



TEHNIKA I INFORMATIKA U OBRAZOVANJU

3. Internacionalna Konferencija, Tehnički fakultet Čačak, 7–9. maj 2010.

TECHNICS AND INFORMATICS IN EDUCATION

3rd International Conference, Technical Faculty Čačak, 7–9th May 2010.

UDK: 004.42CATIA

Stručni rad

UPOTREBA MODULA STRUKTURNE ANALIZE SOFTVERSKOG PAKETA CATIA V5R17 U OBUCI STUDENATA

Igor Maričić¹, Dragan Golubović²

Rezime: *Strukturna analiza se veoma uspešno može koristiti u edukaciji studenata. Kao pokazni primer ove analize, data je potvrda preporuke za konstruktivne veze ostvarene putem zavrtneva i čivija u mašinskim konstrukcijama, shodno standardu DIN 18 800/1. Priložen je i analitički proračun sproveden u programu „VIEWEG“.*

Ključne reči: *Metod konačnih elemenata, CATIA, strukturna analiza.*

USING GENERATIVE STRUCTURAL ANALYSIS MODULE OF SOFTWARE CATIA V5R17 IN EDUCATION OF STUDENTS

Summary: *Structural analysis can be very successfully used in education of students. Presented example of this analysis give a confirmation of recommendation for mechanical constructions connections created with bolts and pins, following a standard DIN 18 800/1. A analytical solution presented in software „VIEWEG“ too.*

Key words: *Finite element method, CATIA, structure analysis.*

1. UVOD

Strukturna analiza metodom konačnih elemenata se u okvirima edukacije studenata može veoma uspešno koristiti kao motivaciono sredstvo u savladavanju gradiva. Radi zainteresovanosti studenata tokom savladavanja gradiva iz oblasti mašinskih elemenata i konstrukcija, pruža se izvanredna mogućnost dočaravanja fizikalnosti procesa do kojeg dolazi kada se razmatrani mašinski deo ili pak sklop izloži dejstvu spoljašnjeg opterećenja.

Uslov za kvalitetno i aktivno praćenje dela nastave koja se izvodi pomoću strukturne analize je prethodno savladano teorijsko znanje iz tekuće oblasti, kao i savladavanje tehnike trodimenzionalnog modeliranja mašinskih delova u nekom od programa (CATIA, Solid Works, ProE. i sl.). Dakle optimalan pristup nekoj tematici iz mašinskih elemenata i konstrukcija, bio bi integracija analitičkih i numeričkih metoda.

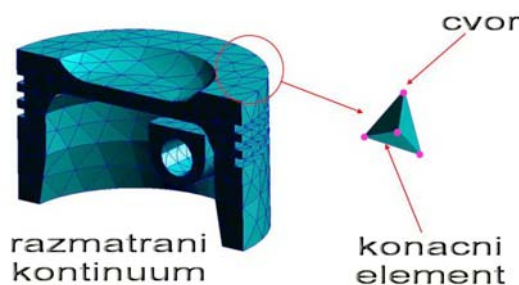
¹ Igor Maričić, dipl. maš. inž., „UNIPROMET“, Čačak, E-mail: igicamar@yahoo.com

² Prof. dr Dragan Golubović, Tehnički fakultet, Svetog Save 65, Čačak, E-mail: golubd@tfc.kg.ac.rs

2. STRUKTURNA ANALIZA REALIZOVANA IMPLEMENTACIJOM METODE KONAČNIH ELEMENATA

Metoda konačnih elemenata koja se u strukturalnoj analizi primenjuje predstavlja tehniku numeričke analize za dobijanje približnih rešenja u širokom spektru inženjerskih problema. U početku namenjena prvenstveno naponskoj analizi složenih avio-struktura i nuklearnih postrojenja, gde je potrebna i dovoljna sigurnost pomenutih konstrukcija imperativ, danas je široko primenjena u mehanici kontinuuma. Upravo iz razloga te raznolikosti i prilagodljivosti u primeni, na nju se, kao na poseban matematički alat u strukturalnoj analizi danas skreće posebna pažnja u naučnim i inženjerskim krugovima.

Prema [3] čitava metoda konačnih elemenata (M.K.E) se bazira na fizičkoj diskretizaciji kontinuuma koji ima beskonačni broj tačaka. Svaka tačka u kontinuumu ima svoje stepene slobode (šest ih je: 3 translacije i 3 rotacije), pa se kontinuum kao takav zamenjuje konačnim brojem elemenata, sa ograničenim brojem stepeni slobode. Konačni elementi su zapravo međusobno povezani preko tačaka na konturi bez prekrivanja i presecanja, i te tačke se nazivaju čvorovi (*sl. 1*).



Slika 1: Izdvojeni entiteti razmatranog kontinuuma, konačni element i čvor

Istorijski gledano, ideja o diskretizaciji domena sa beskonačnim, na domen sa konačnim brojem elemenata datira još iz 1930. god. ! S početka šezdesetih godina metoda doživljava svoju veliku ekspanziju. Skori dolazak računara uslovio je da se stvore izuzetno povoljni uslovi za rešavanje poprilično složenih strukturalnih analiza, u ono vreme prevashodno iz oblasti avio-inženjeringa (Boeing). Sedamdesetih se oblast primena metode konačnih elemenata proširuje na celokupnu mehaniku kontinuuma. Slede mnoge konferencije, pišu se mnogi radovi, a prva knjiga iz ove oblasti je ugledala svetlo dana 1970.god.

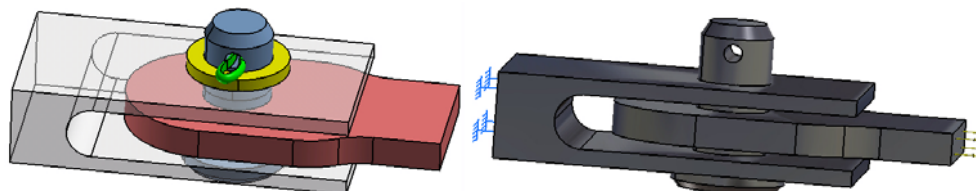
3. CATIA-COMPUTER AIDED THREE-DIMENSIONAL INTERACTIVE APPLICATION (RAČUNAROM PODRŽAN TRODIMENZIONALNI INTERAKTIVNI PROGRAMSKI PAKET)

Korisniku pristupačna i relativno jednostavna za upotrebu, ali veoma širokih mogućnosti, danas se smatra svojevrsnim standardom auto- i avio-industrije. U Srbiji je svoje mesto veoma uspešno našla u alatničarstvu, u vojnim projektima, projektima u avio i auto industriji, na fakultetima, u projektima nadgradnje specijalnih vozila [4] i sl. Kod nekih naših suseda standardan je predmet i u srednjim mašinskim školama, što ne treba zanemariti, jer postoje nekomercijalne verzije ovog programa, pa se potencijalna sredstva sigurno mogu izdvojiti. Modularnoga je tipa, namenjena velikim firmama. Inženjeru omogućava da bez ograničenja iskaže sve svoje zamisli budućeg projekta. Koncipirani

sklop se može podvrgnuti kinematskoj, ali i strukturnoj analizi. U strukturnoj analizi se svakom prethodno izmodeliranom mašinskom delu dodeljuje materijal, pa se sa dodeljenim karakteristikama materijala ulazi u analize različitog tipa, statičke ili dinamičke. Na raspolaganju su skoro sve vrste opterećenja koja se u praksi pojavljuju. Moguća je kombinacija ovoga modula sa modulom optimizacije, gde se mogu zahtevati maksimalno dozvoljeni naponi ili maksimalno dozvoljena pomeranja (oblast čvrstoće i krutosti). Objekat optimizacije može biti svaki korišćeni parametar u radu, gde bi računar „sam“ vršio dimenzionisanje analiziranoga dela, što u mnogome ubrzava i olakšava napor u projektovanju, odnosno konstruisanju. Izrada tehničke dokumentacije bilo kakvog mašinskog dela ili sklopa jednostavno se rešava u modulu namenjenom za crtanje, pri čemu se svaka izmena na modelu, odražava i na crtežu, što je jako bitno napomenuti.

4. PRIMER ANALITIČKO-NUMERIČKOG PRORAČUNA (KORIŠĆENJE STRUKTURNE ANALIZE U CILJU POTVRDE PREPORUKA DATIH ZA KONSTRUKCIONE VEZE OSTVARENE PUTEV ZAVRTNJEVA I ČIVIJA U MAŠINSKIM KONSTRUKCIJAMA SHODNO STANDARDU DIN 18 800/1)

Prema [1], potrebno je proračunati čvrstoću elemenata nepokretnog spoja (sl. 2), ostvarenog pomoću čivije $\Phi 16 \times 32$ za slučaj prenosa aksijalne sile $F=2500$ [daN]. Čivija se kao posrednik veoma često koristi u metalnim konstrukcijama i to u slučajevima kada se javljaju zahtevi za čestom i jednostavnom montažom, odnosno demontažom spojenih elemenata, ili se pak postavlja kao cilindrični oslonac sa jednim stepenom slobode, pri čemu je opterećena na savijanje, smicanje (poseban slučaj savijanja) i pritisak. Standard DIN 18 800/1 upravo opisuje proračun veza ostvarenih sa čivijama i ušicama. U ovom primeru strukturne analize razmatra se prenos aksijalne sile sa srednje ušice na spoljašnje (pri čemu su ove spoljašnje ušice, radi olakšanja analize, pretvorene u jedan deo-ušicu).



Slika 2: Prikaz elemenata nepokretnog spoja (srednja ušica, spoljašnja ušica, čivija, podloška i rascepa, gde poslednje dve ne učestvuju a analizi)

Elementi sklopa su:

Čivija $\Phi 16 \times 32$ (DIN EN 22341 Form B_ISO 2341)

Materijal čivije je čelik za automate podesan za poboljšanje, prema preporukama normalne izvedbe, tvrdoće (od 125 HV do 245 HV, što odgovara tvrdoći po Rokvelu od 40 HRC do 78,5 HRC), usvojen čelik:

Č.1490- 35 S 20-Wn.-1.0726, sa karakteristikama:

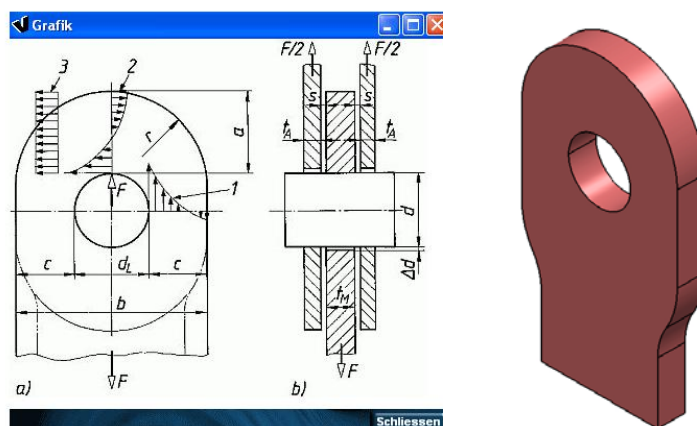
$R_e=43$ [daN/mm²], $R_m=63$ [daN/mm²], $E=20000$ [daN/mm²], $\nu=0.3$

Srednja ušica sa svojim karakterističnim, proračunatim i usvojenim merama: a, b, c, dL (sl. 3).

Materijal srednje pločice je finozrni konstrukcioni čelik S355 Wn.-1.0545 sa karakteristikama:

$Re=35,5$ [daN/mm²], $Rm=47$ [daN/mm²], $E=20000$ [daN/mm²], $\nu=0.3$

Zavarljiv, solidnih mehaničkih karakteristika, namenjen izradi sudova pod pritiskom, elemenata čeličnih konstrukcija, mostova, drumskih vozila i sl. Ovi čelici se posebno označavaju.



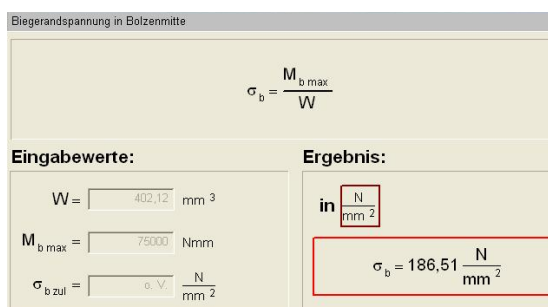
Slika 3: Prikaz srednje pločice

Spoljna ušica data u vidu jednog dela radi pojednostavljenja strukturne analize.

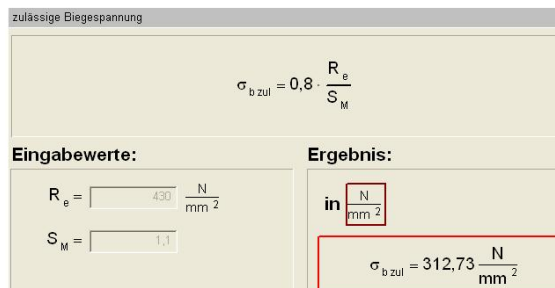
(materijal je isti kao za srednju ušicu).

Podloška $\Phi 24 \times 3$ (DIN EN 28738) i rascepka 4×25 (DIN EN ISO 1234) kao elementi osiguranja čivije od ispadanja (ne podležu strukturnoj analizi).

Prema [2], od celokupnog analitičkog proračuna sklopa, u radu se opisuje samo provera savojne čvrstoće čivije, koja je pored savijanja opterećena i na smicanje (poseban vid savijanja) i pritisak. Sračunavanje napona savijanja dato je putem programa „VIEWEG“ namenjenom proračunu različitih mašinskih elemenata (sl. 4 i 5).



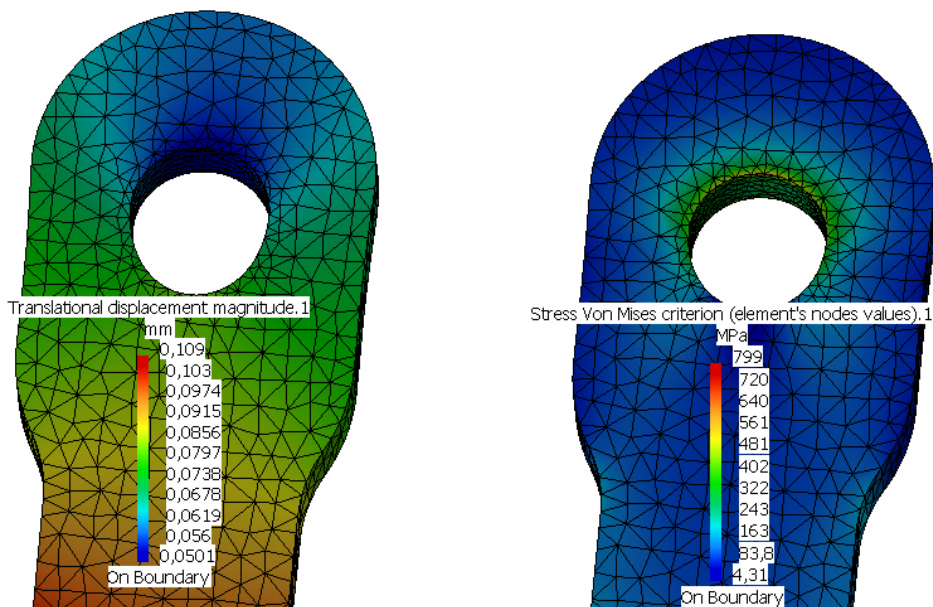
Slika 4: Prikaz radnog napona savijanja



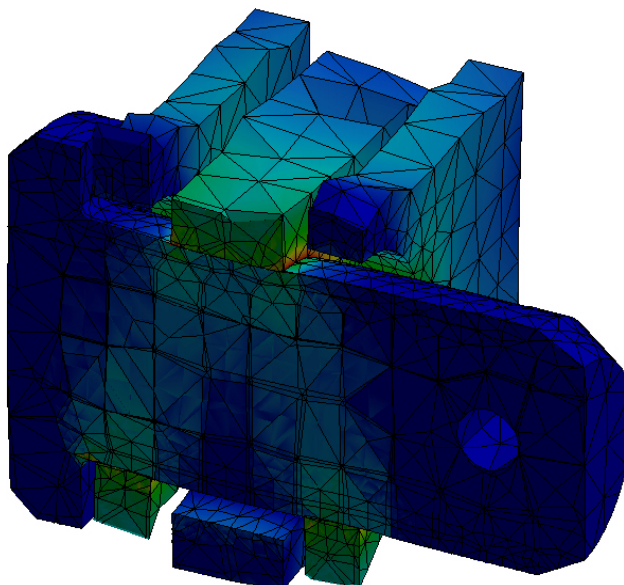
Slika 5: Prikaz dozvoljenog napona savijanja

Pošto je $\sigma_b = 186,51 \text{ [daN/mm}^2\text{]} < \sigma_{b\text{ zul}} = 312,73 \text{ [daN/mm}^2\text{]}$, zaključujem da čivija ima dovoljnu savojnu čvrstoću.

Od celokupnog numeričkog proračuna nepokretnog sklopa, ovde se opisuje samo provera deformacionog i naponskog stanja srednje ušice (sl. 6) i daje prikaz celokupnog sklopa u deformisanom stanju (sl. 7).



Slika 6: Srednja ušica sa svojim deformacionim (levi prikaz) i naponskim stanjem (desni prikaz)



Slika 7: Izgled analiziranog sklopa u deformisanom stanju

5. ZAKLJUČAK

Primena strukturne analize u proračunima mašinskih delova ili sklopova već se uveliko smatra standardom u mnogim tehnički razvijenim zemljama. Kroz rad je dat samo jedan slikovit primer za opravdanu primenu ove metodologije u obuci studenata i osposobljavanju mladog stručnog kadra, koji će biti sposoban da se suoči sa realnim problemima iz prakse. Cilj je jasan oko zauzimanja čvrstog stava oko uvođenja ovog novog načina u projektovanju, odnosno konstruisanju, ali samo u kombinaciji sa prethodno stečenim teorijskim znanjem iz odgovarajućih oblasti. Dakle nivo tehničkog obrazovanja se mora prilagoditi nivou koji zahteva tehnika koju diktiraju tehnički razvijene zemlje.

6. LITERATURA

- [1] Golubović D.: Projekat „Identifikacija naprezanja složenih struktura“, Tehnički fakultet, Čačak, 2010.
- [2] Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J., *Roloff/Matek Maschinenelemente, Normung, Berechnung, Gestaltung, 19. Aufgabe*, Wiesbaden 2009.
- [3] Maričić I., *Primena programa CATIA V5 u rešavanju naponsko-deformaciog stanja nosećih struktura mašina alatki*, Seminarski rad, str. 4, Tehnički fakultet, Čačak, 2006.
- [4] Maričić I., *Projekat nadgradnje specijalnog vozila „UNIMAG 1700 L“*, UNIPROMET, Čačak, 2010.