

PRORAČUN I OBLIKOVANJE STOŽASTOG REDUKTORA S RUČNIM KOLOM

CALCULATION AND DESIGN OF A CONICAL GEARBOX WITH MANUAL WHEEL

Božidar Hršak, Tatjana Badrov, Vedran Lovrić

Stručni članak

Sažetak: Prikazan je kontrolni proračun geometrije, opterećenja i kontaktnog naprezanja bokova i korijena zubi stožastog zupčanog para u programskom alatu MechSoft.com UniTools za izlazni moment $T_2 = 70 \text{ Nm}$, broj zubi pogonskog stožnika $z_1 = 16$, broj zubi gonjenog stožnika $z_2 = 48$, modul $m = 5$ i materijal pogonskog i gonjenog stožnika GGG 60 (nodularni lijev). Na temelju postojeće 2D dokumentacije u lijevanoj izvedbi, u programskom modulu Power Transmission programskog alata SolidWorks, izrađen je 3D model stožastog zupčanog para, a pomoću alata za napredno modeliranje i ostali dijelovi koji su nakon toga spojeni u rekonstruirani 3D sklop jednostupanjskog stožastog reduktora. U programskom alatu SimulationXpress Analysis Wizard provjereno je naprezanje vratila pogonskog stožnika.

Ključne riječi: armatura, gonjeni stožnik, nodularni lijev, pogonski stožnik, pogonsko vratilo, ručno kolo, stožasti reduktor

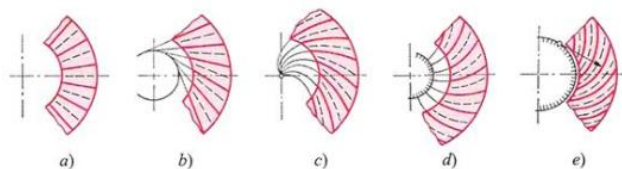
Professional paper

Abstract: The paper presents the control calculation of geometry, load and contact stress of conical gear pair teeth in the MechSoft.com UniTools software for the exit moment $T_2 = 70 \text{ Nm}$, number of drive bevel gear teeth $z_1 = 16$, number of driven bevel gear teeth $z_2 = 48$, module $m = 5$ and the material of the drive and driven bevel gear GGG 60 (nodular cast iron). Based on the existing 2D documentation in cast construction, a 3D model of the conical gear pair was designed in the Power Transmission module of the SolidWorks software. Furthermore, using the advanced design tools, other parts were made and assembled in a reconstructed 3D assembly of a single-stage conical gearbox. Thereafter, a control stress test of drive gear shaft was carried out in the SimulationXpress Analysis Wizard software.

Key words: reinforcement, driven bevel gear, nodular cast iron, drive bevel gear, driving shaft, manual wheel, conical gearbox

1. UVOD

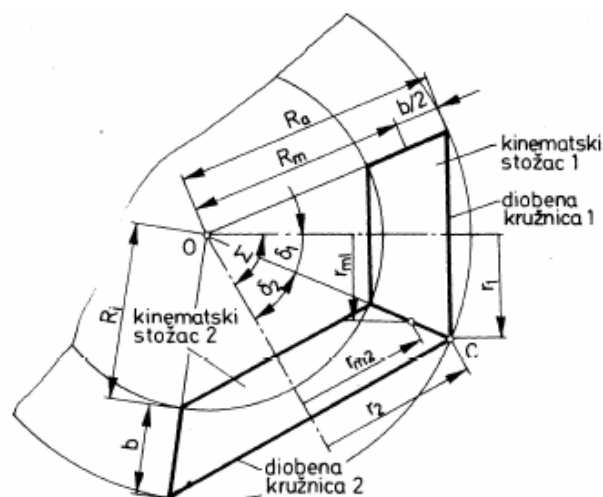
Jednostupanjski zupčasti reduktori sa stožnicima upotrebljavaju se za prijenos snage s ukrštenim vratilima pod kutom od 90° uz prijenosne omjere $u = 1 \div 5$, a bočna linija zuba stožnika može biti ravna, kosa, spiralna, evolventna ili lučna (slika 1.).



a) ravni zupci; b) kosi zupci; c) spiralni zupci;
d) evolventni zupci; e) lučni zupci

Slika 1. Oblici bokova zubi na stožnicima [1]

Kinematske površine zubi stožnika su stošci na kojima se odvija valjanje bez klizanja (slika 2.).

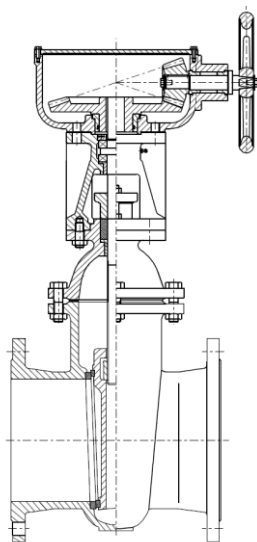


Slika 2. Diobeni i dopunski stošci, površina kugle [2]

Stožasti reduktor (slika 3.) namijenjen je za upravljanje armaturom (zasunom) kao zaporni i regulacijski element. Zasun je cijevni zatvarač u kojemu funkciju zatvaranja, odnosno otvaranja prolaza medija

ima pločasto tijelo (zaporno tijelo) okomito na os cijevi koje u zatvorenom položaju leži na sjedištu odgovarajućega oblika s kružnim otvorima. Prolaz medija ostvaruje se pravocrtnim udaljavanjem pločastog tijela od sjedišta, okomito na smjer protjecanja medija. Zasun se otvara i zatvara djelovanjem vanjske sile koju prenosi odgovarajući mehanizam [3].

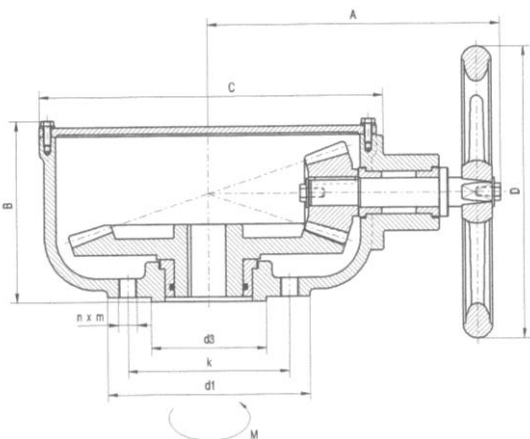
Sukladno tomu, prikazan je kontrolni proračun i rekonstrukcija postojećega sklopa jednostupanjskoga stožastog reduktora s ručnim kolom u zavarenoj izvedbi na temelju postojeće 2D dokumentacije u lijevanoj izvedbi.



Slika 3. Upravljanje armaturom (stožasti reduktor – zasun) [4]

3. PRORAČUN STOŽASTOGA REDUKTORA

Napravljen je proračun i dimenzioniranje geometrije, opterećenja na pogonskom vratilu i ležajevima te kontaktna naprezanja bokova i korijena zuba stožastog zupčanog para u jednostupanjskom stožastom reduktoru s ručnim kolom za izlazni moment $T_2 = 70$ Nm, broj zubi pogonskog stožnika $z_1 = 16$, broj zubi gonjenoga stožnika $z_2 = 48$, modul $m = 5$ te materijal pogonskog i gonjenog stožnika (nodularni lijev) GGG 60 (slika 4.).

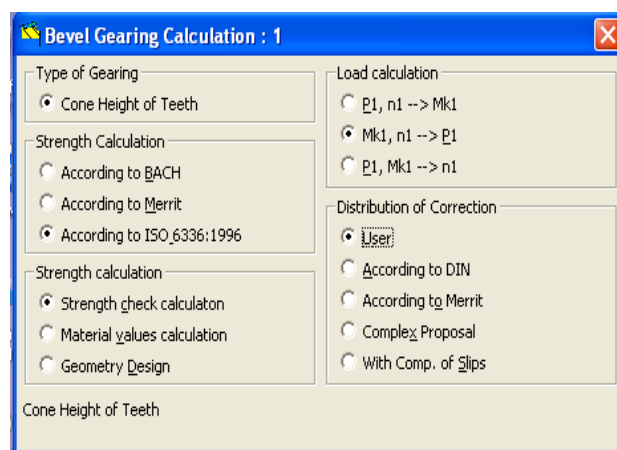


Slika 4. Stožasti reduktor s ručnim kolom [4]

Na temelju analitički provedenoga proračuna geometrije, opterećenja stožastoga zupčanog para, opterećenja na pogonskom vratilu i ležajevima te kontaktnih naprezanja bokova i korijena zuba stožastoga zupčanog para, napravljen je kontrolni proračun u programskome alatu *MechSoft.com UniTools*.

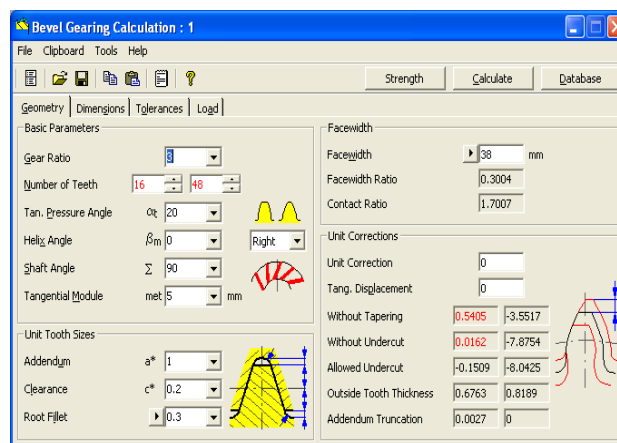
3.1. Kontrolni proračun geometrije, opterećenja te kontaktnih naprezanja bokova i korijena zuba stožastoga zupčanog para u programskom alatu *MechSoft.com UniTools*

- Izbor početnih ulaznih parametara za proračun stožastoga zupčanog para (slika 5.)

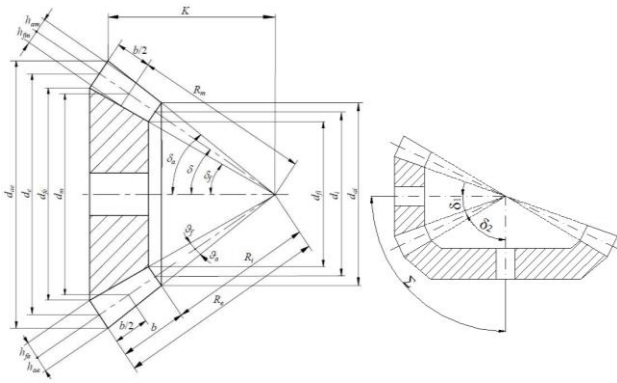


Slika 5. Početni ulazni parametri za proračun stožastoga zupčanog para

- Ulazni podaci za proračun geometrije stožastog zupčanog para za prijenosni omjer $u = 3$ (*Gear Ratio*), broj zubi pogonskoga stožnika $z_1 = 16$ i broj zubi gonjenoga stožnika $z_2 = 48$ (*Number of Teeth*), modul $m = 5$ (*Tangential Module*) i širinu stožnika = 38 mm (*Facewidth*) (slike 6. i 7.)

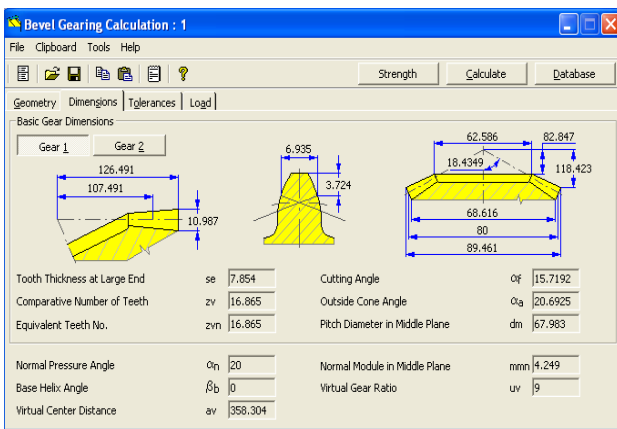


Slika 6. Ulazni podaci za proračun geometrije stožastoga zupčanog para



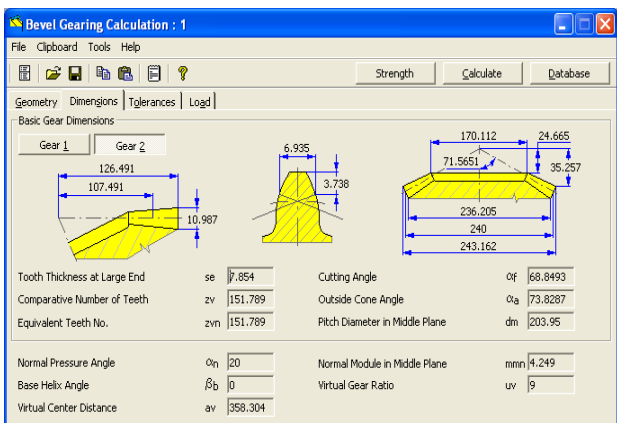
Slika 7. Geometrija stožastoga zupčanog para

- Rezultati kontrolnog proračuna geometrije pogonskog stožnika $z_1 = 16$ zubi (slika 8.)



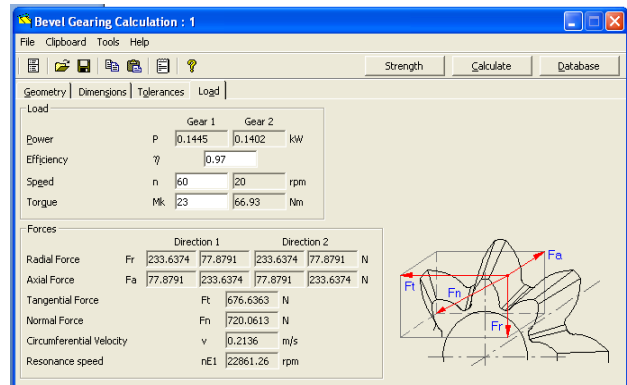
Slika 8. Dimenzije pogonskog stožnika $z_1 = 16$ zubi

- Rezultati kontrolnog proračuna geometrije gonjenoga stožnika $z_2 = 48$ zubi (slika 9.)



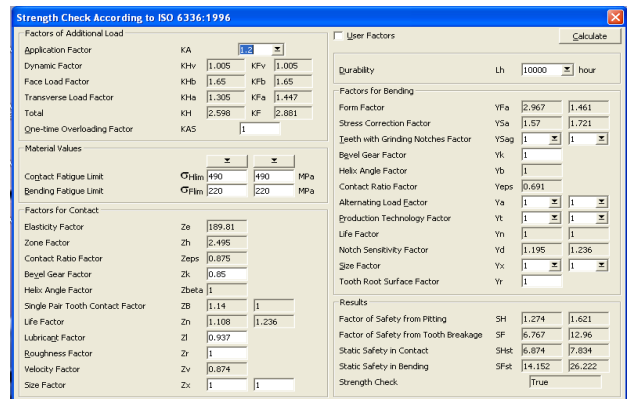
Slika 9. Dimenzije gonjenoga stožnika $z_2 = 48$ zubi

- Rezultati kontrolnog proračuna opterećenja pogonskoga stožnika $z_1 = 16$ zubi (slika 10.)



Slika 10. Rezultati kontrolnog proračuna opterećenja pogonskoga stožnika $z_1 = 16$ zubi

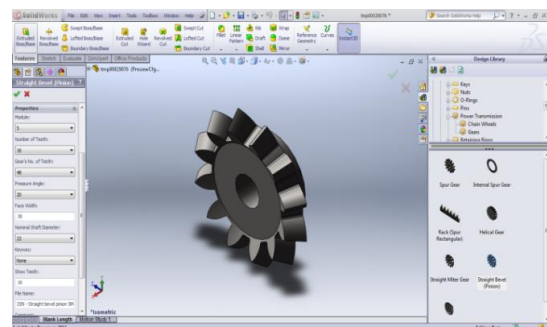
- Rezultati kontrolnog proračuna kontaktnog napreznja bokova i korijena zuba stožastoga zupčanog para (slika 11.)



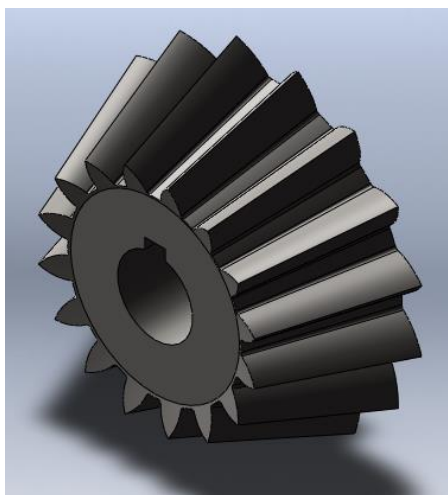
Slika 11. Rezultati kontrolnog proračuna kontaktnog napreznja bokova i korijena zubi stožastoga zupčanog para

4. IZRADA 3D MODELA STOŽASTOG REDUKTORA S RUČNIM KOLOM

Pomoću programskog alata *SolidWorks* izrađen je 3D model. Slijedom 2D dokumentacije postupak 3D oblikovanja počinje 3D modeliranjem pogonskog i gonjenog stožnika u programskom modulu *Power Transmission* i programskom alatu *Straight Bevel (Pinion)* (slike 12., 13., 14.).



Slika 12. 3D oblikovanje pogonskog stožnika $z_1 = 16$ zubi



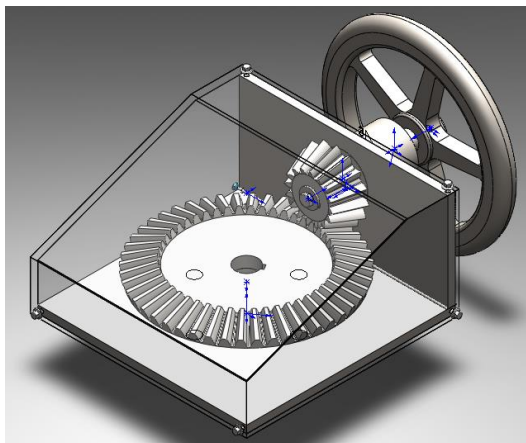
Slika 13. 3D model pogonskog stožnika $z_1 = 16$ zubi



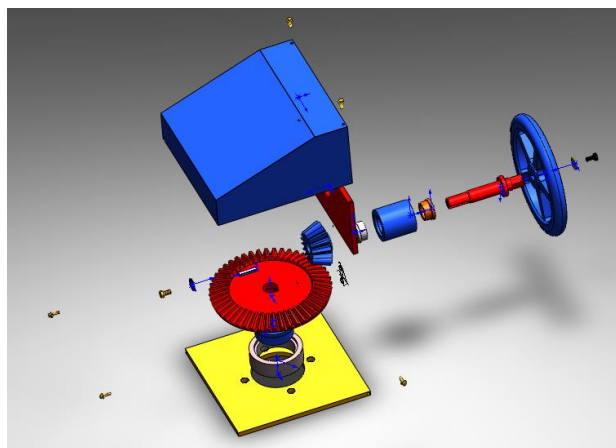
Slika 14. 3D model gonjenoga stožnika $z_2 = 48$ zubi

Pomoću raspoloživih alata za napredno oblikovanje izrađen je 3D model ostalih dijelova stožastog reduktora (pogonskog vratila, ležajnih čahura, kućišta, poklopca i ručnoga kola).

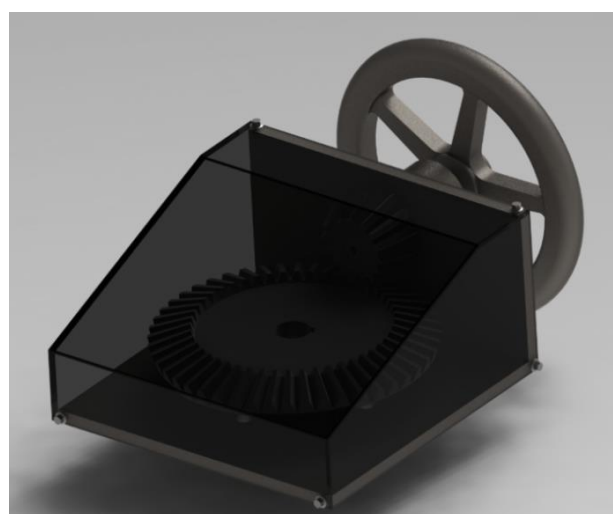
Izrađeni 3D modeli svih dijelova spojeni su u sklop te je provedeno renderiranje u programskome alatu *Photo View 360* (slike 15., 16., 17.).



Slika 15. 3D model stožastog reduktora s ručnim kolom



Slika 16. 3D model stožastog reduktora s ručnim kolom – rastavljeni prikaz



Slika 17. 3D model stožastog reduktora s ručnim kolom – renderirani prikaz

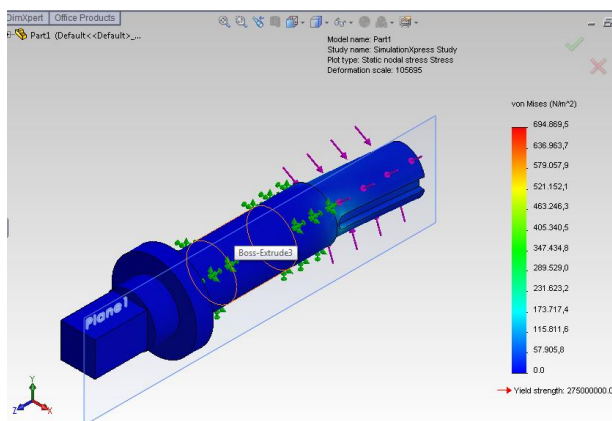
4.1. Analiza napreznja (Finite Element Analysis – FEA)

Nakon analitički provedenog proračuna i izrađenog 3D modela provjereno je napreznje vratila pogonskog stožnika u programskome alatu *SimulationXpress Analysis Wizard*.

Kao fiksni oslonci pogonskog vratila definirani su položaji ležajeva, a sila opterećenja djelovala je na poziciju gdje se vratilo priključuje na pogonski stožnik. Vratilo je opterećeno silom od 237 N.

Kao materijal za analizu izabran je čelik C45E (DIN) s karakteristikama definiranim u bazi programskog alata *SolidWorks*.

Nakon definiranja svih početnih uvjeta, pokrenuta je analiza napreznja (FEA). Rezultati analize napreznja također potvrđuju da su polazni analitički proračuni napreznja vratila točni, što je vizualno i analitički prikazano na slici 18.



Slika 18. Opterećenje na vratilu pogonskog stožnika i analiza naprezanja

Kontakt autora:

Božidar Hršak, mag.ing.mech.
 Visoka tehnička škola u Bjelovaru
 Trg Eugena Kvaternika 4, Bjelovar
 E-mail: bhrsak@vtsbj.hr

Mr.sc. Tatjana Badrov
 Visoka tehnička škola u Bjelovaru
 Trg Eugena Kvaternika 4, Bjelovar
 E-mail: tbadrov@vtsbj.hr

Vedran Lovrić (bivši student)
 Visoka tehnička škola u Bjelovaru
 Trg Eugena Kvaternika 4, Bjelovar
 E-mail: lovrivedran460@gmail.com

5. ZAKLJUČAK

Virtualnim 3D oblikovanjem značajno se skraćuje vrijeme rekonstrukcije varijantnog proizvoda i smanjuju se troškovi projektiranja.

Prikazan je postupak izrade 3D modela stožastog reduktora s ručnim kolom u zavarenoj izvedbi, na temelju 2D dokumentacije postojećeg proizvoda u lijevanoj izvedbi namijenjen za upravljanje armaturom (zasunom) u cjevovodnim sustavima. 3D model može se koristiti za daljnju analizu, za poboljšanja te za izradu modificiranoga prototipnog rješenja (varijantnog proizvoda). Generirana je 2D radionička tehnička dokumentacija za izradu svih dijelova reduktora, optimalnih dimenzija i radnih karakteristika kako bi cijena izrade reduktora bila prihvatljiva budućem kupcu. Izrađeni su svi potrebni proračuni (analitički, kontrolni i FEA analiza) koji potvrđuju izdržljivost reduktora pri zadanim pogonskim opterećenjima.

6. LITERATURA

- [1] Golubić, S.: Predavanja "Elementi, Precizne mehanike", Bjelovar, 2010.
- [2] Oberšmit, E.: Ozubljenja i zupčnici, Sveučilišna tiskara d.o.o. Zagreb, Trg maršala Tita 14, Zagreb, 1993.
- [3] Grupa autora: Praktičar 3 – STROJARSTVO 2, Školska knjiga Zagreb, 1973.
- [4] Izbor načina upravljanja armaturom
http://www.miv.rs/9_Upravljanje-armaturom.pdf
 (Dostupno: 03.07.2013.)