DETERMINE WELDED JOINTS IN STEEL GASES ACCORDING TO EU STANDARSDS (EC 3)
PRORAČUN ZAVARENIH SPOJEVA U ČELIČNIM REŠETKASTIM NOSAČIMA PREMA EUROKOD NORMAMA

Suvad Joldić
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet, Ul. dr. Irfana Ljubijankića, 77000 Bihać, BIH; www.tfb.ba

Keywords: model, truss girder, determine of welds

ABSTRACT:

The paper deals with the determine of the weld at the site of the joint of structural elements of the lattice roof rack. When there are favorable conditions for the construction of a steel structure welding is the most economical way to achieve a high quality and strong bond. The recommendation of the regulations is that welds need to be of the same or better quality then the of the connected elements, in purpose of avoiding fracture at the place of welding. The carrying capacity of welded joints according to EC 3 is carried out according to the theory of boundary states.

Ključne riječi: model, rešetkasti nosač, proračun zavara,

SAŽETAK:

U radu se obrađuje proračun zavara na mjestu spoja konstruktivnih elemenata rešetkastog krovnog nosača. Kada postoje povoljni uslovi pri izradi čelične konstrukcijezavarivanje je najekonomičniji način za ostvarenje kvalitetnog i jakog spoja. Preporuka propisa je da zavari budu iste ili bolje kvalitete od spojenih elemenata zbog izbjegavanja loma na mjestu zavara. Nosivost zavarenih spojeva prema EC 3 provodi se prema teoriji graničnih stanja.

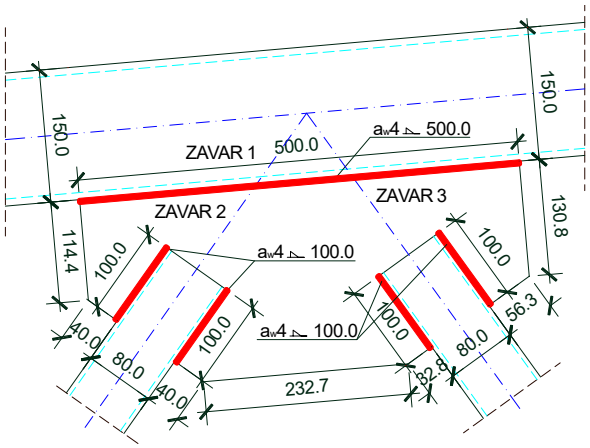
1. UVOD

Rešetkasti nosači su nastali iz želje da se potrošnja materijala optimizira, uz istovremeno visoko iskorištenje konstrukcije. Rešetkasti nosači sastoje se od pojasnih štapova (gornji i donji pojas) i štapova ispune, i predstavljaju konstrukcije koje su racionalne za velike raspone i veća opterećenja. Rešetka koja je predmet proračuna u ovom radu izrađena je od šupljih kvadratnih profila, što je često konstrukcijsko rješenje u praksi. Pojasni štapovi i štapovi ispune spojeni su zavarivanjem preko čvornih limova.

Zavareni spoj predstavlja cjelinu ostvarenu zavarivanjem, koja obuhvaća skrutnuti dio metala šava stvoren taljenjem, te rubne dijelove zavarenih komada.
Većina zavarenih spojeva izvodi se u radionici, uglavnom elektrolučnim postupkom, osim nekih specijalnih slučajeva. Debljina materijala ne bi trebala biti ispod 4 mm.
Varovi se mogu podijeliti na: varove u uvali, sučeone varove, varove u rupama, varove u prorezima i varove u žlijebu.

2. PRORAČUN ZAVARA

Na slici 1 prikazan je čvor rešetke gdje se spajaju štapovi ispune sa gornjim pojasom rešetke i raspored zavara koji će se u nastavku rada proračunavati, odnosno izvršiti će se provjera nosivosti istih za maksimalnu silu koja se javlja na rešetkastom nosaču, što po autoamatizmu znači da će i ostali spojevi koji su manje opterećeni imati zadovoljavajuću nosivost. Svi ostali spojevi izvesti će se istom dužinom zavara. Primjenjen je ugaoni zavar u uvali.



Slika 1: Prikaz detalja spoja elemenata ispune i gornjeg pojasa

U savremenim evropskim normama, EN 1993-1-8 dati su zahtjevi za efektivnu dužinu vara u uvali. U postupku projektovanja unutrašnje sile u varovima u uvali rastavljaju se na komponentu koja je paralelna i komponentu koja je okomita na kritičnu ravninu debljine vara. Pretpostavlja se jednaka raspodjela napona na presjeku kroz debljinu vara, rezultirajući tako sljedećim normalnim i smičućim naponima:

$\sigma_{\perp}$ - normalni napon okomit na kritičnu ravninu presjeka vara,

$\sigma_{\parallel}$ - normalni napon paralelan sa osi vara, može se zanemariti kada se računa računska otpornost vara u uvali,

$\tau_{\perp}$ - posmični napon (u kritičnom presjeku vara) okomit na os vara,

$\tau_{\parallel}$ - posmični napon (u kritičnom presjeku vara) paralelan sa osom vara,

Otpornost vara u uvali biti će dovoljna ako su zadovoljena sljedeća dva uslova:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp} + \tau_{\parallel})^2} \leq \frac{f_y}{\beta_w \gamma_{M2}}, \text{ i} \tag{1}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M2}}. \tag{2}$$

Postupak provjere računske otpornosti na smicanje vara u uvali po dužini neovisno od smjera opterećenja predlaže EN 1993-1-8 i može se izraziti:

$$\sigma_{w,Ed} \leq \sigma_{w,Rd}. \tag{3}$$

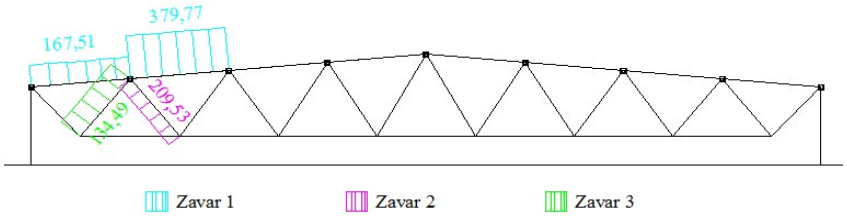
gdje je:

$\sigma_{w,Ed}$–računska vrijednost učinka opterećenja na var,

$\sigma_{w,Rd}$–računska otpornost vara u uvali,

2.1. Numerički primjer proračuna zavara

Na primjeru krovnog nosača sa slike 2, prikazati će se način proračuna zavarenog spoja štapova rešetkastog nosača. Vanjska djelovanja su koncentrične sile. Kvalitet čelika je S275. Materijal za zavarivanje je istih svojstava kao i osnovni materijal. Debljina zavara je pretpostavljena dovoljno sigurna, tako da nije razmatrano otkazivanje preko vara.
Mjerodavne vrijednosti uzdužne sile za proračun zavara prikazane na slici 2, uz napomenu da se vrijednost sile N_{Ed1} dobije iz razlike vrijednosti lijeve i desne strane štapa.



Slika 2: Mjerodavna uzdužna sila za proračun pojedinih zavara

Zbog ograničenosti prostora za rad obrasci za proračun i rezultati proračuna prikazani su tabelarno u tabeli 1.

Tabela 1: Podaci o dimenzioniranju zavara spoja štapova rešetkastog krovnog nosača

	Obrazac za proračun		**Zavar1**	**Zavar2**	**Zavar3**
Sila opterećenja (kN)	-		212,26	209,53	134,49
Dužina zavara (mm)	-		500	100	100
Debljina zavara (mm)	-		4,0	4,0	4,0
Površina zavara (mm^2)	$A_w = 2 * a_w * l_{w1}$		40,0	8,0	8,0
Moment otpora zavara(cm^3)	$W_{w1} = 2\frac{a_{w1} * l_{w1}^2}{A_{w1}}$		333,3	-	-
Naprezanje na smicanje (kN/cm^2)	$\tau_{\parallel} = \frac{S_1 - S_2}{A_{w1}}$	Zavar 1	5,31	26,2	16,8
	$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ED}}{A_w}$	Zavar 2 i 3			
Normalno naprezanje (kN/cm^2)	$\sigma_{\perp} = \frac{(S_1 - S_2)\, e_1}{W_{w1}}$		4,9	-	-
Ekvivalentno naprezanje (kN/cm^2)	$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * \tau_{II}^2}$	Zavar 1	10,4	26,2	16,2
	$\sigma_{w,Ed} = \tau_{\parallel}$	Zavar 2 i 3			
Proračunska otpornost (kN/cm^2)	$\sigma_{w,Rd} = \frac{f_y}{\beta_w * \gamma_{M2}}$		40,47	40,47	40,47
Uslov nosivosti	$\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}} \leq 1$		**0,26<1 Zadovoljava**	**0,65<1 Zadovoljava**	**0,42<1 Zadovoljava**

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršeno je dimenzioniranje zavara spoja štapova na rešetkastom krovnom nosaču, prema Eurocodu 3, gdje je dokazano da granično stanje nosivosti i upotrebljivosti neće biti premašeno tokom proračunskog vijeka trajanja građevine.U radu je za dokaz pouzdanosti prema EN 1993 izvršena usporedba s jedne strane učinaka opterećenja (E) na konstrukciju, a sa druge strane granice njene otpornosti (R).
Za modeliranje rešetke u radu korišten je model sa centrično spojenim štapovima.
Da bi se pri proračunu obezbijedio željeni nivo sigurnosti primjenjeni su odgovarajući parcijalni koeficijenti sigurnosti definisani Eurokodom.

4. LITERATURA

[1] European Committee for Standardisation. (2002). Eurocode 3 : Design of steel structures, Part 1.8 Design of joints. Brussels, CEN
[2] Androić, B., Dujmović, D., Džeba, I.(2009). Čelične konstrukcije 1. Zagreb,I.A. Projektiranje
[2] Lončarić, D. (2007). Metalne konstrukcije 1.Sarajevo,GF Univerziteta u Sarajevu
[4] Čaušević, M. Bulić, M. (2013). Stabilnost konstrukcija. Zagreb,Golden marketing
[5] Jaspart, J. P. Weynand, K. (2017). Design of Joints in Steel Structures.Maia,Portugal. ECCS-European Convertion for Constructional Steelwork,Printed in Sersilito, Grafica Lda
[6] Utpal, K. G. (2016). Design of welded steel structure.London, UK. CRC Press Taylor & Francis Group,
[7] Hrasnica, M. Markova, J. Kurtović, A. Čaušević, A. Dević, D. Kulukčija, S. Hadžović, R. Zalihić, S. Džidić, S. Hodžić, E. Priručnik za eurokodove. (2018). Istočno Sarajevo, Institut za standardizaciju BiH