

**IZBOR DANCETA PRI PROJEKTOVANJU POSUDA POD PRITISKOM
POMOĆU PROGRAMSKOG PAKETA CATIA**

**CHOOSING A BOTTOM SEGMENT IN DESIGNING VESSELS
UNDER PRESSURE USING THE PROGRAM PACKAGE CATIA**

Sejfo Papić, dr. sc.
Pedagoški fakultet
Sarajevo

Fuad Klisura, doc. dr.
IPI Zenica
Zenica

Hazim Bašić, Red. prof. dr.
Mašinski fakultet
Sarajevo

Elida Hasanović, Bachelor
Mašinski fakultet
Sarajevo

REZIME

U radu je predstavljena strukturna analiza naponskog stanja standardnog danceta rezervoara za propan butan zapremine 60 m³, pomoću modula programa CATIA V5 R20. Moduli korišteni za modeliranje su Part Design i Assembly Design, a za strukturnu analizu Generative Structural Analysis. U radu je pokazano da je, uz ponavljanje postupka analize za ostale vrste dancadi, moguće za veoma kratko vrijeme odabrati dance koje je optimalno za željenu veličinu rezervoara. Kao mjerodavna varijabla za izbor danceta je napon koji se javlja usljed pritiska u rezervoaru.

Ključne riječi: Posude pod pritiskom, Dance, Napon, Numeričko modeliranje.

ABSTRACT

The structural analysis of the stress state of a standard bottom segment of a reservoir for propane butane of volume 60 m³, using modules of the program CATIA V5 R20 is presented. The modules used for modeling are Part Design and Assembly Design, while the Generative Structural Analysis is used for the structural analysis. . It was concluded that, with the repetition of the analyses for other types of bottom segment, it is possible to choose a suitable bottom segment that is optimal for the desired size of the reservoir for a very short time. As relevant variable for the selection of the bottom segment is the stress caused by the pressure in the reservoir.

Keywords: Vessels under pressure, Bottom segment, Stresses, Numerical modelling

1. UVOD

Oblikovanje strojnih dijelova i sklopova pomoću računala ima mnogo širi značaj od samog grafičkog prikazivanja. Na ovaj način je omogućeno 3D modeliranje oblika sastavljenog od prostijih (elementarnih) oblika, koje je usko povezano s dimenzioniranjem, a koje se zasniva na odgovarajućim matematičkim modelima. Pored toga omogućeno je „pamćenje“ oblika pa se može formirati baza podataka onih oblika koji se često ponavljaju. To omogućava svođenje konstruiranja na odabir i komponiranje strojnih sklopova i drugih struktura od već razrađenih i sačuvanih oblika dijelova [1].

Projektovanje posuda pod pritiskom je veoma odgovoran i složen posao. Činjenica da su to odgovorne konstrukcije, dodatno daje na važnosti njenog ispravnog i preciznog projektovanja. S druge strane, stalna težnja za dobijanje ekonomičnijih proizvoda, uslovljava proizvodne poslovne sisteme da tragaju za optimalnim rješenjima pri projektovanju, pri čemu je neupitan zahtijevani kvalitet.

Međutim, pri projektovanju svake konstrukcije, pa i posude pod pritiskom, potrebno je usaglasiti niz varijabli, koje su vrlo često teško spojive. Naći optimalno rješenje i izabrati najpovoljnije varijante, uzimajući u obzir sve varijable, skoro da bi bilo nemoguće bez primjene računara. Tim prije, ako se uzme u obzir vrijeme izrade konstrukcija, koje je uz kvalitet i ekonomičnost, ključna performansa opstanka na tržištu. U novije vrijeme sve je više softvera koji olakšavaju projektovanje konstrukcija, pri čemu se mogu simulirati razne eksploatacijske situacije, sa različitim aspektata.

Uobičajeno je da se proračun konstrukcija izvodi prema naponima koji se javljaju i provjerom deformacija koje nastaju pri datim opterećenjima. Pri tome, naponi ne smiju prelaziti dozvoljene vrijednosti, dok deformacije ne smiju biti veće od deformacija propisanih standardima za projektovanu vrstu konstrukcija.

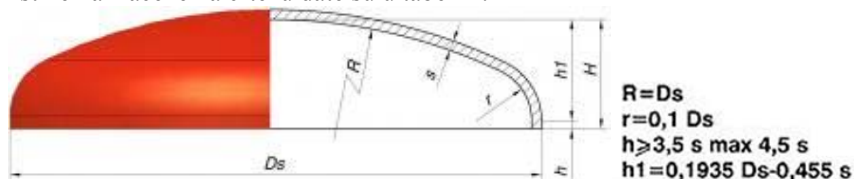
Premda je postupak projektovanja posuda pod pritiskom precizno propisan standardom BAS CEN/TR 13445-101:2016, mora se naznačiti da sam izbor dijelova posude pod pritiskom, zahtijeva kvalitetnu analizu. U nastavku će biti predstavljena analiza pri izboru danceta uz pomoć CATIA V5 R20 pri projektovanju horizontalnog rezervoara za propan-butan, zapremine 60 m³.

2. STRUKTURNA ANALIZA DANCETA

Dance, kao sastavni element rezervoara, može biti izrađeno u nekoliko varijanti i oblika koji se mogu grupisati u sljedeće vrste:

- Ravna danca
- Vrlo plitka danca (DIN 6608; DIN 6616)
- Plitka torisferična danca (DIN 20811; DIN 20812)
- Duboka danca (DIN 20813; DIN 20814)
- Kalota danca
- Specijalna "s" danca
- Elipsasto danca,
- Kofer danca i
- Konusna danca.

Zbog ograničenosti obima rada, biće prikazan postupak analize plitkog torisferičnog danceta, uz napomenu da je fokus analize naponsko stanje i ugib (deformacija) na karakterističnim presjecima, a kao osnova za strukturnu analizu u navedenom programu, koristi se metoda konačnih elemenata (MKE). Skica navedenog danceta data je na slici 1, a geometrijske karakteristike naznačene na crtežu date su u tabeli 1.



Slika 1. Plitko torisferično dance [5.]

Tabela 1. Geometrijske karakteristike modeliranog danca

D _s mm	R mm	r mm	h ₁ mm za s=14 mm	s mm
2500	2500	250	477	14

2.1. MKE analiza plitkog danceta

Cilj metode konačnih elemenata je da se rješenja što više približe vrijednostima koje tačno opisuju razmatrani problem. S povećanjem broja elemenata, numerička rješenja moraju se približavati tačnim vrijednostima. Kako bi se približavanje ostvarilo potrebno je da interpolacijska funkcija zadovoljava određene uvjete [3].

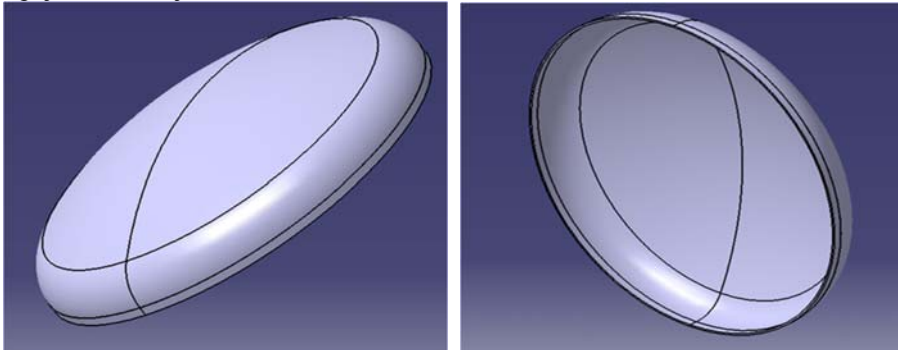
Strukturna analiza je urađena za dance rezervoara sljedećih karakteristika [4]:

- Proračunski pritisak: 17,65 bar,
- Prečnik danceta: 2500 mm i
- Debljina danceta: 14 mm.

Dance je modelirano u programu CATIA uz pomoću modula Part Design, dok je strukturna analiza izvršena u modulu Generative Structural Analysis [2]. Dimenzije danceta su u funkciji prečnika rezervoara za koji je urađen predhodni proračun po naprijed navedenom standardu. Izgled modela danceta dat je na slici 2.

Nakon izrade modela, potrebno je definisati konačne elemente, odnosno, definisati dimenzije konačnih elemenata i vrstu analize. U ovom primjeru mjere konačnih elemenata date su na slici 3. gdje se vidi da su korišteni linearni elementi. Međutim, za tačniju i detaljniju analizu mogu se koristiti i elementi manjih dimenzija. Na odluku da se uzmu linearni elementi, uticalo je to što je ovo pokazni primjer i što je debljina danceta mnogo manja od prečnika, a sama provjera je urađena prema dozvoljenoj zateznoj čvrstoći materijala.

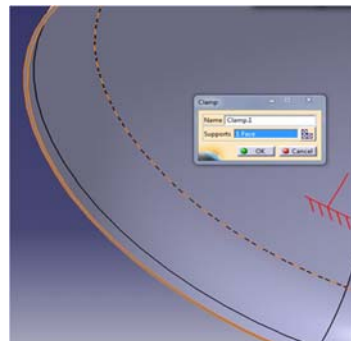
Sljedeći korak analize je postavljanje određenih ograničenja. Kako je dance sastavni dio rezervoara, uzima se ograničenje da je plašt rezervoara krut, što znači da je dance na tom dijelu uklješteno, odnosno, uzima se ograničenje da je dance na kraju cilindričnog dijela uklješteno jer se spaja zavarivanjem za omotač, slika 4.



Slika 2. Dance modelirano u Part Design

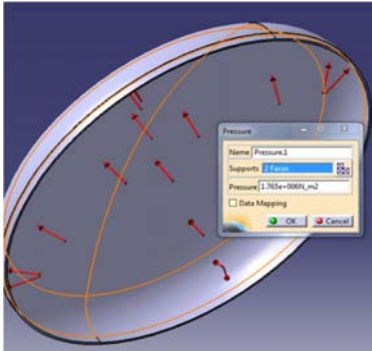


Slika 3. Definisane konačnih elemenata

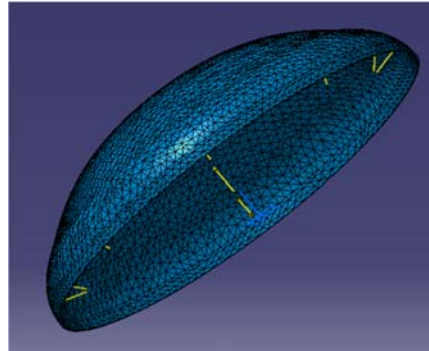


Slika 4. Zadavanje graničnih uslova (uklještenja)

Jedan od ključnih koraka za ispravnost modeliranja na ovoj način jeste raspodjela opterećenja. Pošto je rezervoar namijenjen za skladištenje mješavine propan -butana, a radi se o horizontalnom rezervoaru, imajući u vidu da su dancad postavljena bočno u odnosu na djelovanje sile Zemljine teže, to će se kao mjerodavno uzeti opterećenje koje nastaje od unutarnjeg pritiska fluida.



Slika 5. Definisiranje opterećenja



Slika 6. Dance sa prikazanom mrežom KE

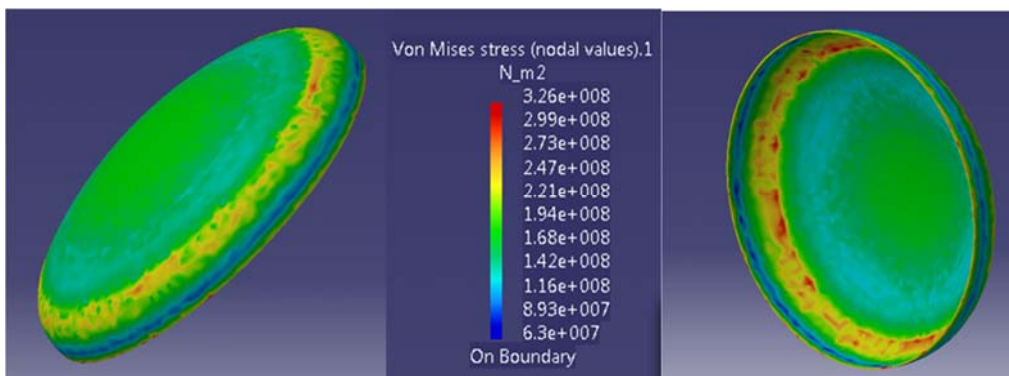
Pritisak se prenosi na sve strane podjednako, pa je logičan granični uslov zadavanja pritiska kao na slici 5. Mreža konačnih elemenata data je na slici 6. Ovako definisani polazni podaci su preduslov za pokretanje numeričke simulacije.

3. NAPONSKO STANJE I DEFORMACIJE

Raspodjela napona na dancetu, data je na slici 7. Mjerodavan napon je maksimalni napon koji nastaje, a on iznosi 326 MN/m^2 i mjesta gdje on nastaje su označena crvenom bojom.

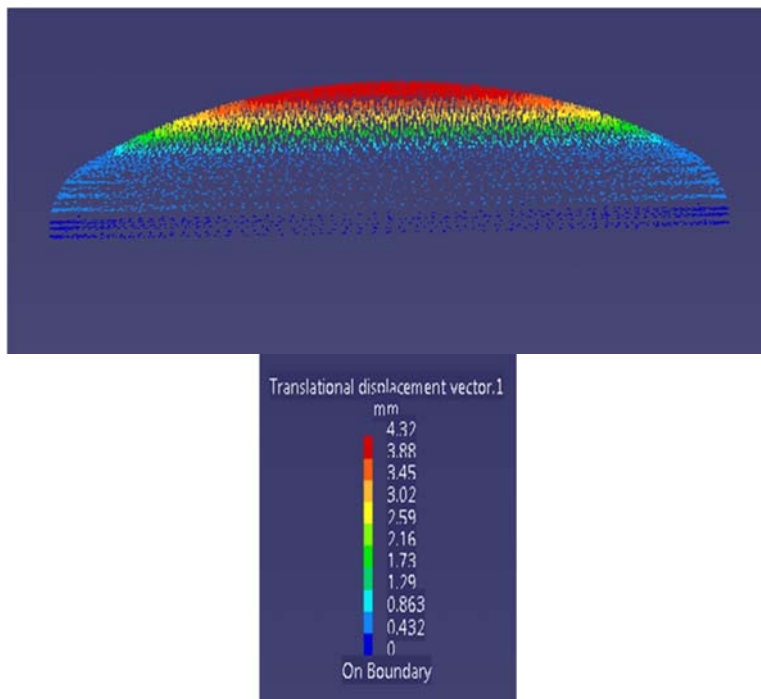
Ako se uporedi veličina maksimalnog napona na dancetu sa veličinama napona za određene vrste čelika, može se zaključiti da se za izradu danceta navedenih dimenzija, moguće koristiti čak i neki od čelika negarantovanog hemijskog sastava (EN S235 JR).

Najveći napon je na mjestima danceta gdje je najmanji radijus što je i očekivano, s obzirom na činjenicu da je koncentracija napona veća ako je radijus zaobljenja manji. Najmanji napon je na cilindričnom dijelu danceta, jer je pored najmanje koncentracije, kao ograničenje uzeto da je dance uklješteno na tom dijelu.



Slika 7. Prikaz raspodjele napona sa njihovim vrijednostima

Pored mogućnosti očitavanja nastalih napona, program pruža mogućnost proračuna deformacija, odnosno, komponenti pomijeranja, usljed djelovanja datog pritiska. Raspored veličina pomijeranja dat je na slici 8.



Slika 8. Prikaz deformacija (veličina pomijeranja) na dancetu

Vidi se da je najveće pomijeranje na vrhu danceta i iznosi 4,32 mm. Ovo je očekivano jer je vrh danceta najudaljeniji od plašta, odnosno, od uklještenja, gdje nema pomijeranja.

Ponavljanjem postupka analize za bilo koje vrste danceta, moguće je naći optimalnu varijantu koja će biti primijenjena u projektu. Dakle, za veoma kratko vrijeme, uz primjenu CATIA-e, moguće je izvršiti više proračuna, kako u pogledu promjene dimenzija jedne te iste vrste danceta, tako i u pogledu različitih vrsta dancadi.

Sa definisanjem dimenzija konačnog elementa, utiče se na preciznost dobijenih podataka. Ako na rezervoar djeluje još neko opterećenje, može se i ono uzeti u obzir, i napraviti ukupna analiza.

4. ZAKLJUČAK

Na ovom primjeru analize naponskog stanja i deformacija može se vidjeti da, primjena numeričkih simulacija efikasno i efektivno pomaže pri proračunu i izboru danceta kod projektovanja čeličnih rezervoara. Za veoma kratko vrijeme moguće je proračunati više varijanti, kako u smislu proračuna za izbor vrste danceta, tako i u pogledu izmjene dimenzija. Ovo može biti važno pri izboru prečnika danceta (rezervoara) jer izbor optimalnog prečnika često može dovesti do znatnog povećanja tehnološkosti izrade rezervoara kao zavarene konstrukcije (imajući u vidu standardne dimenzije limova koji se koriste pri izradi).

Također, izborom vrste čelika, moguće je detaljnije precizirati i identifikovati optimalnu varijantu i primijeniti u praksi. Tako se može odrediti i potrebna debljina danceta ako se koriste neki od ugljeničnih i visokolegiranih čelika, koji imaju veću zateznu čvrstoću.

Pored dobijenih vrijednosti za napone i deformacije, koji se javljaju u dancetu, pri eksploataciji, vrlo bitna činjenica je i ta što navedeni softverski paket kroz svoj postprocesor omogućava vizualizaciju raspodjele komponentnih napona i deformacija.

5. LITERATURA

- [1] Čehajić, N.: 3D modeliranje zaštitne navlake, dekorativnog poklopca, držača ručice i ručice automobilskog mjenjača, Tehnički glasnik, Vol. 7, No. 1(2013) 25-30.
- [2] CATIA Help for Finite Elements Method.
- [3] Sorić J.: Metoda konačnih elemenata, Golden marketing – Tehnička knjiga, Zagreb, 2004.
- [4] Papić, S.: Konstruisanje rezervoara za propan –butan V -60 m³ , IP Krivaja, Zavidovići, 2002.
- [5] <http://www.mipprocesna.com>