

UNIVERSITY
OF EAST
SARAJEVO



FACULTY OF
TECHNOLOGY
ZVORNIK



INTERNATIONAL CONGRESS MEĐUNARODNI KONGRES

ENGINEERING, ENVIRONMENT
AND MATERIALS IN
PROCESSING INDUSTRY

INŽENJERSTVO, EKOLOGIJA
I MATERIJALI U
PROCESNOJ INDUSTRIJI

PROCEEDINGS

KNJIGA RADOVA



JAHORINA
15.03.-17.03.2017.

REPUBLIKA SRPSKA
BOSNA I HERCEGOVINA



TEHNOLOŠKI
FAKULTET ZVORNIK
UZ PODRŠKU:

SAVEZ INŽENJERA
I TEHNIČARA SRBIJE
Beograd, Srbija

TEHNOLOŠKO-TEHNIČKI
FAKULTET ŠTIP
Makedonija

TEHNOLOŠKO-METALURŠKI
FAKULTET SKOPJE
Makedonija

**UNIVERZITET U ISTOČNOM SARAJEVU
TEHNOLOŠKI FAKULTET ZVORNIK**



**UNIVERSITY OF EAST SARAJEVO
FACULTY OF TECHNOLOGY ZVORNIK**

**ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS**

V INTERNATIONAL CONGRESS

**„ENGINEERING, ENVIRONMENT AND MATERIALS IN
PROCESSING INDUSTRY“**

V MEĐUNARODNI KONGRES

**„INŽENJERSTVO, EKOLOGIJA I MATERIJALI U PROCESNOJ
INDUSTRIJI“**

**UNDER AUSPICES OF
THE MINISTRY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF REPUBLIC OF SRPSKA
THE ACADEMY OF SCIENCE AND ART OF REPUBLIC OF SRPSKA**

**POD POKROVITELJSTVOM
MINISTARSTVA NAUKE I TEHNOLOGIJE REPUBLIKE SRPSKE
AKADEMIJE NAUKA I UMJETNOSTI REPUBLIKE SRPSKE**

**JAHORINA, 15.03.-17.03. 2017. GODINE
REPUBLIKA SRPSKA
BOSNA I HERCEGOVINA**

**IZDAVAČ/PUBLISHER:
TEHNOLOŠKI FAKULTET**

Karakaj 34a, 75 400 Zvornik
Republika Srpska, BiH
Telefon: +387 56 26 10 72
Fax: +387 56 26 01 90
e-mail: sekretar@tfzv.org
web: www.kongres.tfzv.org

ZA IZDAVAČA/FOR PUBLISHER:

Prof. dr Miladin Gligorić, dean/dekan

ORGANIZACIONI ODBOR/ORGANIZING COMMITTEE:

Prof. dr Miladin Gligorić, predsjednik, Doc. dr Aleksandar Došić, sekretar, Prof. dr. Milovan Jotanović, Prof. dr Miomir Pavlović, Prof. dr. Radoslav Grujić, Prof. dr Dragica Lazić, Prof. dr Goran Tadić, Prof. dr Milorad Tomić, Prof. dr Mitar Perušić, Prof. dr Ljubica Vasiljević, Prof. dr Vaso Novaković, Doc. dr Dragan Vujadinović, Dipl. inž. Novo Škrebić, Mr Mirjana Beribaka, Mr Danijela Rajić, Mr Marija Ridošić, Mr Stefan Pavlović

**NAUČNI I PROGRAMSKI ODBOR / SCIENTIFIC AND PROGRAMME
COMMITTEE:**

Prof. dr Todor Vasiljević, **Australija**, Prof. dr Ivan Krostev, **Bugarska**, Prof. dr Milovan Jotanović, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Miomir Pavlović, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Miladin Gligorić, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Jovan Đuković, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Radoslav Grujić, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Dragan Tošković, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Dragica Lazić, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Živan Živković, **Bosna i Hercegovina**, Akademik Dragoljub Mirjanić, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Siniša Moljević, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Ljiljana Vukić, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Jasmin Komić, **Bosna i Hercegovina**, Dr Dane Malešević, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Midhat Suljkanović, **Bosna i Hercegovina**, Prof. dr Mira Vukčević, **Crna Gora**, Prof. dr Darko Vuksanović, **Crna Gora**, Dr inž. Srećko Stopić, **Njemačka**, Prof. dr Milan Sak-Bosnar, **Hrvatska**, Prof. dr Gyula Vatai, **Mađarska**, Prof. dr Svetozar Hadži Jordanov, **Macedonia**, Prof. dr Kiril Lisičkov, **Makedonija**, Prof. dr Vineta Srebrnkoska, **Makedonija**, Prof. dr Jurij Krobe, **Slovenija**, Prof. dr Andrzej Kowal, **Poljska**, Prof. dr Magdalena Parlinska-Wojtan, **Poljska**, Prof. dr Časlav Lačnjevac, **Srbija**, Prof. dr Milan Antonijević, **Srbija**, Prof. dr Đorđe Janačković, **Srbija**, Prof. dr Branko Bugarski, **Srbija**, Prof. dr Ivan Juranić, **Srbija**, Prof. dr Božo Dalmacija, **Srbija**, Prof. dr Sonja Đilas, **Srbija**, Dr Đorđe Okanović, **Srbija**

UREDNICI/EDITORIAL BOARD:

Prof. dr Miladin Gligorić
Doc. dr Aleksandar Došić
Doc. dr Dragan Vujadinović

TEHNIČKI UREDNICI/TECHNICAL EDITORS

Mr Mirjana Beribaka, Mr Danijela Rajić, Mr Marija Ridošić, Mr Stefan Pavlović

OBLAST/AREA:

ENGINEERING, ENVIRONMENT AND MATERIALS IN PROCESSING INDUSTRY
INŽENJERSTVO, EKOLOGIJA I MATERIJALI U PROCESNOJ INDUSTRIJI

GODINA IZDANJA/PUBLISHED: 2017.

ŠTAMPA/PRINT: Eurografika Zvornik

TIRAŽ/CIRCULATION: 200 primjeraka/copies

ISBN: 978-99955-81-21-3

**Autori snose punu odgovornost za originalnost i sadržaj sopstvenih radova
The authors have full responsibility for the originality and content of their own papers**



MATERIALS/MATERIJALI

M-11	<u>POLYMER COMPOSITE BASED OF TEXTILES IN VARIOUS GEOMETRY</u> <u>Silvana Zhezhova, Sanja Risteski, Vineta Srebrenkoska</u>	1091
M-12	<u>PONAŠANJE SADRŽAJA NATRIJUMA U HIDRATU I GLINICI U PROCESU PROIZVODNJE GLINICE “ALUMINA” PO BAYER-OVOM POSTUPKU</u> <u>Dragica Lazić, Dragana Kešelj, Dragana Blagojević, Radislav Filipović, Zoran Obrenović</u>	1099
M-13	<u>KARAKTERISTIKE ORGANSKIH BOJENIH PREVLAKA – EPOXY PRAJMER, CPW 714 I ALUMINIJUMSKI EPOXY EMAJL, CPW 715</u> <u>Božidarka Arsenović, Stana Stanišić, Ana Mičić</u>	1108
M-14	<u>KERAMIČKO-TEHNOLOŠKA SVOJSTVA GLINE BREZACI</u> <u>Leposava Filipović-Petrović, Dušan Stanojević, Mirjana Antonijević-Nikolić, Ljubica Mijić</u>	1116
M-15	<u>METODOLOGIJA ODREĐIVANJA POKAZATELJA PONAŠANJA HSLA ČELIKA PRI DELOVANJU NISKOCIKLIČNOG ZAMORA</u> <u>Vujadin Aleksić, Bojana Aleksić, Ljubica Milović</u>	1123
M-16	<u>ANALIZA OPRAVDANOSTI MODELIRANJA SUČEONO ZAVARENIH SPOJEVA KOD PRORAČUNA POSUDA POD PRITISKOM</u> <u>Bojana Aleksić, Vujadin Aleksić, Ljubica Milović</u>	1136
M-17	<u>TEXTILE MATERIALS USED IN MILITARY PROTECTIVE CLOTHES DESIGN</u> <u>Sanja Risteski, Silvana Zhezhova, Vineta Srebrenkoska</u>	1145
M-18	<u>INFLUENCE OF STEEL FIBER ON PROPERTIES OF HIGH STRENGTH CONCRETE</u> <u>Ksenija Janković, Marko Stojanović, Dragan Bojović, Ljiljana Lončar, Lana Antić</u>	1152
M-19	<u>MINERALOŠKA KARAKTERIZACIJA SIROVINA, MEĐUPROIZVODA I GOTOVOG PROIZVODA U FABRICI CEMENTA LUKAVAC</u> <u>Dragica Lazić, Dragana Kešelj, Mugdin Imamović, Mitar Perušić, Dijana Drljača</u>	1159
M-20	<u>SINERGISTIČKO DEJSTVO DVA AKTIVNA PUNILA NA SVOJSTVA ELASTOMERNIH MATERIJALA</u> <u>Vojislav Aleksić, Nada Lazić, Vojislav Jovanović, Jelena Pavličević, Zoran Petrović, Dejan Kojić, Jelena Tanasić, Jaroslava Budinski-Simendić</u>	1172
M-21	<u>KOROZIONA POSTOJANOST ELEKTROHEMIJSKI TALOŽENIH Zn-Mn PREVLAKA</u> <u>Marija Ridošić</u>	1182

ANALIZA OPRAVDANOSTI MODELIRANJA SUČEONO ZAVARENIH SPOJEVA KOD PRORAČUNA POSUDA POD PRITISKOM

Bojana Aleksić¹, Vujadin Aleksić², Ljubica Milović³

¹Inovacioni centar Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu d.o.o., Karnegijeva 4,
Beograd, Srbija, baleksic@tmf.bg.ac.rs

²Institut za ispitivanje materijala, IMS, Bulevar vojvode Mišića 43, Beograd, Srbija,
vujadin.aleksic@institutims.rs

³Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd, Srbija,
acibulj@tmf.bg.ac.rs

Izvod

U radu je posle proračuna metodom konačnih elemenata (MKE) analizirana raspodela napona na modelu dela oplate rezervoara pod pritiskom bez zavarenih spojeva (ZS), sa obimnim ZS, podužnim ZS i ukrsnim mestom ZS. Takođe, u radu je na primeru rezervoara za tečni ugljen-dioksid, na kome su pored limova oplate i danaca sa potrebnim otvorima i elementima kao što su sedla sa osloncima i uške modelirani obimni i podužni sučeoni ZS, urađen proračun MKE i uporedna analiza uticaja ZS na raspodelu napona.

Ključne riječi: MKE, ZS, analiza raspodele napona

Uvod

Integritet konstrukcije je relativno nova naučna i inženjerska disciplina, koja obuhvata analizu stanja i dijagnostiku ponašanja i popuštanja, procenu preostale čvrstoće i radnog veka i revitalizaciju konstrukcije. Analiza stanja i dijagnostika ponašanja konstrukcije objekta izvodi se na računaru primenom MKE. Ovaj pristup omogućava određivanje stvarnog ponašanja konstrukcije objekta, pouzdanu prognozu reagovanja konstrukcije u eksploataciji, dobijanje parametara izbora i odluka, određivanje uzroka lošeg ponašanja ili popuštanja, procenu eksploatacionog veka i vremena pouzdanog rada konstrukcije. [1]

Problemi nastali u eksploataciji opreme prvenstveno potiču od nedovoljno dobro projektovane geometrije i neadekvatnog održavanja. Osim toga, oni su često posledica nedovoljne otpornosti materijala (npr. otpornosti na koroziju), a posebno zavarenih spojeva, na nastanak i rast prslina. Takođe, čest je slučaj da su oba navedena faktora prisutna. [1]

U inženjerskoj analizi nosećih konstrukcija primena analize integriteta konstrukcije MKE nameće se kao neminovnost. Ona ima opravdanja zbog vrlo niskih troškova primene uz vrlo visok nivo rezultata. [1] Ova analiza je sprovedena na rezervoaru za tečni CO₂, i to na modelu dela oplate rezervoara i čitavom rezervoaru bez i sa ZS. Rezervoar tretiran u ovom radu je horizontalna stabilna posuda pod pritiskom (PPP) [2]. Zbog svojih dimenzija može biti i pokretna [3] ako se ugradi na drumsko vozilo uz poštovanje propisa koji se odnose na pokretne PPP [4]. Na osnovu tehničke dokumentacije [2], koristeći SolidWorks za modeliranje i CosmosWorks za proračun MKE, urađen je model rezervoara za tečni CO₂ [5], model dela oplate bez i sa ZS opterećen ispitnim pritiskom, kao i statički proračun MKE tih modela i modela čitavog rezervoara bez i sa ZS.

Rezervoar za tečni ugljen-dioksid

Tehničke karakteristike rezervoara za tečni CO₂ su prikazane u tabeli 1.

Polazeći od tehničkih karakteristika rezervoara i karaktera CO₂, kao i zahteva važećih propisa u trenutku izrade tehničke dokumentacije [2], za osnovni materijal rezervoara, izabran je finoizni normalizovan čelik za sudove pod pritiskom. Izbor kvaliteta materijala za navedene namene izvršen je prema tada važećem standardu sa obaveznom primenom JUS M.E2.516 [7]. Kvalitet izabranog čelika, prema evropskim normama EN 10028-3 [8], definisan kao P 355N L2 Fine grain steels. U tabeli 2 date su karakteristike materijala od koga su izrađeni elementi rezervoara za tečni CO₂.

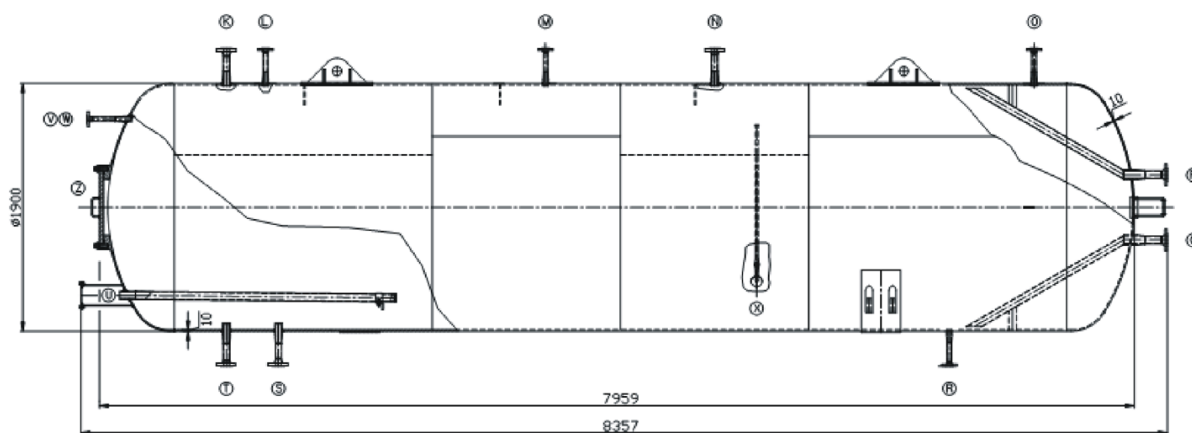
Tabela 1. Karakteristike rezervoara za tečni CO₂

Najveći dozvoljeni radni pritisak	20 bar
Proračunski pritisak	20 bar
Ispitni pritisak	26 bar
Ispitna materija	voda
Temperatura ispitne materije	temperatura okoline
Maksimalna i minimalna temperatura zida	-30±3 °C
Radni medijum	neotrovan, nezapaljiv, neeksplozivan
Zapremina	21 m ³
Masa prazne posude	4400 kg
Najveća masa punjenja	20440 kg

Tabela 2. Mehaničke karakteristike materijala P 355N L2 [8]

Modul elastičnosti, E, GPa	Poasonov koeficijent, ν	Granica tečenja, R _{eH} , MPa	Zateznačvrstoća, R _m , MPa	Izduženje, A _{min} (L=5d ₀), %	Žilavost, ISO – KV, A _v , J	
					+20 °C	-50 °C
200	0,3	355	490 - 630	>22	63	27

Izgled i dimenzije rezervoara prikazani su na sl.1.



Slika 1. Rezervoar za tečni ugljen dioksid zapremine 21 m³ [2]

Od lima materijala, P 355N L2, izrađeni su omotač, danca i sedla rezervoara za tečni CO₂. Od otkovaka materijala, P 355N L2, izrađeni su: prirubnice i poklopac revizionog otvora.

Pri projektovanju unificirani su limova i priključci, a za vezivanja elemenata konstrukcije korišćen je postupak elektroručnog zavarivanja na način propisan tehnologijom zavarivanja.

Uticaj heterogenosti materijala na nosivost konstrukcije

Sa svojom heterogenom strukturom i različitim mehaničkim svojstvima svojih konstituenata, zavareni spojevi predstavljaju složen problem kada je potrebno oceniti integritet zavarene konstrukcije, kao što je posuda pod pritiskom (PPP). Na ponašanje zavarenog spoja sa prslinom utiče više činilaca:

- heterogenost materijala (OM, MŠ i ZUT),
- zaostali naponi (usled zavarivanja i geometrijskih nesavršenosti),

- ometena deformacija i
- nesavršenost geometrije (odnos dimenzija zavarenog spoja)

Pri zavarivanju nastaju razlike u mikrostrukturi u pojedinim delovima spoja, što dovodi do razlike u mehaničkim osobinama osnovnog materijala, zone uticaja toplote i metala šava, odnosno heterogenosti. Efekat heterogenosti (*mismatch*) je određen odnosom napona tečenja metala šava (MŠ) i osnovnog materijala (OM): $M = \sigma_{MŠ} / \sigma_{OM}$, gde je:

$\sigma_{MŠ}$ – napon tečenja metala šava, a

σ_{OM} – napon tečenja osnovnog materijala.

Ukoliko je koeficijent heterogenosti:

$M < 1$: metal šava ima nižu vrednost napona tečenja od osnovnog materijala – *undermatch* spoj,

$M > 1$: metal šava ima višu vrednost napona tečenja od osnovnog materijala – *overmatch* spoj,

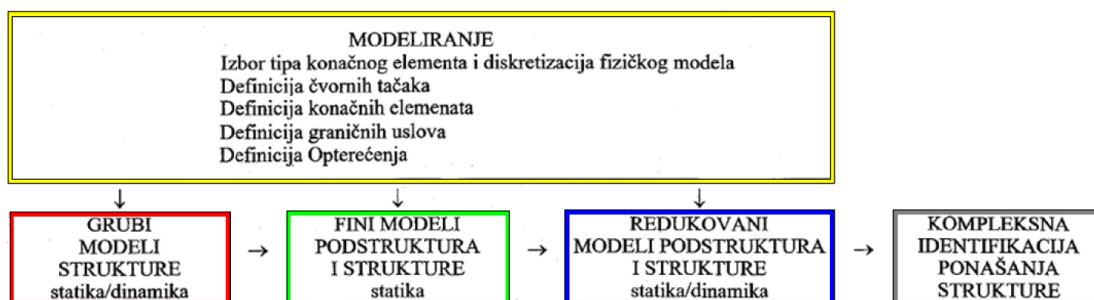
$M = 1$: metal šava i osnovni materijal imaju istu vrednost napona tečenja – *evenmatch* spoj.

Ovaj način uzima u obzir samo uticaj različitih vrednosti napona tečenja na ponašanje materijala. Međutim, i druge osobine, kao što su modul elastičnosti, koeficijent provođenja toplote ili koeficijent deformacionog ojačavanja takođe mogu imati različite vrednosti u metalu šava i osnovnom materijalu.

Kao što je nemoguće izbeći greške u zavarenom spoju, nemoguće je i ne računati sa heterogenošću materijala zavarenog spoja. Zato je neophodno da se uticaju heterogenosti na integritet zavarene konstrukcije posveti dužna pažnja. Praktično, uticaj heterogenosti materijala se najčešće svodi na uticaj *mismečinga*, odnosno na uticaj razlike čvrstoće popuštanja MŠ i OM, što je u ovom radu analizirano na modelu dela oplata rezervoara, a zatim i na modelu čitavog rezervoara bez i sa ZS.

Proračun metodom konačnih elemenata (MKE)

Metod konačnih elemenata spada u savremene metode numeričke analize. Njegova primena prvo je počela u oblasti proračuna inženjerskih konstrukcija. Po analogiji sa postupkom za proračun ramova, koji je bio poznat u statički konstrukcija, rešavan je problem ravnog stanja napona (RSD) [9]. Od ove prve primene, za koju se može reći da je nastala intuitivno, bez potrebne teoretske osnove, MKE se za kratko vreme razvio u posebnu naučnu oblast, sa širokom primenom u rešavanju graničnih zadataka matematike, fizike, a naročito mehanike kontinuuma. Brz razvoj MKE išao je uporedo sa razvojem savremenih elektronskih računara i njihovom primenom u različitim oblastima nauke i inženjerske prakse.[10] Stalno prisutan problem modeliranja jeste izbor tipa konačnog elementa i finoća diskretizacije fizičkog modela. Koncept modeliranja i proračuna prikazan je na slici 2. Kada model ne poznajemo dovoljno dobro potrebno je prvo uraditi proračun sa grubim modelom (minimalan broj čvorova i elemenata). Statička i dinamička identifikacija, sa grubim modelom, daje ocenu valjanosti modela sa stanovišta graničnih uslova, izbora tipa ili tipova konačnih elemenata, diskretizacije i modeliranja opterećenja. Ovim pristupom se štedi vreme. Grubi model može biti ujedno i redukovani model. Poželjno je da za jednu konstrukciju imamo više grubih modela. On najčešće služi za određivanje globalnog odziva konstrukcije. [11]

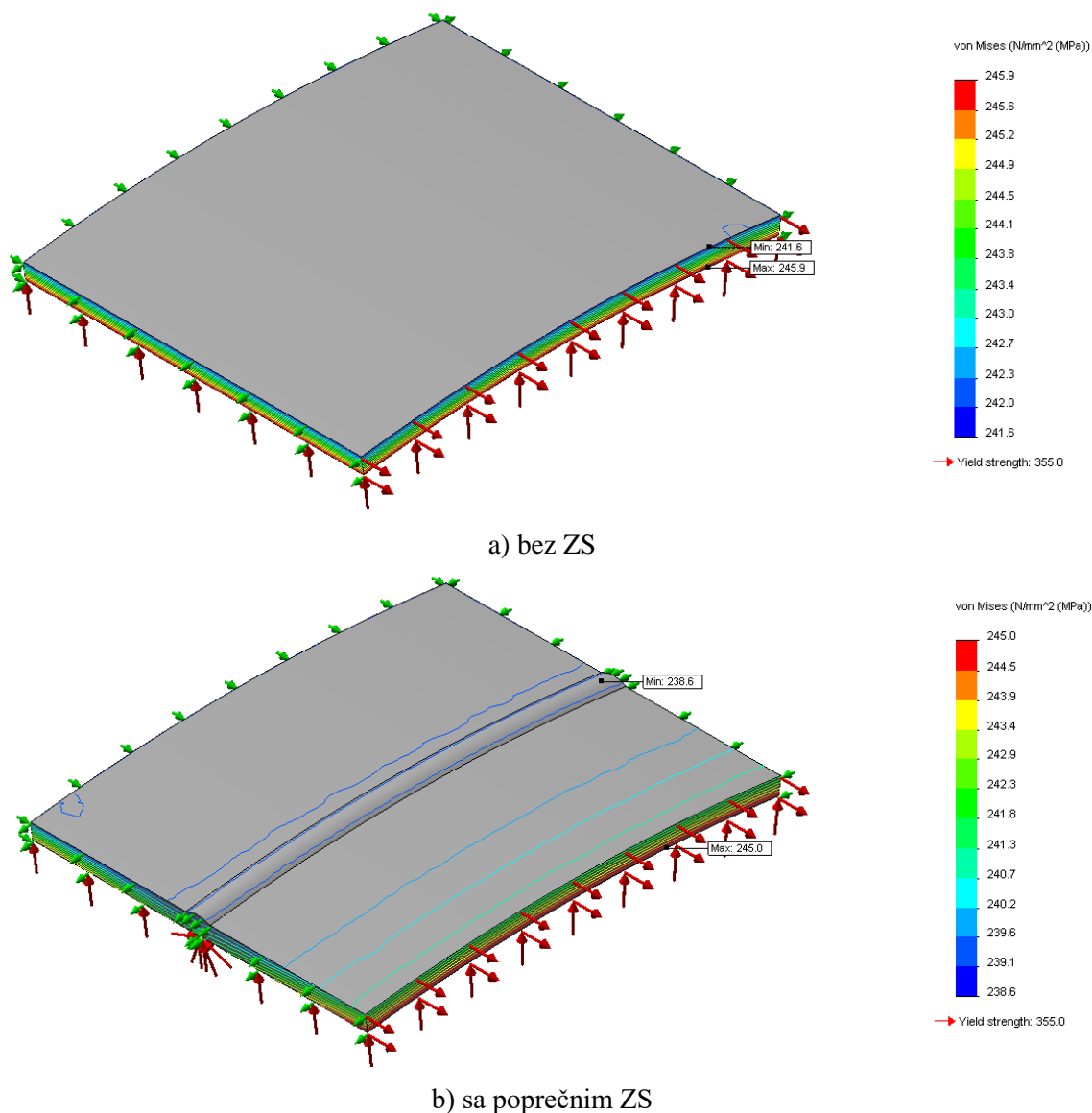


Slika 2. Koncept modeliranja i proračuna MKE [11]

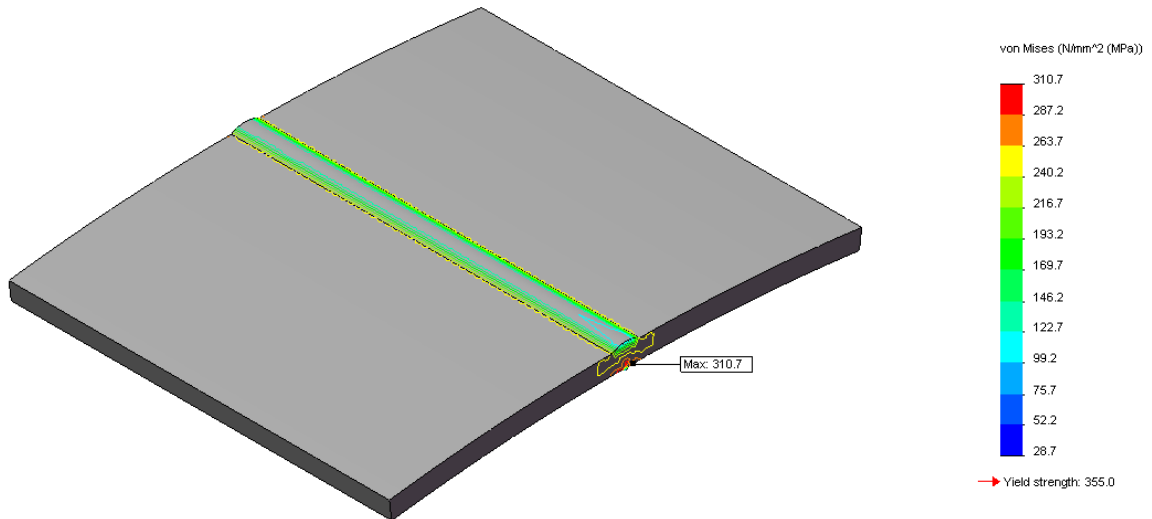
Pri izradi modela za proračun MKE, u programu SolidWorks, korišćene su osnovne dimenzije rezervoara za tečni CO₂ date u tehničkoj dokumentaciji, prikazane na sl. 1. [5] Pri modeliranju rezervoara za tečni CO₂ osim glavnih ravni i ravni nastalih posle modeliranja određenog dela bilo je potrebno konstruisati i pomoćne ravni. Takođe, radi preciznog definisanja elemenata, kao što su nosači, otvori sa strane i uške bilo je potrebno crtati i pomoćne (konstrukcione) crteže. [5]

Proračun dela oplata rezervoara za tečni CO₂ MKE bez i sa ZS u CosmosWorks-u

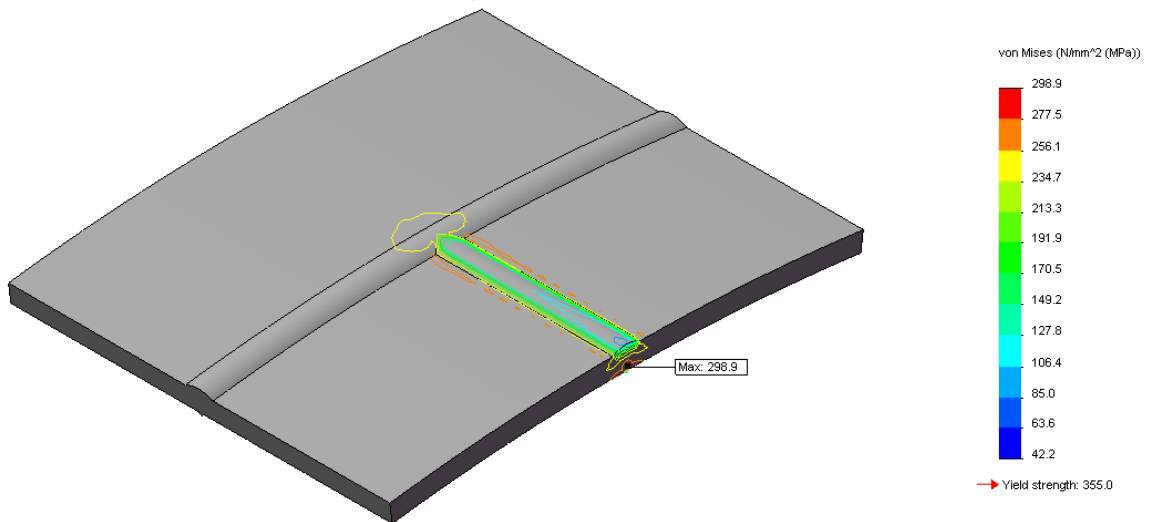
Proračunom debljine cilindričnog omotača i zida dna rezervoara za tečni CO₂ zapremine, $V = 23 \text{ m}^3$, spoljnog prečnika rezervoara, $D_o = 1900 \text{ mm}$ i ispitnog pritiska, $p_t = 26 \text{ bar}$, izrađenih od materijala P 355N L2 [8], urađenim prema standardu SRPS EN 13445-3 [3,12], usvojena je debljina od $t = 10 \text{ mm}$ [5, 6]. Taj proračun je zasnovan na formulama za proračun napona u tankim zidovima ljuski i iskustvenim faktorima sigurnosti [13]. Na osnovu tih formula izračunato je da je tangencijalni napon $\sigma_t = 245.7 \text{ MPa}$, a aksijalni napon $\sigma_a = 122.8 \text{ MPa}$. Cilindrični deo rezervoara izrađen je od limova koji su spojeni sučeonim poprečnim i uzdužnim ZS. Oni svojim oblikom izazivaju koncentraciju napona u svojoj blizini, što je prikazano proračunom MKE na modelu dela oplata rezervoara pod pritiskom bez i sa ZS, sl.3. Naravno, model ZS na rezervoaru utiče i na raspodelu napona u čitavoj konstrukciji rezervoara.



Slika 3. Raspodela napona na modelu dela oplata rezervoara pod pritiskom



c) sa uzdužnim ZS



d) sa ukrsnim ZS

Slika. 3. Raspodela napona na modelu dela oplata rezervoara pod pritiskom

U tabeli 3 date su vrednosti napona u ZS dobijeni proračunom MKE na delu oplata rezervoara izložene ispitnom pritisku.

Tabela 3. Uporedne vrednosti napona na delu oplata rezervoara pod pritiskom

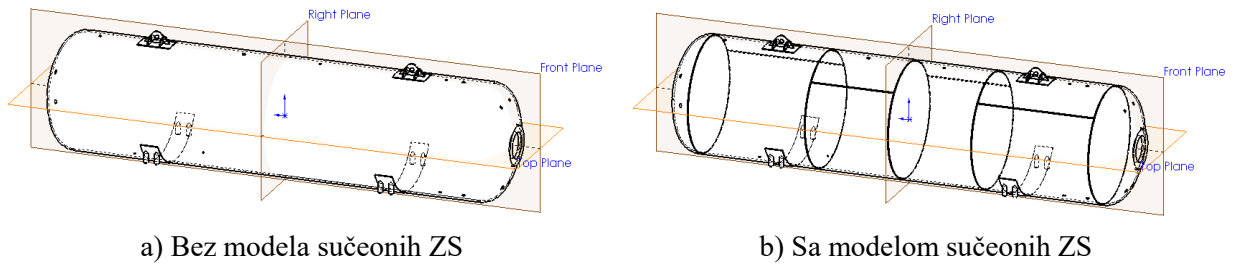
Deo oplata rezervoara izložene pritisku od 2.6 MPa		MKE (von Mises naponi)			Formule [13] (normalni naponi)
		σ_{min} , MPa	σ_{max} , MPa	sl.	σ , MPa
Bez ZS,	poprečno	241.6	245.9	sl.3a	245.7
	uzdužno				122.8
Sa sučeonim	poprečnim ZS	238.6	245.0	sl.3b	/
	uzdužnim ZS	28.7	310.7	sl.3c	/
	ukrsnim ZS	42.2	298.9	sl.3d	/

Proračun rezervoara za tečni CO₂ MKE bez i sa ZS u CosmosWorks-u

Usvojeni mehanički model za proračun MKE u programu CosmosWorks, sl. 4a, ima 104397 čvora i 52563 elemenata tipa ploče. Globalni koordinatni sistem modela, sl. 4, je usvojen tako da je:

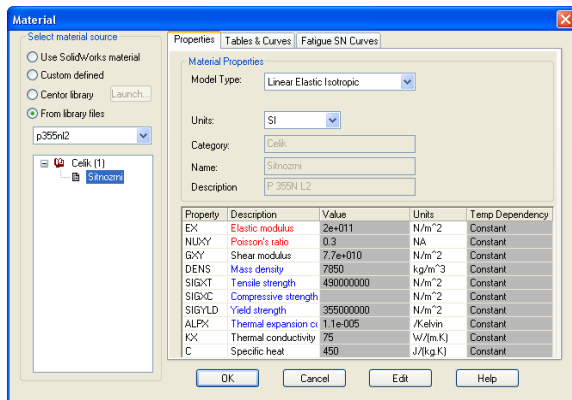
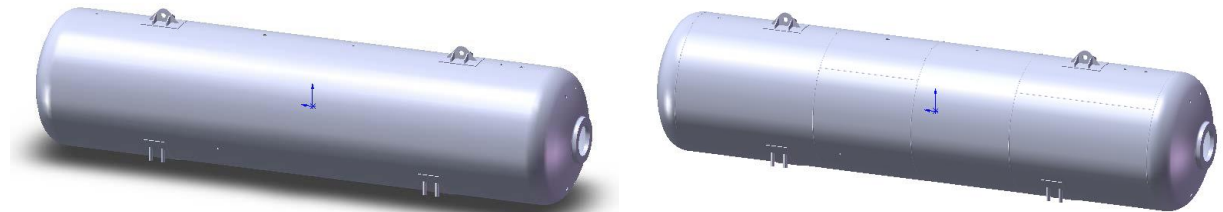
- koordinatni početak "0" u centralnoj osi rezervoara na sredini njegove dužine,

- osa "0x" se prostire upravno na centralnu osu rezervoara u pravcu suprotnom od X priključka,
- osa "0y" se prostire upravno na centralnu osu rezervoara u pravcu K priključka, a osa "0z" se poklapa sa centralnom osom rezervoara, tako da sa prethodne dve ose čini triedar.

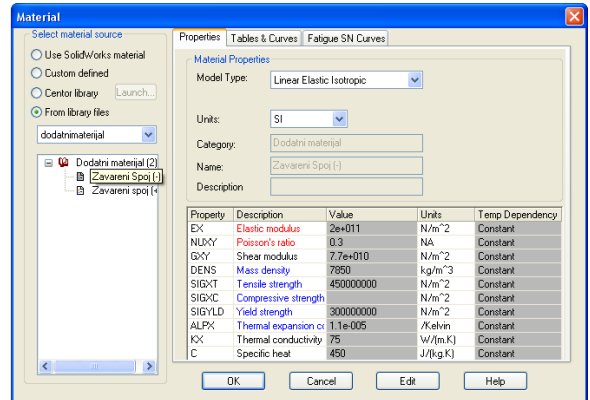


Slika 4. Mehanički model za proračun MKE

Na sl.5 prikazan je prozor za unos podataka o materijalu od koga je urađen rezervoar za tečni CO₂, a na sl.6 izgled rezervoara sa mrežom konačnih elemenata, bez i sa ZS.

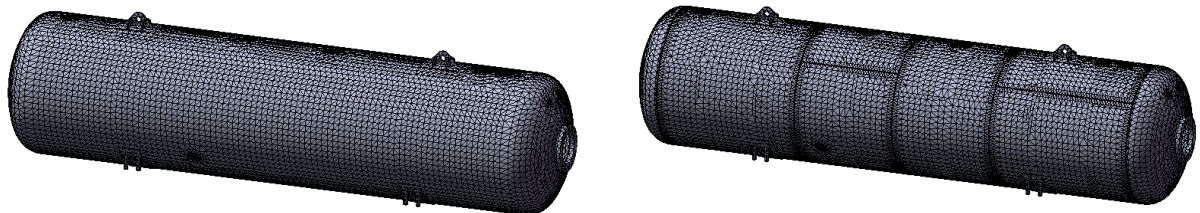


a) Limovi, OM i MŠ, $M=355/355=1=1$,
 evenmatch spoj



b) ZS – MŠ, OM, $M=300/355=0.85<1$,
 undermatch spoj

Slika 5. Podaci koji definišu materijal kod proračuna MKE rezervoara za CO₂, bez i sa ZS



a) Bez sučeonih ZS, $M=1$, model sa MŠ=OM

b) Sa sučeonim ZS, $M=0.85$, model sa ZS-

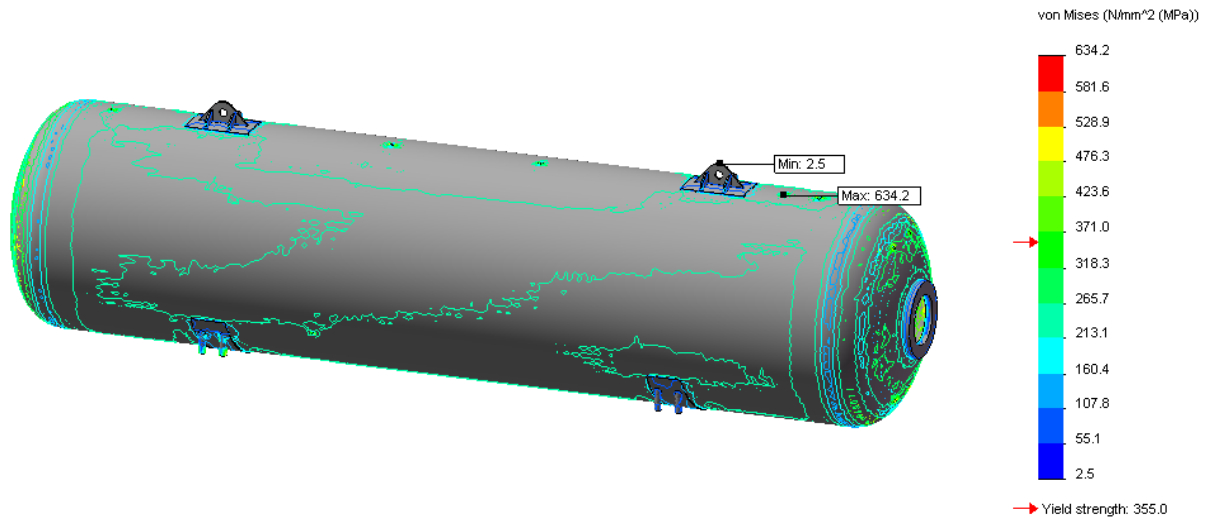
Slika 6. Model rezervoara bez ZS sa mrežom konačnih elemenata,

Radi dobijanja tačnijih rezultata u zoni otvora za priključke urađeno je usitnjavanje mreže konačnih elemenata (KE). Usvojen je Ratio od 1,2, kao parametar za usitnjavanje mreže KE oko otvora priključaka na rezervoaru za tečni CO₂ [5].

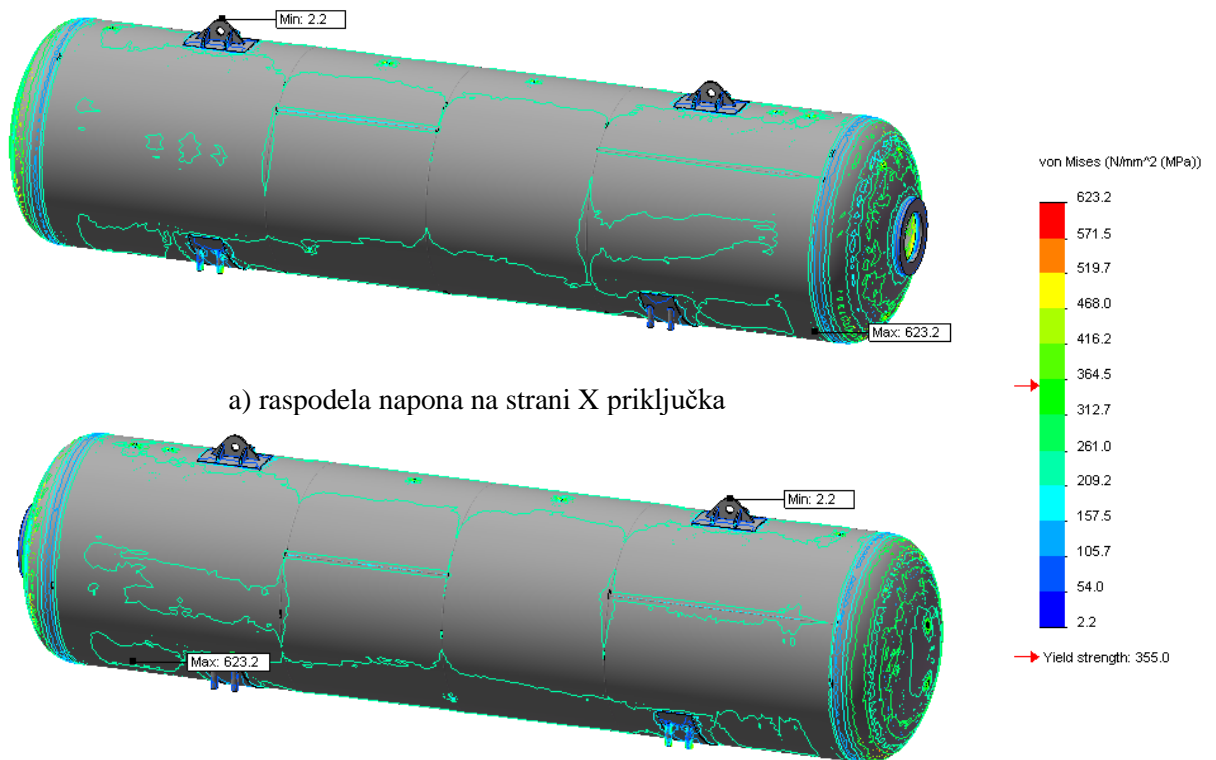
Za slučaj opterećenja izazvanog dejstvom pritiska, kada je rezervoara za tecni CO₂ postavljen na oslonce, usvajeno delovanje ispitnog pritiska unutar rezervoara od 2.6 MPa (26 bar).

Raspodela napona na modelu oplate rezervoara pod pritiskom bez i sa ZS

Da bi se videla razlika raspodele napona urađena su dva proračuna rezervoara MKE, bez, sl. 7 i sa ZS, sl. 8, a posle proračuna MKE izvršena je i uporedna analiza raspodele napona, sl. 7 i 8.



Slika 7. Raspodela napona na modelu rezervoara izloženog pritisku od 2.6 MPa, bez modeliranih sučeono zavarenih spojeva



Slika 8. Raspodela napona na modelu rezervoara izloženog pritisku od 2.6 MPa, sa modeliranim sučeonim zavarenim spojevima

Zaključci

Bitni zahtevi za bezbednost opreme pod pritiskom definisani su i utvrđeni u Prilogu I Pravilnika o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom [14]. Proračun rezervoara za tečni CO₂ MKE je Pravilnikom [14] ravnopravan sa ostalim metodama proračuna. Proračun MKE ima globalni karakter i ne bavi se lokalnim vezama, što pretpostavlja dobru vezu između delova omotača međusobno i vezu sa dancima, kao i vezu između priključaka, oslonaca i uški sa omotačem i dancima, tj. pretpostavlja se da su kvalitetno izvedeni svi zavareni spojevi u skladu sa tehnologijom zavarivanja, kao i sama veza rezervoara na mestu oslanjanja. Na osnovu rezultata i analiza naponskog i deformacionog stanja, može se konstatovati da se naponi i deformacije nalaze u granicama dozvoljenih, osim napona oko priključka L, model bez ZS, i priključka T, model sa ZS, što predstavlja koncentraciju napona oko otvora ovih priključka koji su modelirani kao otvor u plaštu rezervoara, što ne predstavlja realnu sliku samog priključka. Zato je potrebno, radi preciznije raspodele i koncentracije napona oko priključaka, oslonaca i uški napraviti realniji model i na osnovu njega dati preciznija uputstva o eventualnoj konstruktivnoj izmeni rezervoara na ovim mestima.

Analizom raspodele napona posle proračuna MKE vidi se potpuno drugačija slika raspodele napona na rezervoaru modeliranom sa i bez modela sučeonih ZS, što je i očekivano, a što nam kazuje da je za potpuno razumevanje ponašanja zavarene konstrukcije obavezan proračun MKE na modelu na kome su modelirani i ZS.

U ovom radu je prikazana i opravdanost upotrebe parametarskih programa za brzo modeliranje, kao i proračun noseće konstrukcije posuda pod pritiskom metodom konačnih elemenata (MKE).

Literatura

- [1] Maneski T.: Rešeni problemi čvrstoće konstrukcija, monografija, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
- [2] Projekat "PRORAČUN ČVRSTOĆE NOSEĆE STRUKTURE REZERVOARA ZA TUD OD 21 m³", Institut GOŠA, Beograd, 2001.
- [3] Aleksić V., Jaković D., Kovačević Z. (2011). SolidWorks used for the process of optimization of supporting structure of a pressure vessel. International virtual journal for science, technics and innovations for the industry „MTM MACHINES TECHNOLOGIES MATERIALS“, YEAR V, Issue 6/2011, str. 3-6.
- [4] Pravilnik o tehničkim normativima za pokretne i zatvorene sudove za komprimirane, tečne i pod pritiskom rastvorene gasove ("Sl. list SFRJ", br. 25/80 i 9/86, "Sl. list SRJ", br. 21/94, 56/95 i 1/2003, "Sl. glasnik RS", br. 21/2010 i 8/2012).
- [5] Aleksić B.: Primena numeričkog postupka u optimizaciji noseće konstrukcije posude pod pritiskom, Završni master rad, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 2015.
- [6] Aleksić B., Aleksić V., Milović Lj.: Finite element method pressure vessel calculation and analysis of the effects of the butt welded joints on a carrying capacity of a structure, Book of Abstracts, 16th International Conference on New Trends in Fatigue and Fracture (NT2F16), May 24-27, 2016, Dubrovnik, Croatia, str. 153 – 154.
- [7] JUS M.E2.516:1989. Stabilni sudovi pod pritiskom za tečni ugljendioksid. Tehnički uslovi. Savezni zavod za standardizaciju. Beograd.
- [8] EN 10028-3:1992. Flat products made of steels for pressure proposes - Part 3: Weldable fine grain steels, normalized. European Committee for Standardization. Brussels.
- [9] Hrenikoft; A.: Solution of Problems in Elasticity by the Framework Method. J.Appl. Mech: 8, No 1, 1941.
- [10] Sekulović M. : Metod konačnih elemenata, Građevinska knjiga, Beograd, 1988.
- [11] Maneski T. : Kompjutersko modeliranje i proračun struktura, monografija, Mašinski fakultet, Beograd, 1998.
- [12] SRPS EN 13445-3:2010. Posude pod pritiskom koje nisu izložene plamenu - Deo 3: Projektovanje. Institut za standardizaciju. Beograd.

- [13] Dennis R. Moss, Pressure vessel design manual, third edition, Elsevier, 2004.
[14] Pravilnik o tehničkim zahtevima za projektovanje, izradu i ocenjivanje usaglašenosti opreme pod pritiskom (Službeni glasnik RS broj 87/2011), http://www.ssl-link.com/mre/cms/mestoZaUploadFajlove/Microsoft_Word_-_PRAVILNIK_ocenjivanje_usag_OP_21.11.2011.pdf

FEASIBILITY ANALYSIS MODELING THE BUTT WELDED JOINTS FOR CALCULATION OF THE PRESSURE VESSEL

Bojana Aleksić¹, Vujadin Aleksić², Ljubica Milović³

¹*Innovation Centre, Faculty of Technology and Metallurgy, Karnegijeva 4, Belgrade, Serbia*

²*Institute for testing of materials-IMS Institute, Bulevar vojvode Mišića 43, Belgrade, Serbia*

³*University of Belgrade, Faculty of Technology and Metallurgy, Karnegijeva 4, Belgrade, Serbia*

Abstract

In present paper, after calculation using the Finite Element Method (FEM), stress distribution on the model of a part of the pressure-tank mantle without welded joints (WJ), with transversal WJ, longitudinal WJ and crosspoint location of WJ is analyzed. Also, FEM calculation and comparative analysis of the effects of WJ on the stress distribution have been conducted using the tank for liquid carbon dioxide as an example, on which, in addition to the mantle sheet-metal and bottom with necessary openings and elements such as saddles with supports and hangers, transversal and longitudinal butt WJ, have been modelled.

Key words: *MKE, WJ, analysis of stress distribution*

Acknowledgements

This work is a contribution to the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia funded Project TR 35011.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

66.02-9(082)(0.034.2)
54(082)(0.034.2)
502/504(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНИ конгрес "Инжењерство, екологија и материјали у процесној индустрији" (5 ; 2017 ; Јахорина)
Zbornik radova [Електронски извор] = Proceedings / V međunarodni kongres "Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji", Jahorina, 15.03.- 17.03. 2017. = V International Congress "Engineering, Ecology and Materials in the Processing Industry" ; [urednici Miladin Gligorić, Aleksandar Došić, Dragan Vujadinović]. - Zvornik : Tehnološki fakultet, 2017 (Zvornik : Eurografika). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) : tekst, ilustr. ; 12 cm

Sistemska zahtevi nisu navedeni. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 200. - Bibliografija uz sve radove. - Abstract. - Registar.

ISBN 978-99955-81-21-3
1. Tehnološki fakultet (Zvornik)

COBISS.RS-ID 6384152



UNIVERSITY
OF EAST
SARAJEVO



FACULTY OF
TECHNOLOGY
ZVORNIK

www.tfzv.org