

ULOGA CAD SISTEMA U PROJEKTOVANJU PROIZVODA THE ROLE OF CAD SYSTEM IN PRODUCT DESIGN PROCESS

Milan Pavlović, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš.*

Miloš Ristić, *Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš*

Vukašin Pavlović, *Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Aleksandra Medvedeva 14, Niš*

Sadržaj - U ovom radu je prikazan proces projektovanja medicinskog uređaja beskona ne pokretne trake upotrebom CAD softvera SolidWorks. U procesu projektovanja, izvršeno je konceptualno i funkcionalno definisanje konačnog proizvoda pomoću CAD softvera, odnosno, definisan je koncept uređaja i izvršeno je modeliranje i simulacija opterećenja kritičnih delova uređaja. Cilj simulacije bio je da se utvrdi da li kritični delovi mogu podneti odgovarajuće opterećenje koje potiče od kretanja pacijenta po pokretnoj traci. Rezultati simulacije su pokazali da je celokupan model proizvoda, sa svim kritičnim podsklopovima, prihvatljiv sa aspekta pouzdanosti i sigurnosti u radu. Na osnovu toga, a prema projektnoj dokumentaciji, uređaj je proizveden i testiran u medicinskoj ustanovi, u realnim uslovima, gde su dobijeni zadovoljavajući rezultati, a uređaj i danas uspešno radi.

Ključne reči: Projektovanje. Pokretna traka. CAD. Simulacija.

Abstract - In this paper, design process of medical device treadmill, using of CAD software SolidWorks is presented. In framework of design process, concept and functional defining of final product was performed, i.e. device concept was defined and modeling and load simulation of critical device parts was performed. Goal of simulation was determining if critical parts can withstand load that comes from patient's movement on treadmill. Results of simulations showed satisfying characteristics of critical parts. Based on that and according to the design documentation, device was produced and tested. Testing process was performed in medical institution in real conditions, results were satisfying, and device successfully works.

Key words: Design process. Treadmill. CAD. Simulation.

1. UVOD

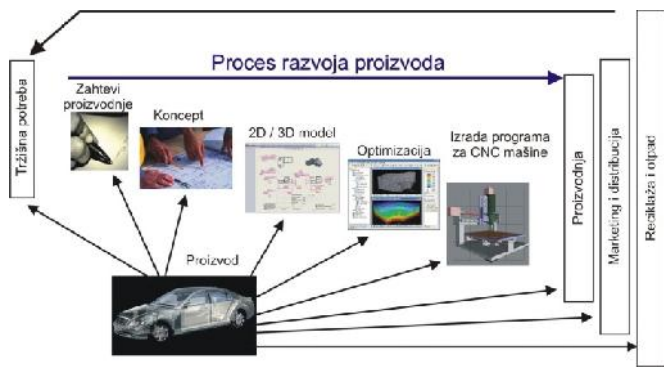
Danas, kada se proizvodi i utrkuju u primeni inovacija kako bi finalni proizvod bio potpuno adekvatan zahtevima tržišta [1], proces projektovanja [2], razvoja i izrade proizvoda [3] je nezamisliv bez upotrebe računara i savremenih softvera [4, 5]. Kao rezultat stalnih težnji ka bržoj i savremenijoj proizvodnji, razvijen je virtuelni razvoj proizvoda (engl. *virtual prototyping*) [6, 7] kao metod prevođenja fizičkog proizvoda (sklopa ili mašinskog dela) iz proizvodnog prostora u prostor projektovanja inženjerskog sistema, upotrebom računara podržanih oblasti, tzv. CA (engl. *Computer Aided*) discipline. Tehnologije virtuelnog proizvoda [6] koriste tzv. integrisani model proizvoda npr. baza STEP¹ zapisa, u kome treba da budu smešteni svi relevantni podaci proizvodu koji su potrebni za rad sistema za računarski podržani razvoj proizvoda - CAPD² (engl. *Computer Aided Product Development*).

Sa stanovišta teorije proizvoda [8] mogu se navesti brojni faktori koji utiču na proces projektovanja proizvoda: porast društvenih potreba iskazan tržišnim zahtevima, skraćeno vreme projektovanja i izrade proizvoda, smanjenje veka trajanja proizvoda, upotreba zahtevanih ili reciklažno prihvatljivih materijala, zahtevi za kvalitetom rastu a troškovi proizvoda se moraju smanjivati, itd. Ovakav mnogostruki uticaj na proces projektovanja za proizvodnju - DFM (engl. *Design for manufacturing*) [9, 10], kompleksnost procesa, kao i širina potrebnih znanja zahtevaju multidisciplinarnu timove stručnjaka koji rade simultanim radom na razvoju proizvoda [11, 12], sagledati sve potrebne zahteve i ostvariti najviše uštede u životnom ciklusu izrade proizvoda [13].

Rezultati istraživanja, kao i iskustva iz industrije naglašavaju potrebu integracije informacionih tokova u proces izrade proizvoda (Slika 1), gde je deo proces projektovanja i konstruisanja [14]. Savremeno projektovanje se ne može zamisliti bez upotrebe CAD/CAE softvera. Računarski podržano projektovanje - CAD (engl. *Computer Aided Design*) je softverski alat [15], koji u kombinaciji sa drugim alatima, kao npr. CAE (engl. *Computer-Aided Engineering*) [16], predstavlja jedan deo celokupne aktivnosti razvoja digitalnih (virtuelnih) proizvoda u okviru upravljanja životnim ciklusom proizvoda [17].

¹ STEP (engl. *Standard for The Exchange of Product model data*) je ISO standard (ISO 10303) za razmenu podataka o proizvodima i procesima. Njegov je uloga obezbeđivanje podrške automatizaciji projektovanja u industrijskom okruženju. STEP uzima u obzir sve podatke iz životnog ciklusa proizvoda.

² U literaturi se pored akronima CAPD može naći i akronim CAx (engl. *Computer-Aided Technologies*). Oba akronima označavaju skup sistema za projektovanje proizvoda i proizvodnih procesa pomoću računara (CAD, CAE, CAPP, CAM, itd.).



Slika 1. Proces izrade proizvoda [14].

U ovom radu je predstavljen proces projektovanja i izrade medicinskog uređaja – beskona ne pokretne trake, korišćenjem CAD softvera za izradu 3D modela i simulaciju opterećenja određenih delova uređaja. Na ovaj način se, pre izrade samog proizvoda, virtuelni proizvod ispituje u simuliranim uslovima rada, slično realnim opterećenjima i uslovima eksploatacije, čime se ostvaruju znatne uštede neizradom (velikog broja) prototipova.

U toku rada, izvršeno je konceptualno definisanje proizvoda u saradnji sa stručnjacima iz odgovarajuće naučne oblasti. Zatim je medicinski uređaj funkcionalno definisan korišćenjem CAD softvera. Funkcionalnim definisanjem je obuhvaćena izrada modela uređaja i simulacija opterećenja kritičnih delova uređaja. Nakon toga, izvršena je analiza rezultata simulacije i diskutovana zaključna razmatranja.

2. PRIMENA CAD SOFTVERA NA MODELU BESKONA NE POKRETNE TRAKE

Funkcionisanje moderne medicine bez upotrebe uređaja koji omogućavaju brže, bolje i sigurnije rukovanje je nezamislivo. Uloga modernih uređaja u medicini je veoma važna, pogotovo u rizici u oblastima kao što su hirurgija, radiografija, rehabilitacija, itd. Sa druge strane, razvoj i testiranje medicinskih uređaja je veoma složen proces koji mora biti izvršen veoma brzo i kvalitetno, obzirom na specifičnost njihove uloge i specijalnih uslova u kojima treba da rade. Zbog toga je upotreba CAD softvera u procesu projektovanja i izrade medicinskih uređaja neophodna, jer smanjuje vreme projektovanja i testiranja kroz korišćenje metode "virtual prototyping" [18, 19, 20].

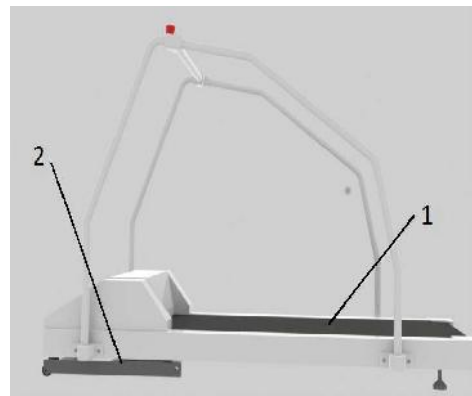
Značaj upotrebe CAD softvera se može ista i kroz prikazan proces projektovanja i izrade medicinskog uređaja - beskona ne pokretne trake, koji se sastoji od konceptualnog i funkcionalnog definisanja konačnog proizvoda [21]. Cilj konceptualnog definisanja je da se utvrdi tehnika rešenja proizvoda koje će izvršiti zadate zahteve, dok funkcionalno definisanje obuhvata korišćenje CAD softvera u procesu projektovanja uređaja i njegovo testiranje u realnim uslovima nakon izrade.

Obzirom na primenu beskona ne pokretne trake u kardiologiji [22], definisanje koncepta beskona ne pokretne trake je izvršeno na osnovu zahteva i konsultacija sa lekarom - specijalistom kardiologije. Definisanje su dve funkcije uređaja, rotacija beskona ne pokretne trake i elevatorno kretanje (promena ugla) uređaja.

Nakon toga, izvršeno je funkcionalno definisanje uređaja. U okviru toga, određene su potrebne sile za izvršavanje

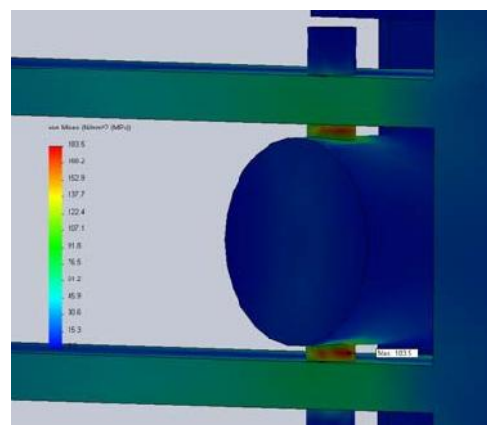
funkcija, i na osnovu toga su definisani i izabrani odgovarajući i pogonski elementi, elementi za prenos snage, kao i izvršni i pomoćni elementi uređaja. U sledećoj fazi izvršeno je potpuno definisanje i dimenzionisanje elemenata i podskloпова uređaja, nakon čega je izvršeno modeliranje uređaja korišćenjem softverskog paketa SolidWorks.

Modeliranje uređaja je izvršeno na osnovu multy-body-systems teorije [23], gde je mehanički deo sistema definisan kao sklop tela koja su međusobno povezana zglobovima i koji omogućavaju linearno ili rotaciono kretanje, u zavisnosti od definisanih stepena slobode kretanja. U skladu sa definisanim funkcijama, uređaj je modeliran, tako da se sastoji iz dva podsklopa - podsklopa za rotaciju beskona ne pokretne trake i podsklopa za elevaciju, kako je i prikazano na slici 2.



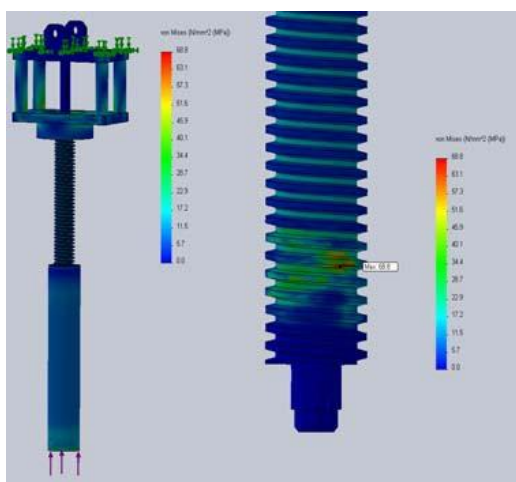
Slika 2. Podskloповi uređaja: 1) Podsklop za rotaciju beskona ne pokretne trake; 2) Podsklop za elevatorno kretanje.

Glavni problem u procesu projektovanja uređaja je bio dimenzionisanje podsklopa za elevatorno kretanje i to konstrukcije i pogonskog elementa, s obzirom na to da je funkcionalnim zahtevima predviđena potreba da ovaj podsklop podnese opterećenje nastalo od kretanja pacijenta po beskonačnoj pokretnoj traci u svim elevatorskim pozicijama. Zbog toga je izvršena simulacija opterećenja kritičnih delova uređaja, korišćenjem modula SolidWorks Simulation. Ovaj modul koristi prethodno izrađen 3D model i vrši simulaciju korišćenjem metode konačnih elemenata (MKE) [24]. Kao rezultat simulacije, dobijeni su grafički prikazi naponskog stanja podsklopa za elevaciju (Slika 3) i pogonskog elementa (Slika 4).



Slika 3. Naponsko stanje podsklopa za elevaciju - Kritična zona.

Na prikazima napona se mogu videti kriti ne zone, koje su označene crvenom bojom, sa odgovarajućim vrednostima napona.



Slika 4. Naponsko stanje pogonskog elementa.

Rezultati simulacije su pokazali da su dimenzionisanje podsklopa i usvajanje vrste i tipa materijala izvršeni pravilno, pa je uređaj, prema projektnoj dokumentaciji, proizveden (Slika 5) i testiran u realnim uslovima u odgovarajućoj medicinskoj ustanovi, gde i danas, bez problema, radi.



Slika 5. Proizvedeni uređaj.

3. ZAKLJUČAK

Novi pravci u projektovanju i razvoju proizvoda, zahtevaju korišćenje bržeg i savremenijeg pristupa. To obuhvata smanjenje troškova u svim delovima procesa, smanjenje vremena razvoja, izrade i ispitivanja proizvoda uz upotrebu kvalitetnijih materijala i korišćenje savremenih tehnologija. Iz tih razloga, dolazi do integracije informacionih tehnologija u proces projektovanja i izrade proizvoda. Savremeno projektovanje podrazumeva obavezno korišćenje CAD/CAE softvera koje ima mnoštvo prednosti. Glavna prednost korišćenja CAD softvera u procesu projektovanja proizvoda se ogleda u mogućnosti lakše i brže izmene koncepta i karakteristika proizvoda bez prethodne proizvodnje prototipa.

Virtuelni ili digitalni model proizvoda zapisan u STEP format, obezbeđuje da pored podataka o geometriji, u model

proizvoda unesemo i znanje o celokupnom životnom ciklusu proizvoda, ime CAD softver dobija svoju nadogradnju različitim modulima kao i pojedinim bazama znanja – što predstavlja osnovu za rad ekspertnih sistema koji odlučuju o modelu proizvoda.

Upravo ta prednost je iskorišćena u ovom radu, gde je prikazana primena CAD softvera u procesu projektovanja medicinskog uređaja beskonačne pokretne trake. Nakon izvršenog konceptualnog definisanja konačnog proizvoda uz saradnju stručnjaka iz oblasti kardiologije, izvršeno je funkcionalno definisanje. U okviru toga, uređaj je modeliran u softveru SolidWorks i izvršena je simulacija kritičnih delova uređaja upotrebom modula SolidWorks Simulation.

Rezultati simulacije su pokazali da kritični delovi uređaja imaju zadovoljavajuće karakteristike, pa je uređaj, prema projektnoj dokumentaciji, proizveden i testiran u realnim uslovima gde i danas radi.

Na osnovu toga, može se zaključiti da je upotreba informacionih tehnologija sastavni deo procesa savremenog projektovanja i izrade proizvoda, a sama upotreba CAD softvera ima značajnu ulogu kroz više prednosti koje utiču na poboljšanje karakteristika konačnog proizvoda.

LITERATURA

- [1] G. Devedži, *CAD/CAM tehnologije*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 2006.
- [2] G. Boothroyd & A. H. Redford, *Mechanized Assembly*, McGraw-Hill, London, 1968.
- [3] Boothroyd G., & Radovanovic P., *Estimating the cost of machined components during the conceptual design of a product*. Annals of CIRP, 38 (1), 157., 1989.
- [4] U. S. Congress, Office of Technology Assessment, *Computerized manufacturing automation*, DIANE Publishing, p. 48., 1994.
- [5] M. Mani, D. Spasi, *Numerički upravljane mašine*, Mašinski fakultet Niš i Viša tehnička škola u Nišu, Niš, 1998.
- [6] Erastos F., and B. Eion, *Towards the smart organization: An emerging organizational paradigm and the contribution of the European RTD programs*, Journal of Intelligent Manufacturing 12, pp. 101–119., 2001.
- [7] Lawrence A., *VM User Workshop Final Report, V2*, Virtual Manufacturing User Workshop, Dayton. pp. 2., 1994.
- [8] V. Miltenovi, *Razvoj proizvoda: strategija, metode, primena*, Mašinski fakultet u Nišu, Niš, 2003.
- [9] Gupta S. K., Nau D. S., *Systematic approach to analyzing the manufacturability of machined parts*, Computer Aided Design, Volume 27, Issue 5, pp: 323-342., May 1995.
- [10] D. Hsiao, *Feature Mapping and Manufacturability Evaluation with an open set feature modeler*. PhD thesis, Mechanical Engineering, Arizona State University, Tempe, Arizona, 1991.
- [11] Domazet D., *Concurrent Design and Process Planning of Rotational Parts*, Annals of the CIRP, Vol. 41/1, str. 181 – 184., 1992.

- [12] Shehab E. M., Abdalla H. S., *Manufacturing cost modelling for concurrent product development*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 17, pp. 341-353., 2001.
- [13] Lin A. C., Lin S., Lin Y., Cheng S. B., *Extraction of Manufacturing Features from A Feature-Based Design Model*, International Journal of Production Research, 35 (12), pp. 3249-3288., 1997.
- [14] Risti M., *Projektovanje proizvoda sa aspekta tehnologi nosti*, Magistarski rad, Mašinski fakultet u Nišu, 2012.
- [15] Akman V., ten Hagen W.J.P., Tomiyama T., *A fundamental and theoretical framework for an intelligent CAD system*, Computer-Aided Design, Vol. 22, No. 6., pp. 352-367., 1990.
- [16] Venkatachalam, A. R. Mellichamp, J. M. and Miller, D. M., *A knowledge-based approach to design for manufacturability*, Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 4, pp. 355–366. 1993.
- [17] Karthik R. et al., *Integrated Sustainable Life Cycle Design: A Review*, Journal of Mechanical Design, vol. 139, Issue 9, ASME – The American Society of Mechanical Engineers, 2010.
- [18] M. Milošević , S. Mladenović , S. Popić , G. Čorović , *Contemporary Approach of Computer Aided Design of Universal Radiography System*, In. Proc. of International Scientific-expert Conference INFOTEH-JAHORINA 2011, pp. 59-63, 2013.
- [19] M. Milošević , M. Tomić , A. Milojević , S. Mladenović , G. Čorović , *Application of CAD Software for Developing new Radiography Positioner System*, In. Proc. of International Scientific-expert Conference INFOTEH-JAHORINA 2013, 2013.
- [20] M. Milošević , V. Pavlović , M. Tomić , M. Pavlović , M. Banić , *Utilization of CAD software for developing blood filtration system*, In. Proc. of the Eight International Symposium "KOD 2014", pp. 93-96, 2014.
- [21] V. Pavlović , M. Milošević , M. Pavlović , G. Čorović , *Use of CAD software in developing mechatronic medical devices in example of Treadmill*, In. Proc. of International Scientific-expert Conference INFOTEH-JAHORINA 2011, pp. 517-521, 2011.
- [22] LM Giangregorio, AL Hicks, CE Webber, SM Phillips, BC Craven, JM Bugaresti and N McCartney, *Body weight supported treadmill training in acute spinal cord injury: impact on muscle and bone*, Spinal Cord (2005) 43, 649–657
- [23] W. Schiehlen, *Advanced Multibody Systems Dynamics*, Kluwer Academic 1993.
- [24] R. D. Cook, *Concept and application of finite element analysis*, New York: Wiley 1989.