

3D OBLIKOVANJE ZAVARENE IZVEDBE ROTORA CENTRIFUGALNE PUMPE NA TEMELJU POSTOJEĆE 2D RADIONIČKE DOKUMENTACIJE

Božidar Hršak, Ante Čikić, Stjepan Golubić

*Visoka tehnička škola u Bjelovaru,
Trg Eugena Kvaternika 4
43000 Bjelovar*

Ključne riječi: *centrifugalna pumpa, 3D oblikovanje, reverzibilni inženjering, brza izrada prototipa, 3D pisac*

Sažetak:

Prikazana je izrada 3D modela sklopa rotora centrifugalne pumpe zavarene izvedbe u programskom alatu *SolidWorks* na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije i reverzibilnog inženjeringa. Provedene su analize zakrivljenosti površina 3D modela i zakrivljenosti "Zebra Uzorkom". U programskom modulu *SolidWorks PhotoView 360* kreirana je fotorealistička vizualizacija 3D modela rotora. Izrađena je potpuno nova 2D radionička dokumentacija za izradu svih potrebnih dijelova zavarenog sklopa rotora. Na niskobudžetnom 3D pisacu *MakerBot Replicator 2X*, primjenom FDM tehnologije taložnog očvršćivanja materijala, izrađen je umanjeni 3D model sklopa rotora centrifugalne pumpe.

3D DESIGN OF A WELDED-TYPE CENTRIFUGAL PUMP IMPELLER BASED ON THE EXISTING 2D WORKSHOP DOCUMENTATION

Key words: *centrifugal pump, 3D design, reverse engineering, rapid prototyping, 3D printer*

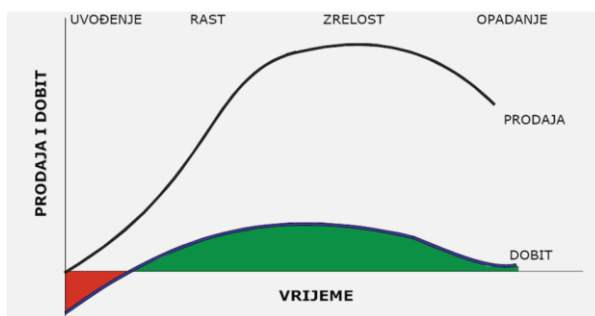
Abstract:

This paper presents prototyping of a 3D model of the welded-type impeller assembly of a centrifugal pump in *SolidWorks* based on the existing 2D workshop documentation and reverse engineering. Curvature analyses of the 3D model surfaces and Zebra Stripes analyses were carried out. A photorealistic visualisation of the 3D model of the impeller was made in the *SolidWorks PhotoView 360* software module. Completely new 2D workshop documentation was made for the purpose of manufacturing all necessary parts of the welded impeller assembly. A low-budget 3D printer *MakerBot Replicator 2X* was used for manufacturing a reduced-scale 3D model of the centrifugal pump impeller assembly, using the fused deposition modelling technology.

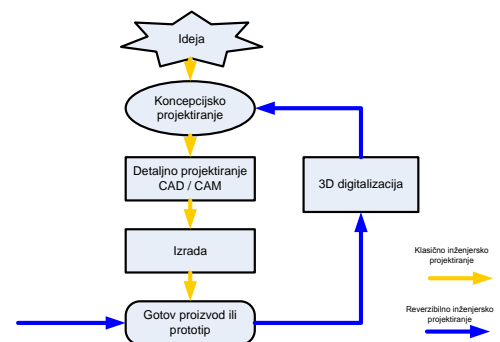
1. UVOD

Procjena trajanja radnih ciklusa proizvoda značajno je za donošenje pravilnih odluka o razvoju novog ili redizajniranju postojećeg proizvoda. U fazi zrelosti prodaja proizvoda nastavlja s rastom, ali samo u prvom dijelu te faze. U drugom dijelu dolazi do "smanjenja" prodaje kao posljedica zasićenja tržišta, te je potrebno redizajnirati proizvod (slika 1.).

Konkurentske tvrtke kopiranjem vodećeg proizvoda te znatno nižim cijenama osvajaju dio tržišta. Funkcionalnom modifikacijom (rekonstrukcijom) "novi" proizvod se prilagođava "novim" potrebama kupaca. Jedan od razloga za redizajniranje proizvoda je i promjena tehnologije zbog nove (manje) veličine proizvodne serije. Kako bi se proces redizajna postojećeg proizvoda "uklopio" u aktivnosti po principu konkurentnog inženjeringa, (eng., *Concurrent - Simultaneous Engineering*), reverzibilnog inženjeringa i tehnologije brze izrade prototipa (eng., *RP – Rapid Prototyping*), za donošenje pravilnih odluka nužno je izraditi i njegov 3D CAD model (slika 2.).

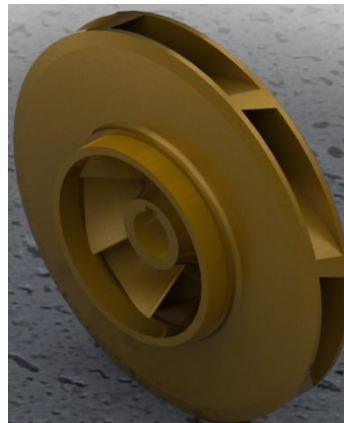


Slika 1. Životni ciklus proizvoda [1]



Slika 2. Klasično i RE (Reverzibilno) projektiranje [2]

Razvoj i optimizacija postojećeg proizvoda te primjena reverzibilnog inženjeringa prikazana je na primjeru redizajna rotora centrifugalne pumpe u lijevanoj izvedbi (slika 3.),



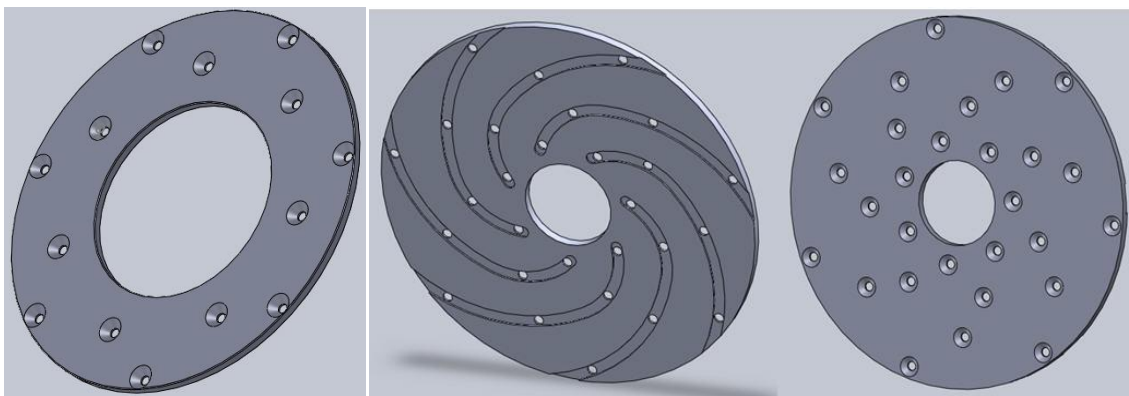
Slika 3. 3D model rotora centrifugalne pumpe u lijevanoj izvedbi

3D model rotora centrifugalne pumpe u zavarenoj izvedbi izrađen je na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije za lijevanu izvedbu. Za izradu 3D modela odabran je programski alat *SolidWorks* zbog zahtjevnosti 3D oblikovanja. Programski alat omogućuje analizu zakrivljenosti površina 3D modela (eng., *Curvature*), zakrivljenosti "Zebra Uzorkom" (eng., *Zebra Stripes*), i 3D vizualizaciju modela u programskom modulu *PhotoView 360*.

2. 3D OBLIKOVANJE ZAVARENE IZVEDBE ROTORA CENTRIFUGALNE PUMPE

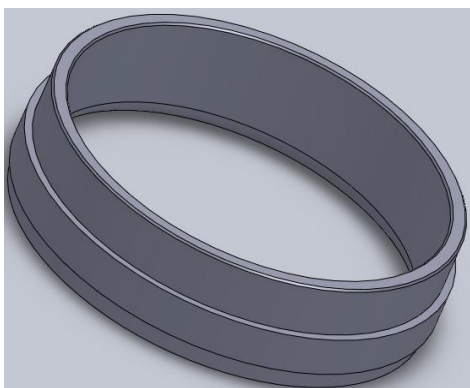
Prilikom izrade 3D modela najprije su izrađeni 3D modeli svakog pojedinog dijela rotora, zatim su svi dijelovi spojeni u zajedničku cjelinu - sklop, a nakon toga "generirana" kompletna 2D radionička dokumentacija dijelova (eng., *Parts*) i sklopa (eng., *Assembly*).

Na temelju postojeće 2D radioničke dokumentacije, postupak 3D oblikovanja započinje modeliranjem prednje i zadnje ploče rotora s profilnim utorima za lopatice. (slika 4.).

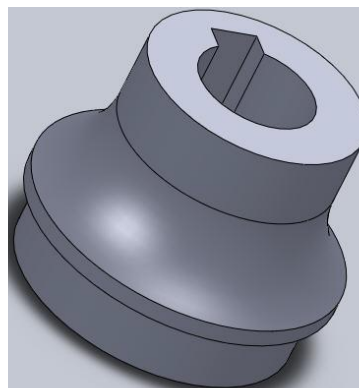


Slika 4. Prednja i zadnja ploča rotora s profilnim utorima za lopatice

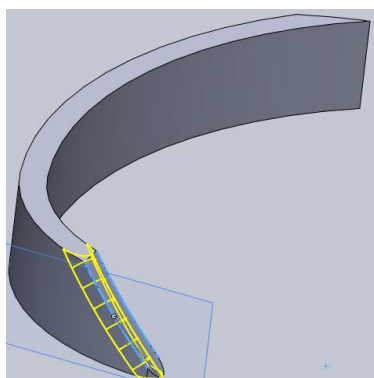
Pomoću raspoloživih alata za napredno oblikovanje izrađeni su 3D modeli ostalih dijelova rotora centrifugalne pumpe: prsten prednje ploče rotora (slika 5.), glavina rotora (slika 6.), lopatica rotora (slika 7.) i prsten zadnje ploče rotora (slika 8.)



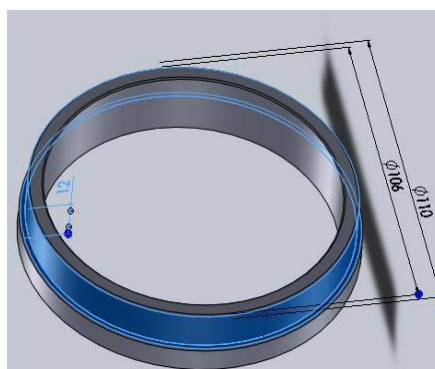
Slika 5. Prsten prednje ploče rotora



Slika 6. Glavina rotora

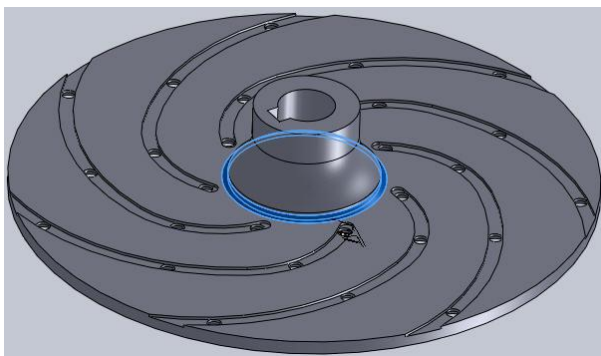


Slika 7. Lopatica rotora

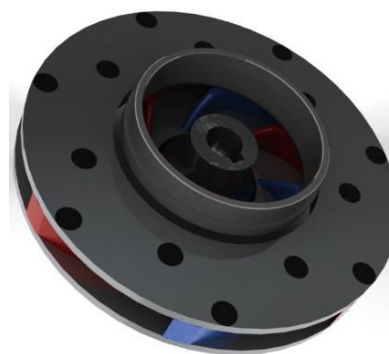


Slika 8. Prsten zadnje ploče rotora

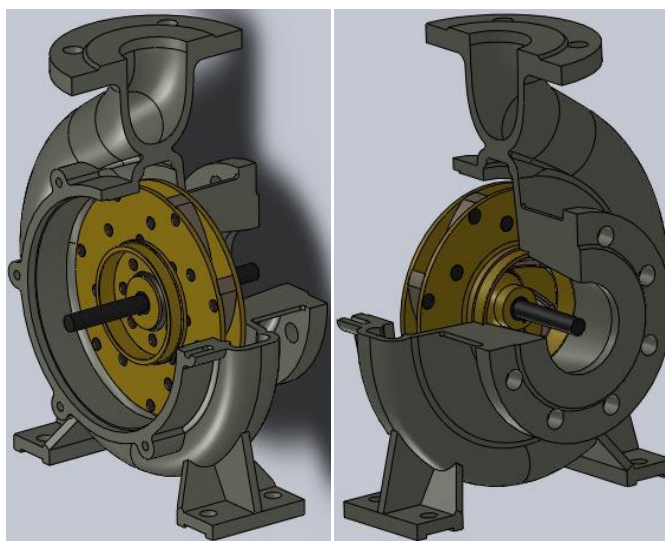
Nakon 3D modeliranja svih dijelova (eng., *Parts*) provedeno je njihovo spajanje u sklop (eng., *Assembly*) pomoću značajke za zavarivanje (eng., *WeldBead*) (Slika 9.), renderiranje u programskom modulu *PhotoView 360* (slika 10.), te završno spajanje u konačan proizvod – centrifugalnu pumpu (slika 11.).



*Slika 9. Zavarivanje (spajanje) glavine na zadnju ploču rotora značajkom za zavarivanje (eng., *WeldBead*)*



Slika 10. Zavareni i renderirani 3D model rotora centrifugalne pumpe



Slika 11. Završna montaža zavarene izvedbe 3D modela rotora s osovinom u kućište centrifugalne pumpe

3. ANALIZA ZAKRIVLJENOSTI POVRŠINA (ENG., *CURVATURE*) I ZAKRIVLJENOSTI „ZEBRA“ UZORKOM (ENG., *ZEBRA STRIPES*)

Prilikom 3D oblikovanja proizvoda sa zakrivljenim površinama za analizu i redizajn 3D modela, alatom za sjenčanje (eng., *Curvature*) prikazane su zakrivljenosti površina kako bi se uočili diskontinuiteti i infleksije, (slika 12.).

Analiza zakrivljenosti "Zebra Uzorkom" (eng., *Zebra Stripes*) kreirana je za analizu složenijih 3D oblika. Modelu se dodjeljuje svojstvo savršeno-refleksnog tijela i smješta se u prostor koji je ili

kugla ili kocka, gdje su "zidovi" obojeni crno-bijelom šrafurom. Način na koji šrafure prelaze preko bridova ukazuje na nivo kvalitete površina na svakoj strani brida uz 4 karakteristična uvjeta:

C0 = površine se dodiruju na bridu;

C1 = površine su tangente preko brida;

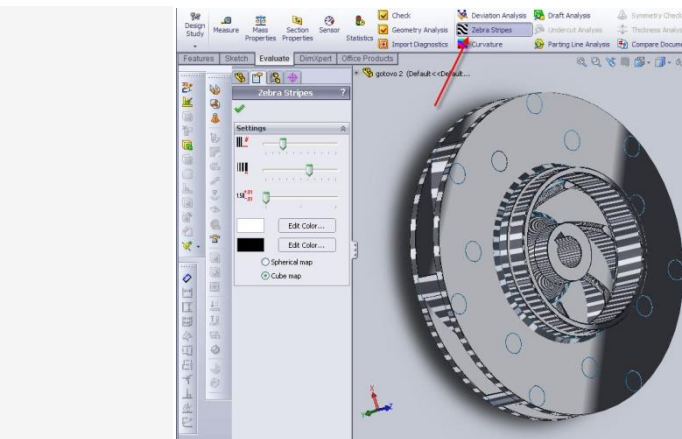
C2 = zakrivljenost svake površine je jednaka na rubu, a prijelaz je gladak;

C3 = brzina promjene zakrivljenosti svake površine je jednaka na rubu.

Korištenim alatom se mogu identificirati parametarski kontinuiteti od C0 do C2 (slika 13.).



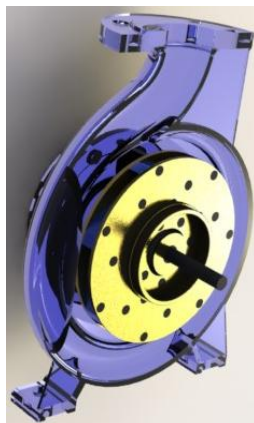
Slika 12. Analiza zakrivljenosti površina (eng., Curvature) površina (eng., Curvature)



Slika 13. Analiza zakrivljenosti površina "Zebra Uzorkom"(eng., Zebra Stripes) površina (eng., Curvature)

4. FOTOREALISTIČKI PRIKAZ 3D MODELA

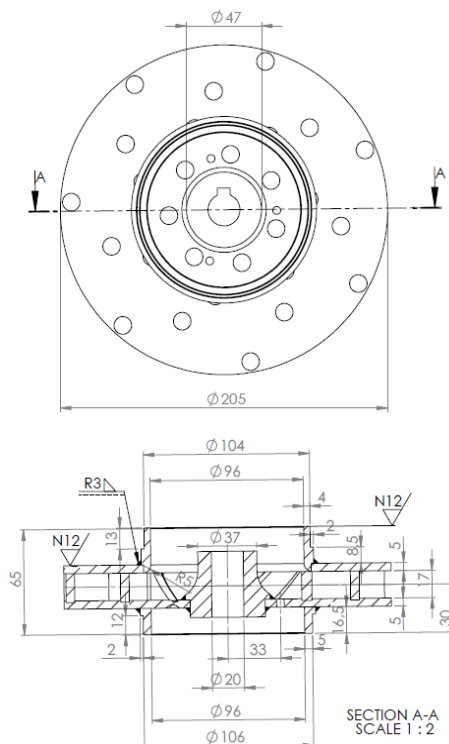
3D vizualizacija modela, od velike je pomoći jer je moguće vjerno prikazati izgled konačnog proizvoda. Evidentirane slabe točke i propusti u dizajnu lako se mogu identificirati pomoću 3D vizualizacije, te je potrebne izmjene moguće izvesti prije početka same proizvodnje, i time znatno uštedjeti vrijeme i novac. Kako bi se proizvod kvalitetnije mogao predstaviti potencijalnim kupcima, izrađuje se foto realistički prikaz 3D modela. Foto realistički prikaz 3D modela rotora u zavarenoj izvedbi s osovinom u kućištu centrifugalne pumpe izrađen je u programskom modulu *PhotoView 360* (slika 14.).



Slika 14. Vizualizirani 3D sklop rotora centrifugalne pumpe u zavarenoj izvedbi s osovinom u kućištu centrifugalne pumpe izrađen u programskom modulu PhotoView 360

5. IZRADA (GENERIRANJE) 2D RADIONIČKE DOKUMENTACIJE

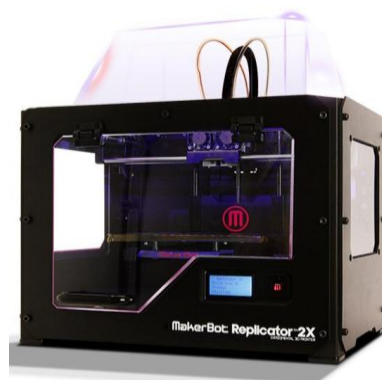
Korištenim programskim alatom generirana je 2D radionička dokumentacija iz 3D modela, a promjene dimenzija na 3D modelu automatski generiraju promjene oblika i dimenzija na 2D radioničkom crtežu. Na slici 15. prikazana je nova 2D radionička dokumentacija zavarene izvedbe rotora centrifugalne pumpe.



Slika 15. Generirana 2D radionička dokumentacija rotora centrifugalne pumpe u zavarenoj izvedbi

6. 3D ISPIS MODELA ROTORA CENTRIFUGALNE PUMPE

Umanjeni 3D ispis modela rotora centrifugalne pumpe izrađen je FDM (eng. *Fused Deposition Modeling*) tehnologijom taložnog očvršćivanja materijala na niskobudžetnom 3D pisaču *MakerBot Replicator 2X* s dva ekstrudera (glave). Kompaktna konstrukcija 3D pisača omogućuje zadovoljavajuću točnost ispisa 3D modela dimenzija (d/š/v) 246 mm x 163 mm x 155 mm. Za 3D ispis modela je korištena ABS (akrilonitril-butadien-stirel) plastika u obliku žice promjera 1,75 mm. (slika 16.).



Slika 16. Niskobudžetni 3D pisač MakerBot Replicator 2X [3]

Na slici 17. prikazan je umanjeni 3D model sklopa glavine i zadnje ploče rotora s lopaticama centrifugalne pumpe u zavarenoj izvedbi.



Slika 17. Umanjeni 3D model sklopa glavine i zadnje ploče rotora s lopaticama centrifugalne pumpe u zavarenoj izvedbi ispisan na niskobudžetnom 3D pisaču MakerBot Replicator 2X

7. ZAKLJUČAK

U životnom ciklusu proizvoda, u fazi "smanjenja" prodaje, potrebno je izvršiti modifikaciju (redizajn) proizvoda. Razvojem suvremene proizvodne tehnologije, značajnu ulogu prilikom konstruiranja novih proizvoda ili redizajniranja postojećih ima projektiranje pomoću računala (eng., *CAD – Computer Aided Design*). Virtualnim 3D oblikovanjem značajno se skraćuje vrijeme rekonstrukcije varijantnog proizvoda i smanjuju se troškovi projektiranja. Prikazan je i analiziran postupak 3D modeliranja rotora centrifugalne pumpe u zavarenoj izvedbi. Odabirom programskog alata *SolidWorks* kao CAD programskog paketa za izradu 3D modela, i reverzibilnog inženjeringa, uspješno je izrađen 3D model koji u potpunosti ispunjava postavljene zahtjeve:

izrađen je fleksibilan računalni 3D model sklopa odgovarajućih dimenzija i optimalnih radnih karakteristika kako bi cijena izrade rotora i centrifugalne pumpe kao gotovog proizvoda bila prihvatljiva budućem kupcu,

dimenzije modela u potpunosti odgovaraju kotiranim elementima postojećeg 2D nacrtu,

3D model rotora nema nepravilno spojenih bridova,

minimizirana je veličina njegovog digitalnog zapisa,

izrađena je potpuna nova 2D radionička dokumentacija za izradu svih potrebnih dijelova zavarenog sklopa rotora centrifugalne pumpe u zavarenoj izvedbi.

3D model je upotrebljiv za: daljnju analizu, redizajn, i brzu izradu prototipa kao varijantnog proizvoda, kako bi gotov proizvod zadovoljio tehničke uvjete i kriterije tržišta. Potvrda postavljenih zahtjeva provedena je 3D ispisom sklopa rotora centrifugalne pumpe na niskobudžetnom 3D pisaču *MakerBot Replicator 2X*.

8. LITERATURA

[1] Grbac, B., "Osvajanje ciljnog tržišta", Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka 2005.

[2] <http://www.mfkg.kg.ac.rs/index2.php>

[3] <http://mattercompilers.com/product/makercare-service-plan-makerbot-replicator-2x/>