

**UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET**

DIPLOMSKI RAD

**Virtuelni proces konstruisanja
konusno-cilindričnog prenosnika**

Kandidat
Ivan S. Vujčić

Mentor
Prof. Dr Dragan Milčić

Niš, Maj 2008.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. TEHNIKA KONSTRUISANJA.....	5
2.1. POJAM KONSTRUISANJA.....	5
2.2. PODSTICAJI ZA RAZVOJ.....	6
2.3. KREATIVNOST.....	8
2.4. STRUKTURA PROCESA KONSTRUISANJA.....	9
2.5. LISTA ZAHTEVA.....	11
2.6. VRSTE KONSTRUKCIJA I KONSTRUISANJA.....	12
2.7. OPERACIJE I AKTIVNOSTI U KONSTRUISANJU.....	13
2.8. PODRUČJA U OBLASTI KONSTRUISANJA.....	15
2.9. ODLUČIVANJE.....	16
3. VIRTUELNO KONSTRUISANJE.....	21
3.1. MESTO I ULOGA RAČUNARA U PROCESU PROJEKTOVANJA I KONSTRUISANJA.....	21
3.2. OBLIKOVANJE PROIZVODA.....	24
4. PARAMETARSKO MODELIRANJE.....	29
4.1. PARAMETARSKO MODELIRANJE.....	29
4.2. OGRANIČENJA.....	30
4.3. KONSTRUISANJE SA OGRANIČENJIMA.....	31
4.4. PARAMETARSKO MODELIRANJE DELOVA ZUPČASTIH PRENOSNIKA SNAGE.....	33
5. KONSTRUISANJE ZUPČASTIH PRENOSNIKA SNAGE.....	38
5.1. UVODNE NAPOMENE.....	38
5.2. VRSTE I TIPOVI ZUPČASTIH PRENOSNIKA SNAGE.....	39
5.2.1. CILINDRIČNI ZUPČASTI PAR.....	39
5.2.2. KONIČNI ZUPČASTI PAR.....	40
5.2.3. ZAVOJNI ZUPČASTI PAR.....	42
5.3. KARAKTERISTIKE I PRIMENA ZUPČASTIH PRENOSNIKA SNAGE.....	43
5.4. OPIS KONSTRUKCIJE.....	43
5.5. PRENOSNICI SA CILINDRIČNIM ZUPČANICIMA.....	44
5.6. PRENOSNICI SA KONIČNIM ZUPČANICIMA.....	47
5.7. KONIČNO-CILINDRIČNI ZUPČASTI PRENOSNICI SNAGE.....	47
5.8. OSNOVNI DELOVI ZUPČASTOG PRENOSNIKA SNAGE.....	48
6. KONSTRUISANJE ZUPČASTIH PRENOSNIKA SNAGE KAO VIRTUELNI PROCES.....	51
7. IZRADA ZADATKA.....	54
7.1. PRORAČUN STRUKTURNIH DELOVA PRENOSNIKA.....	54
7.2. TEHNIČKI OPIS KONSTRUISANOG REDUKTORA.....	85
8. ZAKLJUČAK.....	86
LITERATURA	

REZIME

U ovom diplomskom radu sam obradio temu „Virtuelni proces konstruisanja konusno-cilindričnog prenosnika snage“.Kroz teorijski deo rada sam predstavio proces konstruisanja, faze kroz koje prolazi proces konstruisanja, životni vek same konstrukcije(proizvoda), razlike između konvencionalnog konstruisanja i metodičnog konstruisanja itd.

Poseban akcenat u ovom radu je stavljen na automatizaciju procesa konstruisanja odn.na upotrebu računara u procesu konstruisanja.Prikazane su prednosti upotrebe računara u procesu konstruisanja kroz smanjenje vremena potrebnog za konstruisanje, smanjenje cene konstruisanja, nepotrebnosti izrade modela za ispitivanje itd.To je posebno izraženo kroz fazu oblikovanja, gde se stvara jedna baza podataka koja kasnije koristi pri konstruisanju ponovljenih konstrukcija(promenom određenih parametara se dobijaju različite varijante iste konstrukcije).

Takodje je data podela zupčastih prenosnika, kao i njihove osnovne karakteristike i primena.Dati su i opis konstrukcije zupčastog prenosnika kao i osnovni elementi konstrukcije zupčastog prenosnika.

U praktičnom delu rada je virtuelnim procesom konstruisanja izradjen jedan konusno-cilindrični prenosnik snage sa sledećim ulaznim podacima:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| ▪ Nominalna snaga EM | $P_M = 50 \text{ kW}$ |
| ▪ Ulazni broj obrtaja EM | $n_M = 1500 \text{ min}^{-1}$ |
| ▪ Prenosni odnos | $i = 12$ |
| ▪ Faktor radnih uslova | $K_A = 1,25$ |

Na osnovu ovih ulaznih podataka, izvršen je proračun svih strukturnih delova prenosnika.Proračun je izvršen pomoću programskog paketa „Inventor10“ i „PTD“ – programskog paketa prof. dr DRAGANA MILČIĆA.

1. UVOD

Brz industrijski napredak paralelno sa razvojem nauke stvorio je osnovu za nagli razvoj nauke o konstruisanju. Dodatno internacionaliziranje konstrukcije doprinosi strukturnim promenama tržišta koje se u proizvodnim organizacijama izražavaju u promenljivim poslovnim uspesima, dovodeći u pitanje njihovu egzistenciju i razvoj. Pošto se sposobnost jedne proizvodne organizacije na tržištu izražava njenim proizvodima, raste pritisak na konstrukcione biroe, da postojeće proizvode poboljšaju ili da razviju nove.

Savremena proizvodnja podrazumeva tržištem orijentisanu proizvodnju, ne prihvata nezavisne odnose između proizvodnje i tržišta, naglašava neodvojivu povezanost njihove celine ukazujući na potrebu uspostavljanja kružnog toka.

Obezbedjenje proizvodnih preduslova za zadovoljavanje postojeće potrebe i stvaranje potrebnih uslova za nastavak istraživanja za novim proizvodima, predstavlja u savremenoj proizvodnji prioritetan zadatak.

Ovako postavljenim ciljevima savremena proizvodnja bi trebalo da obezbedi racionalno korišćenje proizvodnih resursa, kako bi se omogućilo stvaranje novih upotrebnih i estetskih vrednosti visokog kvaliteta i niske cene.

Prema tome proizvodna organizacija se mora permanentno prilagođavati ovim promenama tako što pravovremeno i optimalno mora da menja:

- Strukturu proizvodnog programa,
- Performanse, kvalitet i cenu svojih proizvoda i
- Sve resurse koji su angažovani u svim procesima rada sistema.

Otuda se javlja potreba da se proizvodne organizacije orijentišu na samostalno istraživanje u oblasti svog proizvodnog programa.

Polazeći od tog saznanja preduzimaju se mere da se usavrši predmet i proces projektovanja na osnovu naučnih metoda i teorije MS u procesu konstruisanja i projektovanja.

Cilj je da se razvije konstruktivna metoda i uvede u proizvodne organizacije.

Danas konstruisanje ima status nauke i nije više neko zanatsko umeće kako je ranije tumačeno. Konstruisanje se ne izučava u toku školovanja budućeg inženjera konstruktora kao naučna disciplina, mada se nauka o konstruisanju razvila u međuvremenu u jednu značajnu oblast tehničkih nauka.

Zadatak nauke o konstruisanju je da istražuje objekat u procesu projektovanja i konstruisanja. Njen cilj je da pronadje i otkrije unutrašnje zakonitosti procesa projektovanja i konstruisanja i na osnovu toga razradi propise i postupke koji omogućuju da se procesom projektovanja i konstruisanja racionalno ovlada. Nauka o konstruisanju treba da da siguran oslonac za prevazilaženje konstrukcijskih zadataka i da pruži sliku redosledno povezanih bitnih postupaka potrebnih za rešavanje zadataka. Ona treba da pokaže kako se istim postupcima mogu rešavati različiti konstruktivni zadaci.

Pojavom računara (CAD-Computer Aided Design) i njegovom upotrebom u procesu projektovanja i konstruisanja nastaje nova etapa nauke o konstruisanju čija je težnja da razvije metode koje će omogućiti svestraniju i univerzalniju njihovu upotrebu u procesu konstruisanja.

Ako pod konstruisanjem podrazumevamo sve one delatnosti koje nakon postavljanja i raščlanjivanja zadataka vode preko razrade funkcionalne strukture, traženje rešenja za svaku od parcijalnih funkcija funkcionalne strukture, kombinovanje koncepcijskih varijanti, vrednovanja, razrade koncepata, projektovanja,

razrade i kontrole izradjenih crteža, onda se vidi kolika je buduća uloga računara s obzirom na process razvoja veštačke inteligencije.

Oslobađanje čoveka od fizičkog rada i sve veće ulaganje u istraživačke zahvate dovodi do sve bržeg razvoja i primene novih proizvoda. Za poslednjih dvadesetak godina razvijeno je više novih proizvoda nego li u čitavoj istoriji čovečanstva pre toga.

Da bi realnije izvršili ovu analizu potrebno je sagledati sadašnje uslove rada konstruktora, tretman nauke o konstruisanju i naći načine i puteve za poboljšanje takvog stanja i položaja konstruktora u njemu.

Na osnovu ispitivanja koja su vršena u pogledu realizacije navedenih zadataka može se izvući sledeći zaključak:

- Konstruktor nedovoljno učestvuje u prvim fazama procesa projektovanja i konstruisanja.
- Proces projektovanja i konstruisanja optimalnog mašinskog sistema koji će zadovoljiti tehničke i ekonomske kriterijume nije na nivou koji će zadovoljiti sve oštrije zahteve tržišta.
- Kvalitet sprovođenja aktivnosti u procesu projektovanja i konstruisanja treba podići na viši tehnno-ekonomski nivo.
- Poštovanje rokova u pogledu završetka procesa projektovanja i konstruisanja samo se primenom prinude realizuje.
- Veoma je neorganizovan i slab timski rad konstruktora uskih specijalnosti. Složenost konstrukcija nameće jedan takav prilaz problemima koje treba rešavati.
- Nedovoljno praćenje mašinskih sistema u eksploataciji i utvrđivanje povratnih informacija za dalji razvoj.
- Nedovoljna saradnja sa naučnim institucijama kao i mala ulaganja u naučno-istraživački rad.
- Spora primena naučnih metoda u projektovanju.

Savremeni razvoj zahteva ispunjenje svih navedenih zaključaka, odnosno, potrebno je proces obrazovanja budućih kadrova usmeriti u tom pravcu, stvoriti potrebnu tehničku osnovu za rad sa računarima, stvoriti sopstvene banke podataka za konstruisanje, podići društveni ugled konstruktora, savremene naučne metode i saznanja brže i efikasnije koristiti u praksi, povećati motivisanost za kvalitetnije konstruisanje i izdvojiti više sredstava za razvoj i ispitivanje prototipova.

Proces projektovanja i konstruisanja ne može se razvijati na osnovu iskustva već je potrebno uvrstiti nauku o konstruisanju kako u obrazovanje tako i u primenu.

Treba izgraditi takav profil stručnjaka koji će biti sposoban da rešava aktuelne probleme materijalne proizvodnje, ali da istovremeno bude osposobljen i za buduću razvoj tehnike i tehnologije. U procesu projektovanja i konstruisanja javljaju se mnoga ograničenja sa kojima se konstruktor sukobljava. Redosled rešavanja i način razmišljanja zavisi od suštine i veličine problema kao i od ograničenja. Ponudjeno rešenje mora biti optimalno.

Konstruktor mora posedovati širok spektar znanja, kreativnu sposobnost-misaoni proces, sposobnost odlučivanja (pretraživanje svih rešenja uz istovremeni izbor najboljeg bez uticaja subjektivizma), operativnu sposobnost (sistematski rad, timski rad, racionalnost, produktivnost, itd).

Ovakva razmišljanja su rezultat razgovora sa inženjerima koji rade u konstrukcionim biroima.

Analizirajući različite pristupe velikog broja autora koji su razradjivali sam proces konstruisanja, odnosno utvrdili redosled aktivnosti od trenutka kada

konstruktor dobije zadatak pa do njegovog rešenja može se uočiti da nisu definisali sledeće faze:

- Faza rekognisciranja(unutrašnje i spoljašnje),
- Programiranje razvoja poslovnog sistema,
- Planiranje razvoja složenog mašinskog sistema i
- Praćenje ponašanja mašinskog sistema u radu.

Postoje mnogobrojne šeme koje prikazuju aktivnost u procesu konstruisanja i to od dvodimezionalnih pa do trodimenzionalne.

Medjutim, ni u jednom radu se ne spominje vreme izrade konstrukcije kao jedan od uslova za uspešan razvoj mašinskog proizvoda. Rokovi isporuke će primorati konstruktora da bitno odstupa od teorijskog modela procesa razvojnog projektovanja i konstruisanja. Teško je odabrati optimalnu varijantu bez uticaja subjektivizma kada konstruktor ima dovoljno vremena, a još teže je u slučajevima kada je vremenski ograničen. Praksa je pokazala da je ovo čest slučaj kod proizvodnih organizacija koje rade po porudžbini. Većina proizvoda otići će bez ikakvih kvalifikacionih ispitivanja jer organizacije nisu to u mogućnosti da sprovedu ili je pak to ekonomski neopravdano. Prva ispitivanja obavljaju se tek u procesu eksploatacije.

Takodje, pored vremena konstruisanja veliki broj autora ne spominje novac koji je neophodan u doslednom sprovođenju teorijskog modela procesa razvojnog projektovanja i konstruisanja. Uspešni poslovni efekti proizvodne organizacije omogućavaju da se veća novčana sredstva izdvajaju za razvojna istraživanja, motivisanje konstruktora preko inovacijskih nagradjivanja, opremanje laboratorije za ispitivanje, prisustvovanje mnogobrojnim sajmovima, doškolovanje konstruktora, kupovina računara, izrada prototipova, itd.

Dodatno interesovanje konkurencije primoralo je čak i državne organe da vrše razna ispitivanja u konstrukcionim biroima u srednje razvijenim proizvodnim organizacijama, sve sa ciljem da se pospeši proces projektovanja i konstruisanja.

U svom radu G.W.DEKHONER naglašava neophodnost usavršavanja konstruktora putem raznih kurseva, seminara, poseta sajmovima gde mogu da se vide velika svetska dostignuća. Specijalnim planom predavanja i vežbi koje se odnose na konstruktore i njihove saradnike omogućava se željeni razvoj konstruktivnih sposobnosti, pri čemu postojeća teorijska i praktična znanja kod razvoja mašinskog proizvoda dobijaju svoj pun smisao.

Veoma značajna faza u procesu projektovanja i konstruisanja je rekognisciranje koje u izloženim radovima autori nisu definisali.

Naime, od ove faze zavisi dalja orijentacija MS, a time i buduća sudbina same proizvodne organizacije. Nepotrebno je napominjati koliko je potrebno znati planove konkurencije, poznavati sopstvene resurse, njihovo iskorišćenje itd.

Najbitnija kvalifikaciona ispitivanja su sigurno ona koja se obavljaju u toku same eksploatacije mašinskog proizvoda. Koliko je značajna analiza reklamacije u garantnom roku za dalje usavršavanje i otklanjanje nedostataka proizvoda?

Za mnoge organizacije koje nisu u stanju da izvrše bilo kakva kvalifikaciona ispitivanja, ovo će biti prva ispitna proba njihovih proizvoda. Bez praćenja u toku eksploatacije nema ni pravog tehnološkog napretka i usavršavanja.

U radu F.D.CRAME-a „Primena i sprovođenje metoda konstruisanja u izgradnji specijalnih mašina i postrojenja“ koji je najbliži praktičnim uslovima, odnosno vrsti konstrukcije koja se primenjuje, daje se i sledeći pristup konstrukciji:

- Prilagodjavanje konstrukciji,
- Konstruktivne varijante i

- Nova konstrukcija.

Ovo je čest slučaj kod malih proizvodnih organizacija. Najpogodnije je koristiti što više postojeće konstrukcije. Opisao je poteškoće i prioritet faza koje se javljaju u sva tri slučaja. Medjutim, on je nedopustivo ceo proces projektovanja i konstruisanja podelio u tri faze: planiranje, projektovanje i izrada, a takodje svaku fazu podelio u pet istih koraka. Ne pominje se gde je mesto procesu projektovanja i konstruisanja, i saradnja sa naučno-istraživačkim institucijama. Da li je potrebno da konstruktor ima opšte znanje iz svih oblasti neophodnih za proces konstruisanja ili da bude usko specijalizovan a za pojedine oblasti da saradjuje sa naučnim institucijama.

Iz izloženog proističe zaključak o neophodnosti permanentnog usavršavanja inženjersko-tehtičkog kadra radi ovladavanja savremenim metodama inženjerskog projektovanja i konstruisanja. U procesu projektovanja i konstruisanja od prvog stadijuma istraživanja jednog tehničkog rešenja od mogućih varijanti neophodno je stalno osvetljavanje svih kreativnih razmišljanja sa ekonomskim razmatranjima čime se umanjuje opasnost od preuranjenog izbora.

8. ZAKLJUČAK

Virtuelno konstruisanje i parametarsko modeliranje imaju mnogobrojne prednosti u odnosu na konvencionalno konstruisanje.

Neke od tih prednosti su:

- Bolja i lakša optimizacija, pomoću softvera za proračun strukturnih delova sistema koji daje veliki broj mogućih rešenja.
- Ušteda u vremenu i novcu, zbog toga što nije potrebno projektovati mašinski sistem, probno sklopiti u proizvodnoj hali da bi uočili eventualne konstruktorske greške, već je dovoljno virtuelno sklopiti projektovani mašinski sistem u nekom od postojećih programskih paketa za virtuelno konstruisanje.
- Laka i brza izmena rešenja u toku procesa konstruisanja.
- Mnogo jednostavnija i brža izrada tehničke dokumentacije.
- Prednosti parametarskog modeliranja su vidljive i pri modeliranju familije nekog proizvoda.

Dalji napredak tehnike i tehnologije će usloviti još jednostavnije i brže konstruisanje i projektovanje mašinskih sistema koji će biti sve kvalitetniji, funkcionalniji, pouzdaniji i ekonomičniji. Ono na šta se u poslednje vreme obraća više pažnje je i lep dizajn, a upravo nam virtuelno konstruisanje najviše pomaže u tome.

LITERATURA

- Vojislav Miltenović: Mašinski elementi, Mašinski fakultet, Niš-2006. god.
- Milan D. Trbojević, Momčilo R. Janković, Jovo Vugdelija, Slobodan Ivković, Vojislav Latinović: Reduktori, IRO Naučna knjiga, Beograd - 1983. god.
- Spur, G.; Krause, F., F.- L.: CAD - Technik. Carl Hanser Verlag, München, Wien 1984. god.
- Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre 3, Auflage, Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg 1993. god.
- Milčić D., Marković B., Jovanović M.: Primena CA – tehnologija u razvoju proizvoda. IMK-14 Istraživanje i razvoj, Časopis instituta IMK 14. Oktobar Kruševac, Godina VIII, Broj (14-15), 1-2.2002. god. 55-60.
- Milčić D., Marković B., Mijajlović M.: Konstruisanje univerzalnih zupčastih prenosnika kao virtuelni proces, Zbornik radova 9. SEVER-ovog simpozijuma o mehaničkim prenosnicima, Subotica, Srbija, 10.10.2003., str. 23-28.
- Milčić D, Mijajlović M.: Parametarsko modeliranje delova zupčastog prenosnika snage, Treći skup o konstruisanju, oblikovanju i dizajnu 3. KOD 2004, 19.05.2004. god., Novi Sad, Srbija, str. 67-72.
- MCAD Online – “Parametric Modeling History”, author: Robin Saitz, Vice President Solutions Marketing, PTC, www.mcadonline.com, 15th December, 2005.
- Literatura iz fabrike “GOŠA”.