

Računalno integrirana proizvodnja obuće

Computer integrated footwear production

Budimir Mijović*

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Prilaz baruna Filipovića 28a, HR-10000 Zagreb

*e-pošta: budimir.mijovic@ttf.unizg.hr

Pregledni rad / Review Paper

DOI: 10.34187/ko.70.1-2.3

Sažetak

Brzi razvoj tehnike i veliki porast industrijske proizvodnje zahtijevaju da se veći broj strojeva i uređaja vrlo često mijenja, dok su za nova područja tehnologije potrebni novi, savršeniji strojevi i uređaji. Često je potrebno izvršiti poboljšanja karakteristika stroja (stupanj automatizacije, pouzdanost, sigurnost informacija).

Ključne riječi: fleksibilna i modularna proizvodnja obuće, montaža kroz simulaciju.

Abstract

The rapid development of technology and the large increase in industrial production require that a large number of machines and devices are changed very often, while new, more perfect machines and devices are needed for new areas of technology. It is often necessary to improve the characteristics of the machine (degree of automation, reliability, information security).

Keywords: flexible and modular footwear production, assembly through simulation.

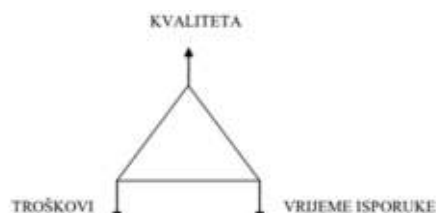
1. Uvod

Računalno integrirana proizvodnja (CIM - Computer Integrated Manufacturing) uključuje cijelo područje razvoja proizvoda i proizvodnje sa svim funkcijama koje se izvode pomoću namjenskih programskih paketa. Podaci potrebni za različite funkcije prenose se kontinuirano iz jednog namjenskog softvera u drugi. Na primjer, podaci o proizvodu se izrađuju tijekom dizajna. Ovi podaci se moraju prenositi iz računalnog programa za modeliranje u računalni program za proizvodnju bez gubitka podataka. CIM koristi uobičajenu bazu podataka gdje su moguće i komunikacijske tehnologije za integraciju funkcije dizajna, proizvodnje i pridruženih poslova koje kombiniraju automatizirane segmente tvornice ili mjesta proizvodnje [1, 2]. CIM smanjuje ljudsku komponentu u proizvodnji i tako oslobađa proces od njegove spore, skupe komponente koja je sklona greškama. CIM simbolizira holistički i metodološki pristup djelatnostima proizvodnog poduzeća kako bi se postiglo veliko poboljšanje njegovog radnog učinka [3, 4].

Ovaj metodološki pristup se primjenjuje za sve aktivnosti od dizajna proizvoda do podrške korisnicima na integrirani način uz korištenje različitih postupaka, sredstava i tehnika kako bi se postiglo poboljšanje proizvodnje, smanjenje troškova, ispunjenje planiranih datuma isporuke, poboljšanje kvalitete i ukupna fleksibilnost u sustavu proizvodnje. CIM zahtijeva sve koji su povezani s tvrtkom da se potpuno uključe u proces razvoja proizvoda i proizvodnje. Kod cjelovitog pristupa problemu ekonomski, društveni i ljudski aspekti imaju istu važnost kao i tehnički aspekti. CIM također obuhvaća sve tehnologije koje uključuju ukupno upravljanje kvalitete, reorganizaciju poslovnih procesa, istovremeno inženjerstvo, automatizaciju radnog tijeka, planiranje poslovnih resursa i fleksibilnu proizvodnju [5, 6, 7].

2. Računalno integrirana proizvodnja - CIM

Posebna karakteristika današnje proizvodnje je masovna proizvodnja prema individualnim potrebama. To znači da premda se izrađuju u velikim količinama, proizvodi moraju uključivati promjene specifične za zadovoljenje različitih potreba kupaca. Time se zahtijeva ekstremno velika fleksibilnost u sustavu proizvodnje. Karakteristike proizvodnje grafički su prikazane na slici 1.



Slika 1. Karakteristika proizvodnje

Proizvodne industrije kontinuirano nastoje smanjiti troškove proizvoda da bi ostale konkurentne u svjetskim okvirima. Osim toga, postoji kontinuirana potreba za poboljšanjem razine kvalitete i učinka. Drugi važni zahtjev je isporuka na vrijeme. U kontekstu globalnog premještanja proizvodnje i dugih opskrbnih lanaca koji prelaze nekoliko međunarodnih granica, zadatak kontinuiranog smanjenja vremena isporuke je zaista naporan zadatak. CIM ima nekoliko programskih alata za gornje potrebe [9, 10, 11].

Proizvodni inženjeri moraju ostvarivati sljedeće ciljeve da bi bili konkurentni u globalnom smislu:

- smanjiti zalihe proizvoda,
- smanjiti troškove proizvoda,
- smanjiti otpad,
- povećati kvalitetu.

Primjenom CIM programskih alata povećava se fleksibilnost proizvodnje i postiže se reakcija na:

- promjenu proizvoda,
- promjenu proizvodnje,
- promjenu procesa,
- promjenu opreme,
- promjenu kadra.

Napredak automatizacije omogućuje da industrije razvijaju otoke automatizacije. Primjeri su fleksibilne proizvodne stanice, robotizirane radne stanice, fleksibilne stanice za pregledavanje itd. Jedan od ciljeva CIM-a je postići konsolidaciju i integraciju ovih otoka automatizacije. To zahtijeva zajedničku upotrebu informacija između različitih dijelova ili sekcija u tvornici, pristup nekompatibilnim i heterogenim podacima i uređajima. Konačni cilj je suočiti se s konkurencijom na temelju povećanog zadovoljstva kupaca zbog smanjenja troškova, povećanja kvalitete i smanjenja vremena za razvoj proizvoda [13].

CIM u potpunosti iskorištava mogućnosti digitalnog računala za poboljšanje proizvodnje:

1. Varijabilna i programirana automatizacija,
2. Optimiranje stvarnog vremena.

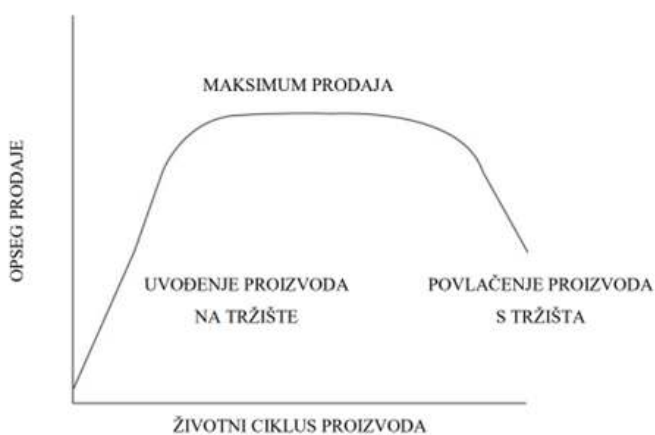
CIM program uključuje programsku komponentu proizvodnje (aplikacijski računalni program, tijek informacija, bazu podataka itd.).

Sposobnosti računala se tako ne iskorištavaju samo za različite dijelove proizvodnih djelatnosti, već i za cijeli sustav proizvodnje. Računala imaju ogroman potencijal koji je potreban za integriranje cijelog proizvodnog sustava i tako razvijaju sustav računalno integrirane proizvodnje.

3. Ciklus razvoja proizvoda

Industrije moraju konstantno usavršavati svoje proizvode kao i uvoditi nove proizvode na tržište kako bi zadržale ili povećale svoj udio na tržištu. Razvoj proizvoda je odgovornost službe za istraživanje i razvoj u proizvodnoj organizaciji. Kada se proizvod prvi puta uvede na tržište, njegova prodaja će biti mala po opsegu. Ako je proizvod dobar i zadovoljava kupce, prodaja će se povećati. Katkada, ako postoje problemi s proizvodom, tvrtka će morati načiniti promjene ili poboljšanja proizvoda što je vrlo skupo. Odjel prodaje i pružanja usluga obično preuzima brigu o problemima kupaca. To je razlog zašto proizvođači kože, obuće i odjeće itd. imaju detaljno razrađenu prodajnu i servisnu mrežu [16, 17].

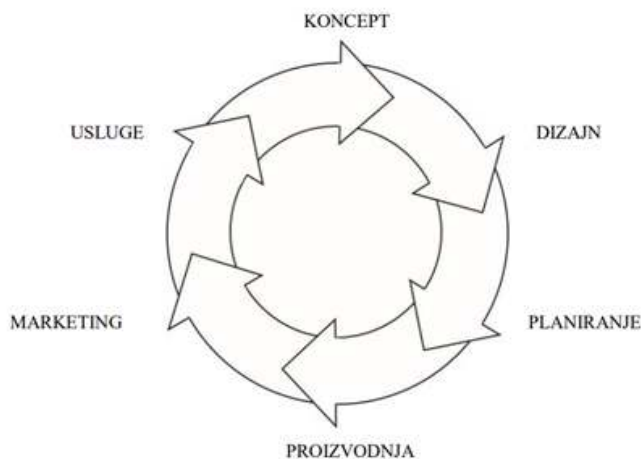
Ciklus kroz koji proizvod prolazi od razvoja do povlačenja s tržišta se zove životni ciklus proizvoda. Varijacija volumena prodaje tijekom životnog ciklusa proizvoda grafički je prikazana na slici 2. Volumen prodaje obuće će se postepeno povećavati i doseći maksimum nakon nekog vremena. Proizvod će se nastaviti prodavati neko vrijeme. Zatim će se prodaja početi postupno smanjivati zbog dostupnosti boljih proizvoda na tržištu. Vrijeme je da tvrtka uvede novi i poboljšani proizvod obuće na tržište kao i da povuče stari proizvod obuće. Tvrtke će obično savjetovati kupce da prodajna i servisna služba daje potporu starom proizvodu samo kroz ograničeno vrijeme.



Slika 2. Varijacija volumena prodaje u odnosu na životni ciklus proizvoda obuće

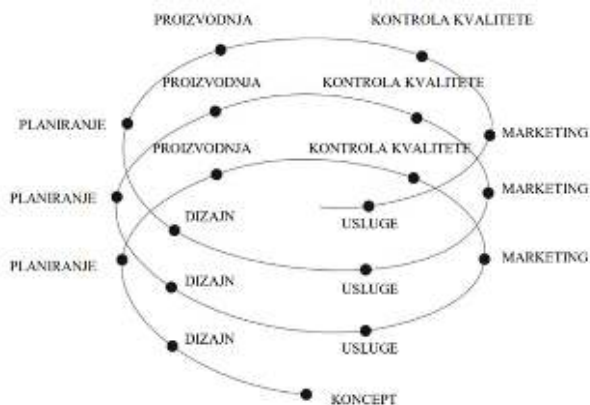
Ciklus razvoja proizvoda obuće počinje s razvojem koncepcije proizvoda, razvojem dizajna, konstrukcijom proizvoda, izradom određenog dijela obuće, marketingom i održavanjem, slika 3. Ideja o proizvodu obuće može doći od patenta, prijedloga kupaca, povratne informacije iz prodajne i servisne službe, istraživanja tržišta koje provodi marketinška služba ili iz službe za istraživanje i razvoj. Sljedeća faza je konceptualizacija proizvoda obuće. Odlučuje se o troškovima po kojima bi proizvod obuće trebao biti prodan na tržištu, a ukupni dizajn proizvoda obuće s obzirom na oblik, funkcionalne specifikacije, ergonomsku estetiku itd. detaljno se razmatraju i finaliziraju u ovoj fazi. Rad na razvoju proizvoda obuće dizajnerska služba prenosi u sljedeću fazu. Ona dizajnira svaki sklop i svaku komponentu sklopa. Detaljna analiza dizajna i optimiranje parametara se provode u ovoj fazi. Dizajn obuće može imati nekoliko varijanti. Na primjer, sportska obuća može imati ono što se naziva ogoljena verzija s minimalnim opcijama i ekstravagantnim verzijama s nekoliko dodanih funkcionalnosti. Između ovih ekstremnih verzija postoji i određeni broj modela obuće ili varijanti koji će ispuniti potrebe kupaca različitih platežnih sposobnosti. Dizajnerski odjel pristupa ovom dizajnu po metodi odozgo prema dolje ili odozdo prema dolje. Kod pristupa odozgo prema dolje cijeli sklop se prvo dizajnira i individualni dizajn se izvodi kasnije. Kod postupka odozdo prema gore dizajn komponente je prvi, a proizvod obuće se izrađuje sklapanjem komponenta. Dizajn će također uključivati pripremu detaljnih crteža [19].

Konstruiranje proizvoda obuće sastoji se od planiranja procesa, konstrukcije alata, projektiranja postrojenja, aktivnosti na osiguranju kvalitete, nabave, planiranja montaže itd. Marketinški odjel će imati odgovornost za provedbu odgovarajućih aktivnosti na plasmanu proizvoda obuće kao i za planirane prodaje i servisne mreže, oglašavanje i obuku prodajnog i servisnog osoblja.



Slika 3. Ciklus razvoja proizvoda obuće

U praksi djelatnosti na razvoju proizvoda obuće čine zavojnicu prikazanu na slici 4. Proizvod obuće prolazi kroz niz kontinuiranih poboljšanja, dodataka i sl. Tipičan primjer je računalni program čije poboljšane verzije se periodično odobravaju kao nove verzije. Povratna informacija s tržišta i servisne službe omogućuje poboljšanja dizajna i/ili razvoja novog dizajna. Kao primjer preporučuje se proučiti razvoj različitih modela kože i obuće zadnjih pet desetljeća kao i modni trendovi [16].



Slika 4. Zavojnica nastanka proizvoda

Razvoj sadašnjih proizvoda obuće se mijenjao kroz vrijeme. To se može razumjeti usporedbom modela cipele s visokom potpeticom 1533. godine (naručila Katarina de' Medici) sa sadašnjim oblicima cipela s visokom potpeticom. Međutim, razvoj dizajna se ne zaustavlja, već je kontinuiran proces.

Slično se može promatrati veliko poboljšanje u razvoju dizajna i upotrebe 3D tiskanja u kombinaciji s recikliranjem. Primjer je Adidasov inovativni koncept obuće. Riječ je o prvom prototipu tenisice na svijetu kojemu je gornji dio izrađen samo od materijala dobivenih recikliranjem polimernog otpada prikupljenog iz oceana, slika 5. Sastoji se od gornjeg dijela koji je izrađen od reciklirane plastike prikupljene iz oceana i središnjeg potplata koji je napravljen 3D tiskanjem od recikliranog poliestera i mreža [20].



Slika 5. Tenisica tt. Adidas [20]

4. Modeliranje obuće

Modeliranje skulptorskih površina i ljski primjenjuje se za oblikovanje obuće i drugih površina složenog oblika obuće. Složene površine odnosno ljske predstavljaju se mrežom linija (engl. Curve Mesh) kako je prikazano primjerom na slici 6a. Oblici definirani mrežom zakrivljenih crta nazivaju se „splajnovi“ (engl. Spline). Zavisno od matematičkog modela pomoću kojeg se ova mreža definira, razrađen je niz pristupa koji se mogu razvrstati u dvije grupe. Jednu grupu čine oni modeli kod kojih se površina definira translacijom, rotacijom ili nekim drugim pravilnim kretanjem izabrane zakrivljene crte. Ova linija se može definirati pomoću proizvoljno raspoređenog skupa točaka koje linija spaja ili pomoću parametarske jednadžbe. Oblik parametarske funkcije (jednadžbe) može biti različit, ali se najčešće koriste polinomi različitog oblika. Najčešće se koriste tri funkcije za aproksimaciju zakrivljenih linija ili površina a to su: kubični Spline, B-Spline i Bezirov Spline. Za dobivanje realnog izgleda modela obuće koristi se tekstura (slika 6b).



Slika 6. 3D model obuće je sastavljen od ovih dijelova: a) Geometrija – oblik se opisuje kao kostur 3D modela obuće; b) Tekstura – je slika koja prekriva 3D model poput omota te time dobiva realniji izgled

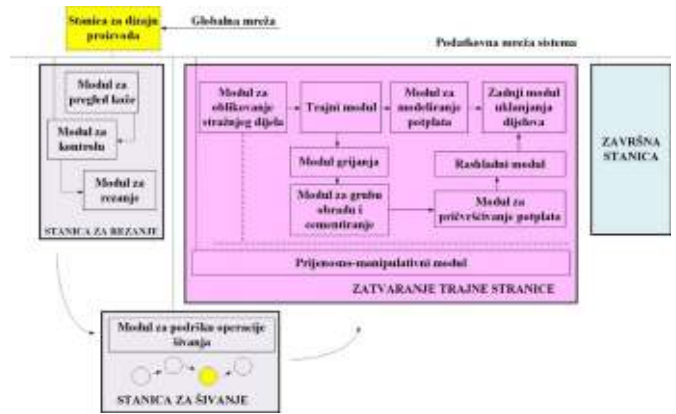
5. Ekspertni sustavi za obuću

Brzi razvoj proizvodnih i računarskih tehnologija otvorio je nove probleme u industriji kože i obuće i za rješavanje tih problema potrebni su novi, savremeni alati i tehnike. Umjetna inteligencija (engl. AI – Artificial Intelligence) nudi najprimjereniji skup alata za rješavanje složenih problema u industriji kože i obuće. Napredak AI tehnologije i ekspertnih sustava omogućuju primjenu računara u fazama razvoja proizvoda obuće, za razliku od rutinskih proračuna [29].

Temelji ekspertnog sustava (ES) proizilaze iz područja umjetne inteligencije, za koju se može reći da je znanost koja proučava metode kreiranja inteligentnog ponašanja računala. Postavlja se pitanje što razlikuje "konvencionalne programe" od ekspertnih sustava. Ako se računalni program zamisli kao niz pravila koja propisuju djelovanje, tada poznati algoritamski program možemo promatrati kao niz (naredbi) koji izvršava predefinjirana pravila, u kojem svako pravilo vodi ka jednoj, i samo jednoj akciji. Nadalje u takvom konvencionalnom programu obrađuju se simboli koji predstavljaju brojeve, aritmetička svojstva i matematičke operacije. Nasuprot tome, u ekspertnim sustavima niz pravila koja se izvršavaju, definiran je unutar programa u obliku mehanizma zaključivanja (engl. Inference engine) a premise pravila mogu voditi ka izvršavanju različitog broja postupaka (akcija). Simboli koji se koriste u ekspertnim sustavima mogu prikazivati bilo kakav objekt: ljude, materijale, klase objekata, koncepte itd. Ovdje je važno uočiti da simboli koji ne reprezentiraju samo brojeve zahtijevaju drugačija svojstva i mogućnosti programskih jezika, kako bi omogućili manipulaciju s takvim simbolima [30].

Osnovna struktura ekspertnog sustava za kožu i obuću prikazana je na slici 7. Komponente sustava su:

- Stanica za dizajn proizvoda, modul za pregled kože, modul za kontrolu, modul za rezanje, korisničko sučelje, odnosno ulazno/izlazni modul koji omogućava komunikaciju korisnika sa sustavom, omogućujući mu kreiranje i korištenje baze podataka za pojedini dizajn proizvoda;
- Modul za podršku operacije šivanja, koji uključuje proces šivanja povezan s ulaznim podacima i znanju iz baze znanja, a da bi se postavljeni problem riješio i objasnio rješenje;
- Prijenosno-manipulativni modul, baza znanja, koja sadrži osnovna znanja područja, uključujući činjenice, vjerovanja i ona znanja koja su karakteristična za eksperta podatkovne mreže sustava;
- Završna stanica, modul za stjecanje znanja, koji omogućava sistemu dobijanje novih znanja o gotovom proizvodu obuće.



Slika 7. Struktura ekspertnog sustava

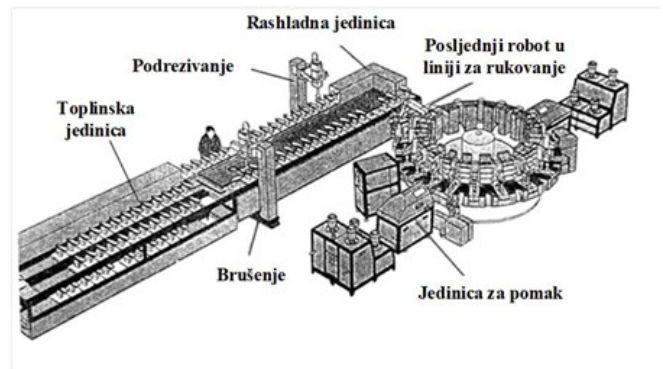
Mehanizam zaključivanja djeluje kao izvršitelj koji pokreće ekspertni sustav izvršavajući pravila prema ugrađenom protokolu zaključivanja te na taj način izvode korekcije koje vode ka rješenju problema. Baza znanja sadrži znanje specifično za određeno područje. Iskustva koja je ekspert akumulirao tijekom višegodišnjeg rješavanja problema, također su uključena u bazu znanja ili u mehanizam zaključivanja. To omogućava ekspertnom sustavu zaključuje u toku izvođenja, kao i da se prilagodi u novim situacijama. U izvedenim sistemima postoji povezanost između baze znanja i mehanizma zaključivanja pa često ne moraju biti realizirane kao odvojene komponente. Odvajanjem mehanizma zaključivanja od baze znanja omogućuje gradnju sustava sa tako razrađenim mehanizmom zaključivanja da ne ovisi o području primjene. To praktično znači da isti mehanizam zaključivanja, s različitim bazama znanja, može poslužiti za gradnju različitih ekspertnih sustava [31].

6. Fleksibilni proizvodni sustav u proizvodnji obuće

Jedinstveni i maleni opsezi proizvodnje se normalno izvršavaju pomoću konvencionalnih alatnih strojeva za opće namjene. Kada je broj dijelova obuće u proizvodnji veći, to se naziva serijska proizvodnja. Pogon za serijsku proizvodnju je najprikladniji za male količine različitih vrsta dijelova obuće. Zbog same prirode proizvodnje radionički tip proizvodnje (engl. job shop) je manje učinkovit nego na automatskoj proizvodnoj liniji [18].

Budući da se mora organizirati radionički tip proizvodnje, najviši stupanj fleksibilnosti, većina radova, su ručni. Normalno su opremljeni s CNC alatnim strojevima opće namjene. Velika automatizacija s odgovarajućom opremom najprikladnija je za proizvodnju vrlo velikih količina identičnih dijelova obuće. Proizvodnja obuće na prijenosnoj liniji pripada ovoj kategoriji. Veliki dio proizvodne industrije uključuje međurazinu serijske proizvodnje koje prelaze na FMS koncepciju. U tom slučaju opseg je manji, ali je veća različitost [21, 22, 23].

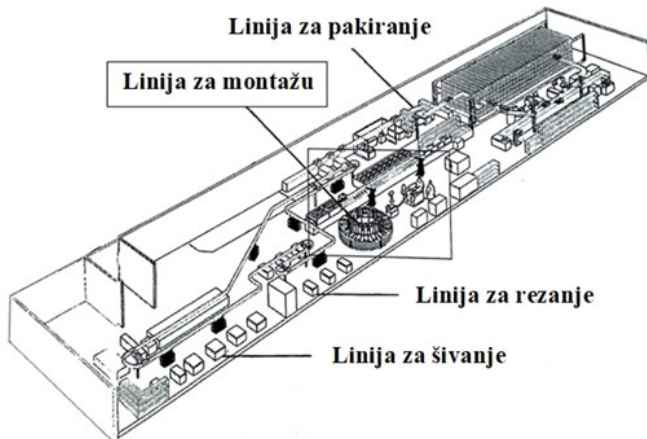
FMS je novi organizacijski oblik u proizvodnji obuće. Neki problemi konfiguracije podsklopova globalnog sklopov sustava formulirani su i riješeni algoritmom temeljenim na pretraživanju. Zatvoreni kružni sustav jedan je od mogućih načina simulacije grupnog rada na montažnoj traci. Fokus je stavljen na kreiranje fleksibilne i modularne proizvodnje obuće uz automatizaciju završne operacije montaže kroz simulaciju, slika 8.



Slika 8. Linija za proizvodnju obuće [16]

Fleksibilni proizvodni sustavi (FMS) u osnovi učinkovito automatiziraju operacije serijske proizvodnje operacije. One su alternativa koja se nalazi između ručne radioničke proizvodnje i potpune automatizacije. FMS je

najprikladniji za primjene koje uključuju međurazinu fleksibilnosti i male do srednje količine obuće. Na slici 9. prikazani su različiti tipovi proizvodnih sustava gdje u zatvorenom kružnom procesu proizvodnje strojevi opće namjene mogu proizvoditi različite dijelove. CNC strojevi mogu izvoditi različite operacije na proizvodu, a prijenosne linije su obično predviđene za proizvodnju dijelova obuće [25, 26, 27].



Slika 9. Struktura linije za proizvodnju obuće [16]

Najjednostavniji, ali i najfleksibilniji tip fleksibilnog proizvodnog sustava je stanica za fleksibilnu proizvodnju obuće. Sastoji se od jednog ili više CNC strojeva, za opću namjenu ili specijalnu konstrukciju koji su povezani s automatskim rukovanjem materijala obuće i izmjenjivačima alata za obradu. Fleksibilni proizvodni sustav je sposoban za automatsku obradu velikog područja različitih izradaka obuće. On se obično koristi za jedinstvenu i malu serijsku proizvodnju kao neovisni centar za obradu dijelova obuće, ali često i kao polazište za fleksibilni proizvodni sustav.

7. Zaključak

Očekivanja današnjih potrošača obuće uključuju vrhunsku kvalitetu i učinkovitost, veće tehnološke sposobnosti i pravovremenu isporuku. Sve to se može osigurati po sniženim troškovima zbog globalne konkurencije s kojom se susreću proizvodne industrije. Od samih početaka industrijalizacije proizvodnje osnovni cilj vođenja proizvodnje obuće bio je pokušaj njene realizacije uz što veću proizvodnost, a što manje troškove [32, 33, 34].

Takva klasična "kruta" automatizacija imala je određena ograničenja, posebice nefleksibilnost i visoke cijene izrade te je bila isplativa prvenstveno kod visokoserijske i masovne proizvodnje. Novi pomak u tehnologiji nastaje inovacijama u području razvoja i primjene računala, i to već 50-tih godina (digitalno računalo) te preko 70-tih (mikroprocesori), formulirajući termin informatička revolucija. Njezino su sredstvo bile inovativne računalne tehnologije koje su kao rezultat omogućile neophodnu fleksibilnost automatizacije kroz integraciju i optimizaciju proizvodnih aktivnosti, što u strateškom razvoju vodi ka proizvodnji s bitno novim karakteristikama "računalom integriranoj proizvodnji (CIM)". Takve karakteristike omogućuju ekonomsku uspješnost proizvodnje i pri manjim serijama, što ukazuje da informatička revolucija donosi snažne promjene, iste razine jakosti kao i industrijska revolucija.

Literatura

1. Becker J., Rosemann, M.: Logistik und CIM, Springer Verlag 1993.
2. Boatz U.: CAD/CAM - Compass Maschinenbau, Cadib - Aachen 1987.
3. Feldman K.: Montageplanung in CIM, Springer Verlag 1992.
4. Millberg J.: Von CAD/CAM zu CIM, Springer Verlag 1992.
5. Posch M., Pogoda K.: Computer & Design, Bruckman KG, München 1993.
6. Pugh S.: Total Design, Addison-Wesley Publishing Company 1990.
7. Rembold U., Nnaji B.: CIM - Computeranwendungen in der Produktion, Addison - Wesley Publishing Company 1995.
8. Schlottmann D.: Auslegung von Konstruktionselementen, Springer Verlag 1995. Smith G. T.: CNC Machining Technology, The Handbook on Tuning and Machining Centres, Springer Verlag 1993.
9. Warnecke G.: Expertensysteme in CIM, Springer Verlag 1991.
10. Weck M.: Simulation in CIM, Springer Verlag 1991.
11. Yagin T.: Modeling Design Objects and Processes, Springer Verlag 1991.
12. Tiro, D., Mijović, B., Computer application for obtaining recommended refimens of the proces, Proceedings of 7th International Scientific Conference on Production Engineering - CIM2001, Korčula, Hrvatska, III-091 do III-100, 14 do 15 lipnja 2001.
13. Mustapić, N., Mijović, B., Methods of thermal analysis of continuous process in textile industry, Proceeding of 3rd International Conference on Revivalisation and Modernisation of Production, RIM 2001, Bihać, BiH, 26-27. listopada 2001, 725-732
14. Rahimić, S., Mijović, B., Development of CIM encirclement for deep drawing tool, Proceedings of 8th International Scientific Conference on Production Engineering - CIM2002, Brijuni, Hrvatska, 13-14. lipnja 2002.
15. Mijović, B., Skoko, M., Ujević, D., Baksa, S.: Computer 3D Visualisation of virtual phase transport in the textile Industry, Proceedings of 12th International DAAAM Symposium, Jenna, Njemačka, 24-27. listopada 2001, 301-302
16. Agić, A., Mijović, B., Modern assembly system in footwear production, Proceedings of 11th International DAAAM Symposium, Opatia, Hrvatska, 19-21. listopada 2000, 2-3. (ISBN 3-901509-13-5)
17. Mijović, B., Skenderi, Z., Perić, S., Fleksibilni proizvodni sustav za pripremu pređe, Tekstil, 49, (2000.), 1, 1-8 (UDK 677.022:677.022.2)
18. Ryan D. L.: Modern Graphic Communications a CAD Approach, Prentice-Hall, 1986.
19. Mijović, B., Skoko, M., Sigurnost pri radu s robotima i manipulatorima, Rad i sigurnost, 9, (2005.), 2, 65-77 (UDK/UDC 687.1: 33.44)
20. <https://www.arch2o.com/shoes-with-mid-sole-3d-printed-from-recycled-ocean-waste-adidas-and-parley-for-the-oceans/>
21. Scheer, A.W.: CIM Computer Integrated Manufacturing: Towards the Factory of the Future, Springer Science & Business Media, 2012.
22. Meijer, G.R., Kirchoff, U.: CIM Design Methodology: Managing the Realisation of CIM systems, Realising CIM's Inudstrial Potential, IOS Press, 1993.
23. Mertins, K., Süssenguth, W., Jochem, R.: Planning of Enterprise-Related CIM Structures, Manufacturing Research and Technology, Vol. 16, pp 67-76, 1993.
24. Chen, I.J.: Planning for ERP systems: analysis and future trend, Business Process Management Journal, Vol. 7, Br. 5., pp 374-386, 2001.
25. Xue, J.: Integration od CAD/CAPP/CAM, De Gruyter STEM, 2018.
26. Norton, N.L.: CAM Design and Manufacturing Handbook, Industrial Press Inc., 2009.
27. Chang, K-H.: Product Design Modeling using CAD/CAE, Academic Press, Elsevier Inc., 2014.
28. Rembold, U.; Dillmann, R.: Computer-Aided Design and Manufacturing: Methods and Tools, Springer Science & Business Media, 2012.
29. Hazarika, M.; Dixit, U.: Setup Planning for Machining. Springer, 2015.
30. Gologlu, C.: A constraint-based operation sequencing for a knowlege-based process planning. Journal of Intelligent Manufacturing, br. 15, 2004., 463-470.
31. Kafashi, S.: Integrated setup planning and operation sequencing (ISOS) using genetic algorithm. International Journal of Advanced Manufacturing Technologies. Springer, 2011.
32. Nallakumarasamy, G.; Srinivasan, P.; Venkatesh Raja, K.; Malayalamurthi, R.: Optimization of operation sequencing in CAPP using simulated annealing technique (SAT). International Journal of Advanced Manufacturing Techolgies. Br. 54, 2011. 721-728.
33. Laarhoven, P.J.M., Aarts, EHL: Simulated annealing: Theory and Applications. Springer Science, Dordrecht, 1978.
34. Hegedić, M.: Model upravljanja proizvodnjom integriranjem vitkoga i zelenoga menadžmenta, Doktorski rad, FSB, 2017.
35. Kovačec, M.: Model učinkovitoga upravljanja proizvodnim sustavima, Doktorski rad. FSB, 2015.