

Đurđević, Đ.¹⁾, Anđelić, N.²⁾, Maneski, T.²⁾, Đurđević, A.³⁾**NUMERIČKA ANALIZA NAPONA UŠKE NA KONTEJNERSKOM TERMINALU
10800×3400****Rezime**

U ovom radu autori predstavljaju rezultate istraživanja analize naponskog stanja uške spojene sa kontejnerskim terminalom. Kontejnerski terminal služi za snabdevanje električnom energijom i upravljanje sistemom transportnih traka koje se koriste u eksploataciji u rudarskom basenu „Kolubara“. Analiza naponskog stanja uške je urađena pri utovaru kontejnera iz razloga što je jedan kontejner sa elektroopremom težak 25 tona. Istraživanje je sprovedeno u saradnji sa firmom „Eurometal“ iz Uba.

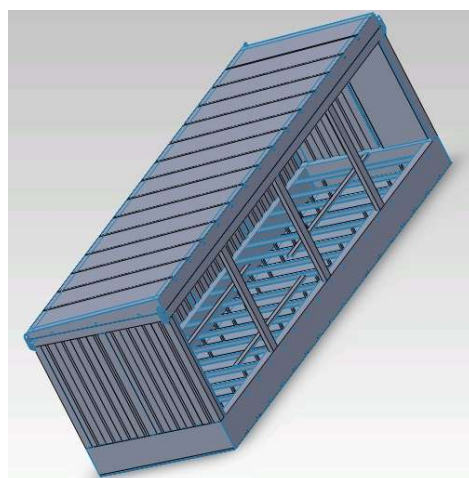
Ključne reči: uška, kontejnerski terminal, ekvivalentni napon, konačni element.

1. UVOD

Kontejnerski terminal je celina koja se formira od dva kontejnera širine 3400 i 2900 mm i dužine 10800 mm, slika 1. Transport i manipulacija kontejnera se može obaviti samo razdvojeno, svaka jedinica posebno, (slika 2), a ne kao celina od dva kontejnera. Međusobna veza kontejnera se ostvaruje zavrtnjevima M20 u kvalitetu 8.8 (slika 3).



Slika 1. Kontejnerski terminal



Slika 2. Jedna polovina kontejnerskog terminala

Kada se izvrši povezivanje kontejnera, mesto spoja se prekriva posebnom opšivkom koja se pričvršćuje zavrtnjevima za prethodno zavarene nosače, a sam spoj sa krovom se zaliva posebnom masom koja je otporna na sve vremenske uticaje. Takođe se po celom obimu spojenih kontejnera postavlja opšivka koja štiti spoj krova i gornjeg pojasa kontejnera od padavina praćenih vetrom. Kontejneri su opremljeni vratima koja poseduju anti-panik bravu čija je uloga da omogući bezbedno napuštanje unutrašnjosti kontejnera i u uslovima kada su vrata zaključana.

Tehnologija izrade je takva da je kontejner najvećim delom izrađen od savijenih limova (ploča), tako da čini jednu tankozidu strukturu. Na primer stubovi i pojasevi su izrađeni od lima debljine 8mm. Da bi strukturu

¹⁾Đorđe Đurđević, TEHNIKUM TAURUNUM Visoka inženjerska škola strukovnih studija Beograd-Zemun (dj.djurdjevic@yahoo.com),

²⁾ prof. dr Nina Anđelić, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu (nandjelic@mas.bg.ac.rs), prof. dr Taško Maneski, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu (tmaneski@mas.bg.ac.rs),

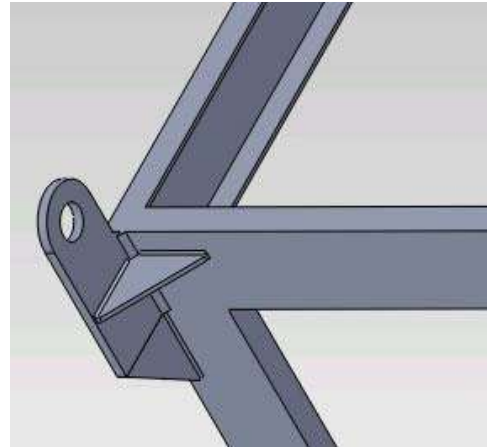
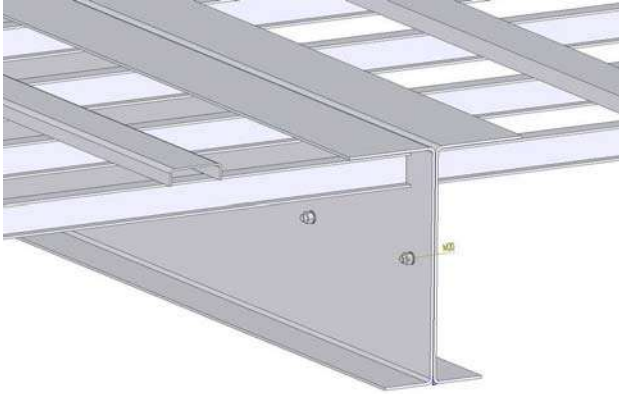
³⁾ dr Andrijana Đurđević, Inovacioni centar, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, (andrijana.miler@yahoo.com).

smatrali tankozidom mora biti zadovoljen uslov [1,2] (1).

$$\frac{t}{a}, \frac{t}{b} \leq \frac{1}{10}, \quad (1)$$

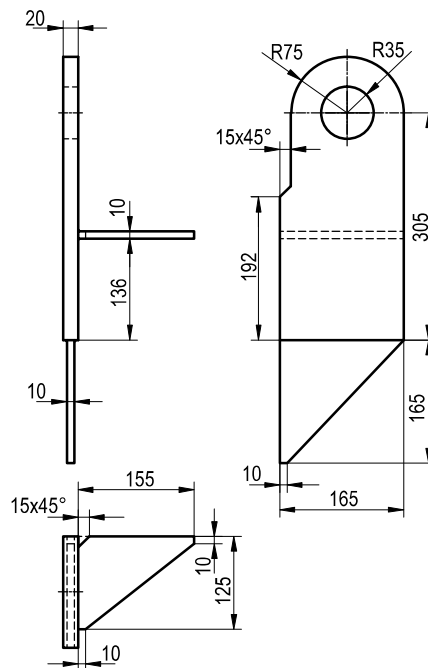
gde je t debljina zida, a a i b spoljašnje dimenzije poprečnog preseka.

Veza uške i pojasa kontejnera je izvedena zavarivanjem ugaonim šavovima, a varovi su proporcionalni debljini limova, slika 4. Dimenzije uške koje će dalje biti korišćene za proračun prikazane su na slici 5



Slika 3. Međusobna veza dva kontejnera

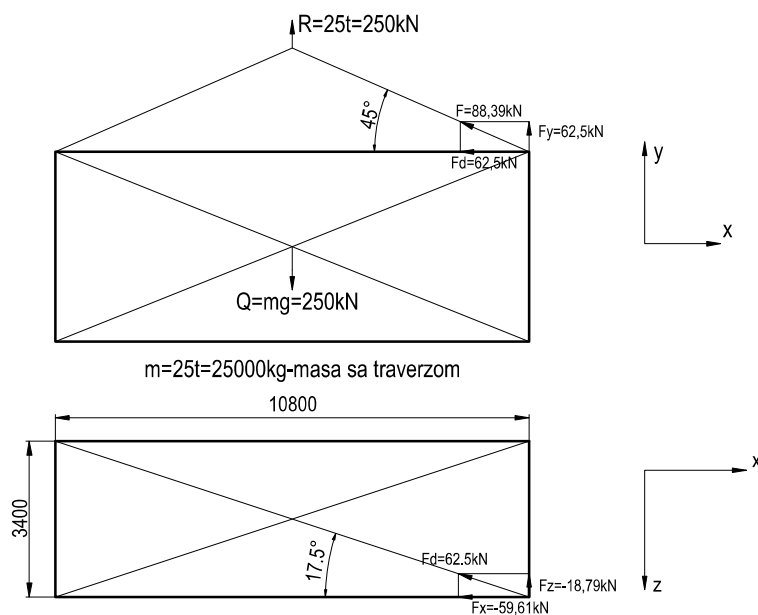
Slika 4. Veza uške za stub kontejnera



Slika 5. Tehnički crtež uške

2. ŠEMA OPTEREĆENJA UŠKE KONTEJNERA

Pri analizi napona krenulo se od standardnih proračuna iz otpornosti materijala (proračun uške na zatezanje i savijanje, zavarenih spojeva na smicanje, stubova na ekscentrično zatezanje, pojaseva na izvijanje). Šema opterećenja uški prikazana je na slici 6. Svi proračuni su zadovoljili sem proračuna uške na savijanje, pa iz tog razloga se pristupilo analizi napona metodom konačnih elemenata radi dobijanja preciznije raspodele napona [5].



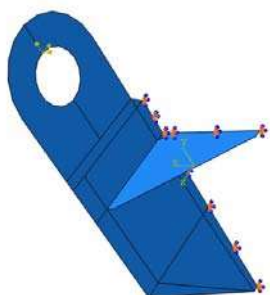
Slika 6. Šema opterećenja

Tabela 1. Hemijski sastav čelika Č0361							
Legirajući element	C	Mn	P	S	N	Cu	C _E
Sadržaj u [%]	0,170	1,400	0,035	0,035	0,012	0,550	0,350

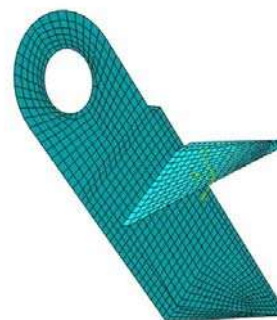
Tabela 2. Mehaničke osobine čelika Č0361				
Yuong-ov Modul elast. [kN/cm ²]	Puasonov koficijent	R _{eH} [kN/cm ²] gran. tečenja	R _m [kN/cm ²] zatez. čvrstoća	A [%] uzduž./popr.
21000	0,3	24	36,0-51,0	26/24

3. NUMERIČKI PRORAČUN

Karakteristike materijala koji je korišćen u simulaciji date su u tabelama 1 i 2 [6]. Numerički proračun je urađen metodom konačnih elemenata u softverskom paketu ABAQUS [7].

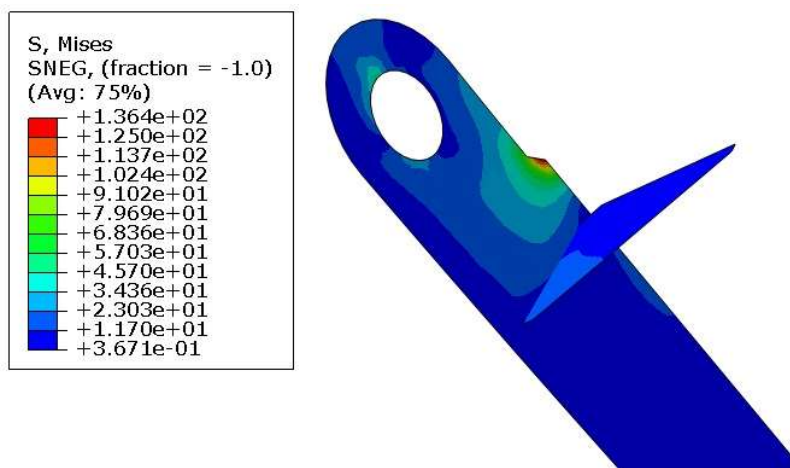


Slika 7. Opterećenje i granični uslovi



Slika 8. Mreža konačnih elemenata

Na slici 7 prikazani su granični uslovi, a na slici 9 mreža konačnih elemenata. Korišćeni su pločasti konačni elementi (shell model) [7].

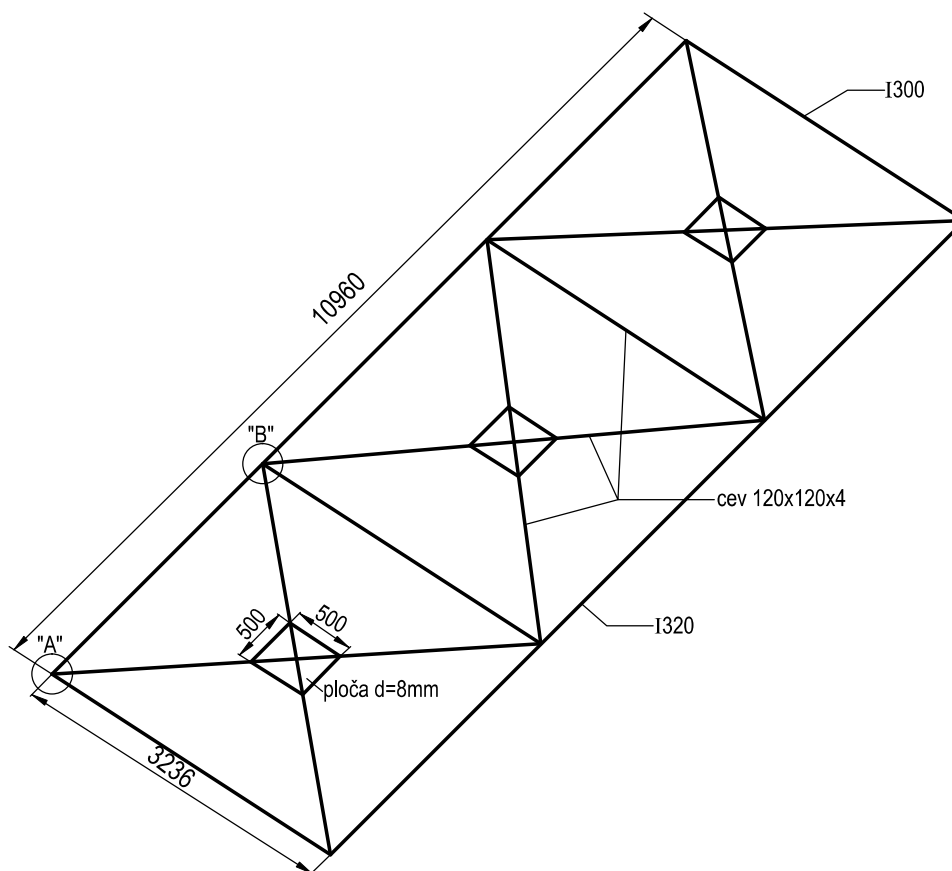


Slika 9. Prikaz naponskog stanja u kN/cm²

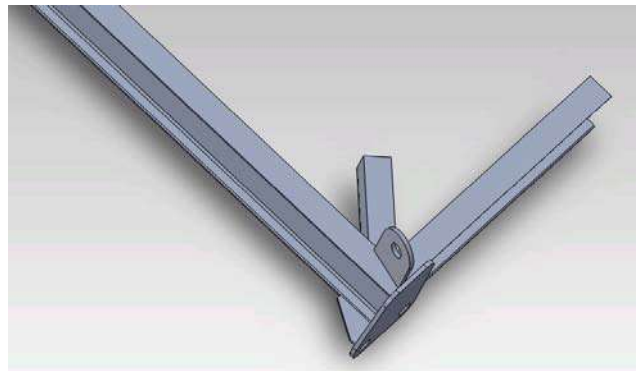
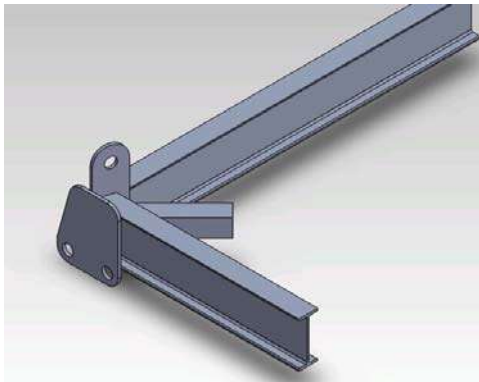
Na slici 9 se vidi da je ekvivalentni napon po hipotezi Hencky-Mises u zoni zavarenog spoja veći od dozvoljenog. Ustanovljeno je da taj napon najvećim delom izaziva bočna sila F_z koja vrši savijanje uške (ploče) oko ose x , pa se iz tih razloga pristupilo nalaženju drugog rešenja. Cilj je bio eliminisati ili smanjiti bočnu silu F_z .

4. TRAVERZA ZA UTOVAR KONTEJNERA

Kao moguće rešenje konstruisan je pomoćni pribor za utovar kontejnera (traverza), tako da su uške za kačenje sajli postavljene po dijagonali osnove kontejnera, slika 6, slika 10. Gabaritne mere su spoljašnje mere, slika 10. Sa takvim rešenjem je izbegnuto savijanje uške oko ose sa minimalnim momentom inercije.

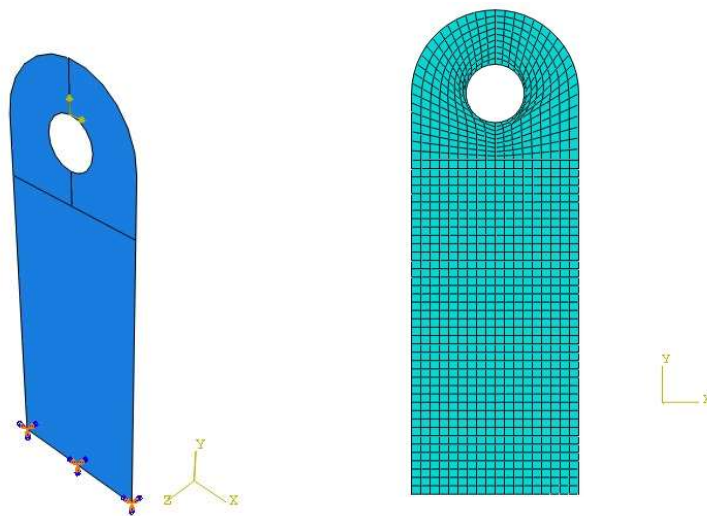


Slika 10. Pomoćni pribor (traverza) za utovar kontejnera

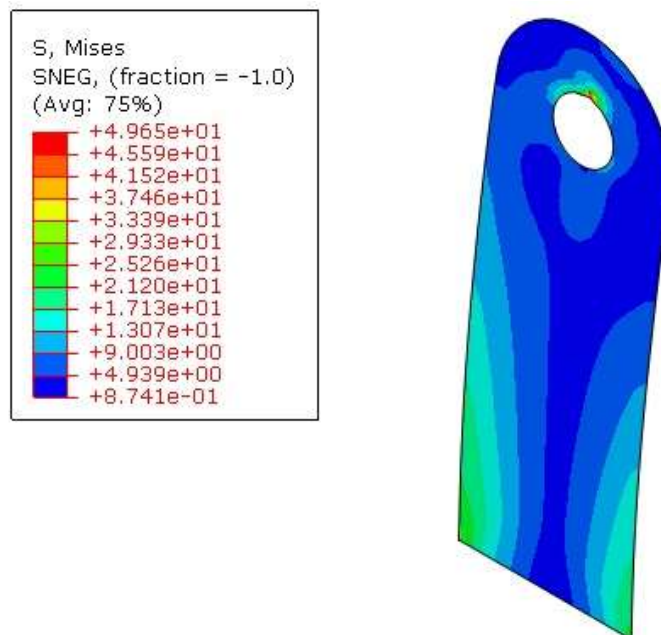


Slika 11. Detalj „A“ pomoćnog pribora za utovar kontejnera

Modeliranje i numerički proračun je sproveden kao kod predhodnog rešenja, s tim da je razmatran najnepovoljniji slučaj (uška ukleštena) radi sigurnosti, slika 12. Mreža konačnih elemenata i ograničenja su prikazana na slici 12 [7,8].



Slika 12. Opterećenje, granični uslovi i mreža konačnih elemenata



Slika 13. Prikaz naponskog stanja u kN/cm^2

5. ZAKLJUČCI

U ovom radu autori su predstavili rezultate istraživanja analize naponskog stanja uške spojene sa kontejnerskim terminalom i analizu naponskog stanja pomoćnog pribora (traverze) za utovar kontejnera. Ekvivalentni napon na uški traverze u okolini ukleštenja se kreće u granicama dozvoljenog za dati materijal ($\sigma_d = 24 \text{ kN/cm}^2$), slika 13. Ekvivalentni napon u okolini dejstva koncentrisane sile se ne uzima kao merodavan. Podizanje kontejnera na kamion pomoću traverze je bezbedno izvršeno. Podizanje kontejnera može izvršiti samo ovlašćeno lice sa odgovarajućom opremom i uređajima za podizanje. Tokom utovara i istovara kontejnera, niko ne bi trebao da stoji u zoni kontejnera u radijusu od 15 m. Sva oprema za manipulaciju (dizalica, lanci, noseće trake, kuke i sl.) treba da ima odgovarajuću nosivost i da poseduje važeći dokument da je pregledana.

6. LITERATURA

- [1] Anđelić, N., Milošević-Mitić, V., Maneski, T., Milovančević, M., Đurđević, Đ.: *Optimum design of open section thin-walled structural elements according to stress constraint*, Proceedings of 6th International symposium on Industrial Engineering SIE 2015, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade 2015, pp. 345-348.
- [2] Ružić, D.: *Strength of Structures*, University of Belgrade- Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade 1995.
- [3] Andjelić N., Milošević-Mitić V.: *Optimum design of thin-walled I-beam subjected to stress constraint*, Journal of Theoretical and Applied Mechanics 50, no. 4, 553-571 (2012).
- [4] Kollbruner, C. F., Hajdin, N.: *Dunnwandige Stabe*, Band 1, Springer Verlag, 1972.
- [5] Maneski, T.: *Computer modeling and calculation of structures*, University of Belgrade-Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade 1998.
- [6] Ružić, D., Čukić, R., Dunjić, M., Milovančević, M., Anđelić, N., Milošević-Mitić, V.: *Tables of Strength of Materials*, University of Belgrade-Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade 2003.
- [7] Đurđević, Đ., Radojković, M., Sedmak, S., Đorđević, B., Tatić, U.: *Comparison of two numerical models of connected steel beams as separate and combined plates*, the paper is accepted for the 32nd Danubia-Adria Symposium on Advances in Experimental Mechanics, Starý Smokovec, Slovakia, 2015, pp. 116, 117.
- [8] Đurđević, Đ., Anđelić, N., Maneski, T., Milošević-Mitić, V., Milovančević, M., Đurđević, A.: *Analytical and numerical calculation of the equivalent stress of open section thin-walled "U" profile at constrained torsion*, Proceedings the 7th International Scientific and Expert Conference TEAM 2015, Belgrade, October, 2015, pp. 502-505.

Đurđević, Đ., Anđelić, N., Maneski, T., Đurđević, A.

STRESS NUMERICAL ANALYSIS OF THE CONNECTING LUG ON CONTAINER TERMINAL 10800×3400

Abstract: *In this paper, the authors present the results of research of stress analysis of the connecting lug connected with the container terminal. Container terminal is used for the supply of electrical energy and control system of conveyor belts that are used in the exploitation of the mining basin „Kolubara“. Stress analyzes of the connecting lug was done when loading containers because one container with electrical equipment is weigh 25 tons. The research was conducted in cooperation with company “Eurometal” from Ub.*

Key words: *connecting lug, container terminal, equivalent stress, finite element*