

Kao što se može videti, jako puno organizacionih faktora ne postoji kod mašina koje ne koriste CAD softver čime se stiče utisak da se radi malo „na slepo”. Ovakav način sigurno nije kvalitetan, ali neko bi ga mogao opravdati činjenicom, da se mašina ipak na kraju napravi, pa makar bilo posle 3,5 meseca.

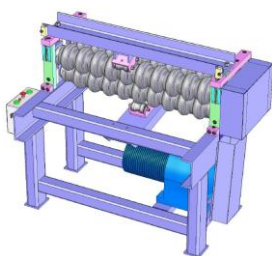
Postavlja se pitanje da li bi takva logika bila dobra ako bi se u potpunosti promenjivala za sve mašine. Ovakva razlika bila drastična za mašine za

profilisanje TR lima, koje su mnogo većih dimenzija, težine i cene. Pretpostavka da bi se takva razlika veoma bitno odrazila na prag rentabilnosti i isplativost takve investicije. Zato i ovo istraživanje u nastavku sumira rezultate koji bi se sastojali od nekoliko zaključnih rečenica koje su dobijene sagledavanjem činjenica koje sadrži prethodna tabela. U nastavku rada rezultati bi se mogli opet svrstati u novu tabelu koja bi opet vršila komparaciju tih rezultata.

Da bih adekvatno predstavili na konkretnom primeru kako se CAD/CAM softver primenjuje zarad poboljšanja kvalitete izrade, može se uočiti primer 3D modela na osnovu kojeg urađena mašina kao na slici:

3D Model profilirke za lučno savijanje lima preko koga se mogu dobiti svi radionički crteži, sklopovi, preseci kao i Specifikacija materijala

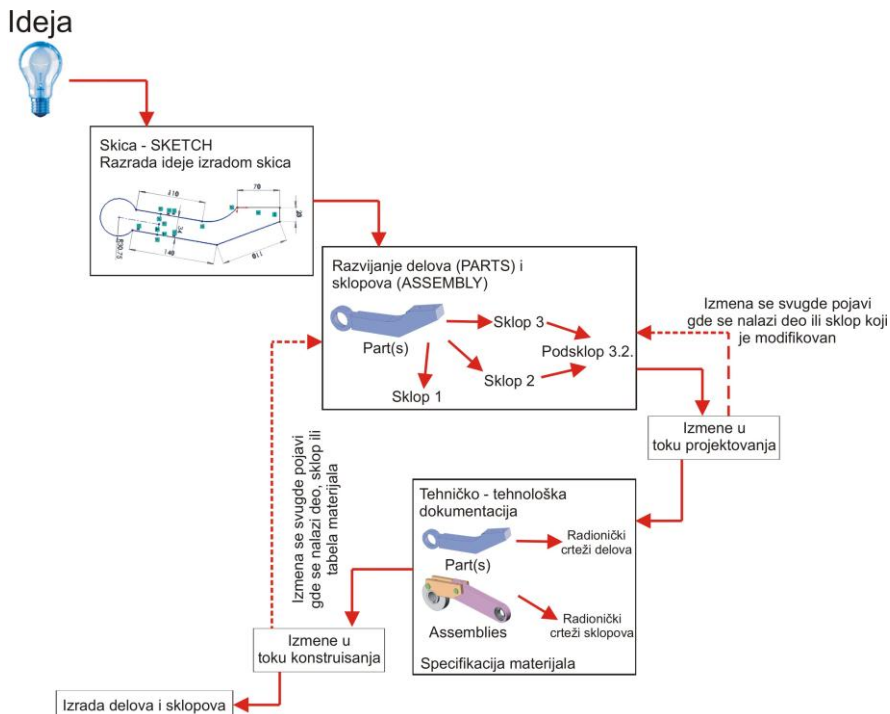
Mašina za lučno savijanje lima urađena uz primenu CAD/CAM softvera



Slika 6 – Primer profilirke za lučno savijanje valovitog lima od 3D modela do originala

Ono što bi bila zaključna reč posle analize istraživanja je to da CAD/CAM tehnologija omogućava mnogo bržu i precizniju izradu neke mašine, pogotovo u limarskoj proizvodnji. Kao glavna prednost primene mogla bi se navesti laka manipulacija svim elementima (delovi, sklopovi, crteži i sl.), njihova potpuna tehnička i tehnološka mogućnost jasne i pregledne prezentacije ali i veoma efikasna mogućnost promene na samom proizvodu. Kao glavni adut u dizajniranju, opcija koja omogućava da se svaka promena, odrazi na svaki fajl gde je neki deo ubačen, čime se daje konstruktoru mogućnost da se fokusira na proizvod i njegovu razradu.

Prednost, posebno CAD softvera, je i tome da omogućava proizvođaču da u potpunosti, za kratko vreme, virtuelno sklopi, svoju mašinu i iz takvog skopa može da dobije sve potrebne informacije – dizajn, konstrukciono rešenje, laku zamenjivost delova kao i laku rasklopivost sklopa u slučaju eventulanih zamena rezervnih delova i sl. Putanja jednog proizvoda ili mašine od ideje do realizacije uz pomoć CAD/CAM softvera može se prikazati na sledećem grafikonu gde se jasno vidi se svaki elemenat može veoma brzo i lako modifikovati, što je najčešći problem kod unikatne proizvodnje mašina. Modifikacijom određenih delova, ta izmena se lančano primenjuje u svim sklopovima gde se modifikovan deo nalazi uključujući i tabelu sa Specifikacijom materijala.



Slika 7 – Procesi u toku izrade neke mašine od ideje do realizacije uz pomoć CAD softvera

4. PREPORUČENI MODEL

Istraživanje koje je ovde sprovedeno nesumljivo je pokazalo značaj primene CAD/CAM softvera u grani privrede kakva je proizvodnja mašina za obradu lima. Ono što je važno napomenuti da se softver ovoga tipa ne primenjuje u potpunosti u domaćoj proizvodnji.

Razlozi za tako nešto su višestruki:

- cena CAD/CAM softvera na domaćem tržištu je velika za domaće ekonomske prilike,
- domaća proizvodnja nije dovoljno tehnološki i tehnički razvijena da ima potrebu za ovakvom vrstom softvera,
- postoji mišljenje da je primena softvera samo dodatni trošak koj ne stvara profit,
- slaba informatička kultura kao osnova za primeu CAD/CAM softvera.

Ovi razlozi govore u prilogu da je domaća privreda u veoma velikom tehnološkom raskoraku u odnosu na svet. Ekonomski podaci koji nam dolaze iz zavoda za standardizaciju, ili prosto informacija iz medija, govore nam o malim porastima domaće privrede bilo kroz tehnološki ili finansijski rast i razvoj. Ovaj rad bi trebao doprineti takođe jednom malom učinku u vidu ukazivanja na značaj i potrebu primene CAD/CAM softvera u domaćoj industriji. Na primeru, jedne male limarske radionice, koja se kroz nekoliko decenija rada specijalizovala za rad na proizvodnji unikatnih mašina, može se sagledati problematika koja se može projektovati i na društvo u celini. Ovakvih malih radionica u Srbiji ima mnogo, različitih proizvodnim kapacitetima, ali je suština relativno slična. Ono što ih povezuje je struka ali su razlike u načinu realizovana svojih ideja. Ovaj rad kroz svoje istraživanje imao je za cilj da ukaže da se takve ideje mnogo lakše obrađuju i manipulišu ukoliko inovator ima pomoć nekog CAD alata.

Naravno, ideja kao ključni faktor svake inovacije, je najvažnija i postaje vodilja kroz dalju njenu razradu. Ono što je prednost CAD/CAM softvera jeste da ono postaje uz dobru ideju, glavna alatka u realizaciji iste sa ciljem da se ona unapredi i sagleda iz sledećih uglova:

- tehničkih (da li je tehnički izvodljiva – od čega da se izrađuje, čime se obrađuje i sl.),
- tehnoloških (da li je tehnološki moguća – rešenje sklopova, laka zamena delova, lak pristup svim delovima),
- ekonomskih – cena izrade, troškovnik, da li radna organizacija ima sredstava za takvu realizaciju, da li je takva investicija rizik i sl.

Ono što bi se moglo staviti pod preporučenim modelom predstavlja nekoliko crtica, koje ovaj rad svrstava u neka rešenja i preporuke u cilju povećanja primene CAD/CAM softvera u domaćoj posrnuloj industriji. Svaka preporuka je zasnovana na rezultatima ovog istraživanja koje se može uzeti kao validno za dalja zaključivanja i analizu.

- domaća industrija trebala bi u potpunosti primenjivati CAD/CAM softver za potrebe realizacije svojih projekata,
- softver koji bi se primenjivao trebao bi biti u skladu sa tehničkim i ekonomskim prilikama u kome se nalazi firma koja ga koristi,
- preporuka je i domaćim uvoznicima CAD/CAM softvera da u što većoj meri omoguće određene olakšice domaćim preduzetnicima pri nabavci ovih alata (preporuka je i da država kao institucija koja živi od industrije, učestvuje u tim olakšicama kroz povoljne kredite ili određenu pomoć),
- što se tiče proizvodnje unikatnih mašina za profilisanje limova upotreba CAD/CAM softvera u potpunosti povećava efikasnost, smanjuje dužinu trajanja radova, omogućava maksimalnu uštedu u materijalu i vremenu, kao i da stvara bolju kontrolu i upravljane izradom mašine. CAD softver kroz svoje module u potpunosti omogućava pristup bazi podataka svih

delova vezanih za mašinu. Njena klasifikacija po šiframa omogućava da se mogućnost greške svede na minimum,

- Kadrovi koji rade na CAD/CAM softverima mogu ali i ne moraju imati formalno tehničko obrazovanje, jer današnji softveri u svojoj bazi podataka imaju određena pomagala koja omogućavaju da inovator u svakom trenutku može dobiti informaciju koja mu treba, kao i pristup Biblioteci standardnih delova i sl. Naravno, preporučljivo je da korisnik CAD softvera bude osoba iz tehnike, jer će mu time posao i snalaženje biti mnogo lakše,
- Kod proizvodnje unikatnih mašina za obradu lima, preporuka je da se tehnička dokumentacija vodi za svaku mašinu posebno bez obzira što je tip mašine sličan ili isti. Ono što je karakteristično za unikatnu proizvodnju jeste specifičnost same izrade mašine, koja pri svakoj svojoj novoj realizaciji na neki način postaje prototip. U tom slučaju, da bi se greška svela na minimum po pitanju tehničke dokumentacije onda je najbolje da svaka mašina ima svoju posebnu bazu podataka sa delovima, šiframa pod kojim se vode, arhivu skica i crteža i sl. Preporučljivo da se pored svakog dela upiše i njegova cena izrade (cena grubog materijala, cena obrade sa pretpostavljenim koeficijentima režije), datum sa podacima vezanim za iznosom strane valute za taj dan, radi kasnijeg upoređivanja cena.
- Kod proizvodnje unikatnih mašina za obradu lima koja je bila tema istraživanja smatramo da je potreban reinženjering proizvodnih procesa. Reinženjering se definiše kao fundamentalna promena shvatanja i radikalni redizajn poslovnih procesa u cilju postizanja dramatičnih poboljšanja ... a pre svega cena, kvaliteta, usluge brzine. (vidi /2/ str. 38).

5. ZAKLJUČAK

Kao zaključak ovog rada može se reći da je primena i uticaj CAD/CAM softvera značajna u poboljšanju i lakšoj kontroli svih proizvodnih ciklusa u toku izrade unikatnih mašina za obradu lima. Prednosti koje pruža ova vrsta softvera je navedena kroz rad dok je istraživanje sa terena, kroz komparaciju proizvodnih ciklusa, te tvrdnje potkrepilo nekim numeričkim parametrima i opisnim zaključivanjima.

Ono što je bio cilj rada jeste ukazivanje na potrebu prelaska na potpuno računarsko projektovanje mašina, čime se omogućava lakša i pregledna kontrol svih parametara – od osnovnih koji se tiču konstrukcije, idejnih rešenja do onih ekonomskih u vidu definisanja potrebnog materijala, obrade, definisanje troškovnika i sl.

Domaća privreda, pogotovo industrija, koja je prema nekim istraživanjima, u tehnološkom zaostatku od skoro 3 decenije u odnosu na svet, zahteva potpunu

transformaciju rada kao i načina organizacije. Jedan od malih koraka u skraćivanju tako velike tehnološke distance ogleda se i kroz uvođenje savremenih alata koji se koriste u proizvodnom mašinstvu. Limarska radionica koja je bila mesto istraživanja, u svom proizvodnom programu ima specifičnu vrstu proizvodnje, odnosno izradu mašina za profilisane limova, ali čija je proizvodnja unikatna odnosno zasnovana prema potrebama i želji naučilaca. Takav način izrade mašine je bio veoma interesantan ali i odličan primer koji bi značaj primene CAD/CAM alata u potpunosti dokazao. Ovaj rad nije želeo da favorizuje neki softverski alat po njegovom komercijalnom nazivu, nego se stavljao akcenat samo na tehnologiju izrade nečega koristeći tu vrstu softvera. CAD/CAM tehnologija je relativno mlada oblast, ali koja je za nekih 30-tak godina postojanja napravila pravi tehnološki korak „od sedam milja”. Domaća industrija, pogoto mašinska koja je već duže vreme u ekonomskim problemima, koji se oslikavaju i kroz tehnološku zaostalost, treba da brzim koracima uvodi u sve svoje sisteme ovu vrstu tehnologije. Cena, kadrovi i tehnologija sigurno jesu parametri koji mogu otežavati takav put ali ukoliko se kroz ovo ili mnoga druga istraživanja sa terena, ukaže na značaj primene ovog softvera, u tom slučaju preduzetnici bi trebalo da takve preporuke ili informacije uzmu kao veoma značajne u donošenju budućih odluka.

LITERATURA

- [1] – Klarin, M., Cvijanović, J.M., Spasojević-Brkić, V.K. (2000) The shift level of the utilization of capacity as the stochastic variable in work sampling. *International Journal of Production Research*, 38(12): 2643-2651
- [2] – Janko M. Cvijanović, *Organizacija promene*, Beograd, Ekonomski institut, 2004.
- [3] – Dr Sajfert Zvonko, *Menadžment, teorija i praksa*, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin. 2009.
- [4] – Dr Sajfert Zvonko, *Poslovna organizacija*, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin. 2002.
- [5] – Dr Sajfert Zvonko, *Preduzetništvo*, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2003.
- [6] – Maynard, H.B. (1971) *Industrial engineering handbook*. Pittsburgh: McGraw Hill
- [7] – Frank W. Willson, Philip D. Harvey, *Manufacturing, planning and estimating, handbook*, (1963)
- [8] – Gabriel Salvendy, *Handbook of industrial engineering*, editor (1982).
- [9] – Adamović Ž, Nikolić D. (2003), *Tehnologija održavanja*, TF Mihajlo Pupin, Univerzitet u Novom Sadu.
- [10] – Adamović Ž, Šćepanović S, *Sistemska inženjerstvo*, Časopis "Tehnička Dijagnostika", Beograd 2003
- [11] – www.vslimar.co.rs
- [12] – www.dpotechnology.com/en/index.asp