

ORIGINALNI NAUČNI RAD

V. Palić, B. Sabo*

UTICAJ POGONSKE ENERGIJE I GEOMETRIJSKIH
KARAKTERISTIKA PRESEKA NA VELIČINU UGIBA
ZAVAREN OG I-NOSAČA

Rezime

U ovom radu obradjeni su rezultati ekstremnog eksperimenta pri odredjivanju ugiba I-nosača nastalog kao posledica naizmeničnog zavarivanja ugaonih šavova.

EINFLUSS DER EINGEBRACHTE WÄRMEMENGE UND DER GEOMETRISCHE QUERSCHNITTCHARAKTERISTIK AN GRÖSSE DER DURCHBIEGUNG VON GESCHWEISSTEN I-TRÄGER

Zusammenfassung

In Artikel sind bearbeitet die Resultaten von extremen Experiment angewendet für Bestimmung die Durchbiegung von I-Träger in folge eine beiseitige Kehlnahtschweißung.

1. UVOD

Prema literaturnim podacima [1] jednačina za odredjivanje ugiba I-nosača usled naizmeničnog zavarivanja ugaonih šavova ima oblik:

$$f = \mu \frac{z^2}{8} q_{p_1} \cdot m_{1,2} \frac{y'}{I_z} \quad (1)$$

gde je:

μ - konstanta koju odredjuju toplotno-fizičke osobine osnovnog materijala

z - dužina nosača

q_{p_1} - pogonska energije jednog ugaonog šava

*) Palić dr Vlastimir, dipl. ing., red. prof., Sabo mr Bela, dipl. ing., asistent, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, 21000 Novi Sad, V. Perića-Valtera 2.

- $m_{1,2}$ - uticaj pogonske energije drugog ugaonog šava
 y' - rastojanje šava od težišne linije poprečnog preseka nosača
 I_z - moment inercije poprečnog preseka nosača

Veličina $m_{1,2}$ izračunava se po jednačini:

$$m_{1,2} = 1 + (k + d_r) d_p \left(\frac{1}{A} + \frac{(y')^2}{I_z} + \frac{14,2 \cdot 8^2}{q_{p1}} \right) \quad (2)$$

gde je:

- k - kateta ugaonog šava
 d_r - debljina rebra nosača
 d_p - debljina pojasa nosača
 A - površina poprečnog preseka nosača.

Na osnovu gore navedenog možemo napisati model regresione jednačine u eksponencijalnom obliku za određivanje ugiba nosača zavisno od pogonske energije i geometrijskih karakteristika preseka u obliku:

$$f = a \cdot q_{p1}^{a_1} \left(\frac{I_z}{y^3} \right)^{a_2} \left(\frac{q_{p1} \cdot I_z}{y^3} \right)^{a_{12}} \quad (3)$$

gde su:

- a, a_1, a_2, a_{12} - koeficijenti regresione jednačine
 q_{p1} - pogonska energija jednog ugaonog šava
 $\frac{I_z}{y^3}$ - odnos momenta inercije i rastojanja šava.

Zadnji član regresionog modela predstavlja medjudejstvo izmedju q_{p1} i $\frac{I_z}{y^3}$ kojim je zamenjena vrednost $m_{1,2}$ iz jednačine (1).

Logaritmovanjem jednačine (3) imamo:

$$\ln \cdot f = \ln \cdot a + a_1 \cdot \ln \cdot q_{p1} + a_2 \cdot \ln \left(\frac{I_z}{y^3} \right) + a_{12} \cdot \ln \left(\frac{q_{p1} \cdot I_z}{y^3} \right) \quad (4)$$

Uvodimo smene:

$$\ln \cdot f = y; \quad \ln \cdot a = a_0; \quad \ln \cdot q_{p1} = A; \quad \ln \left(\frac{I_z}{y^3} \right) = B; \quad \ln \left(\frac{q_{p1} \cdot I_z}{y^3} \right) = AB;$$

Regresioni model sada ima oblik:

$$y = a_0 + a_1A + a_2B + a_{12}AB \quad (5)$$

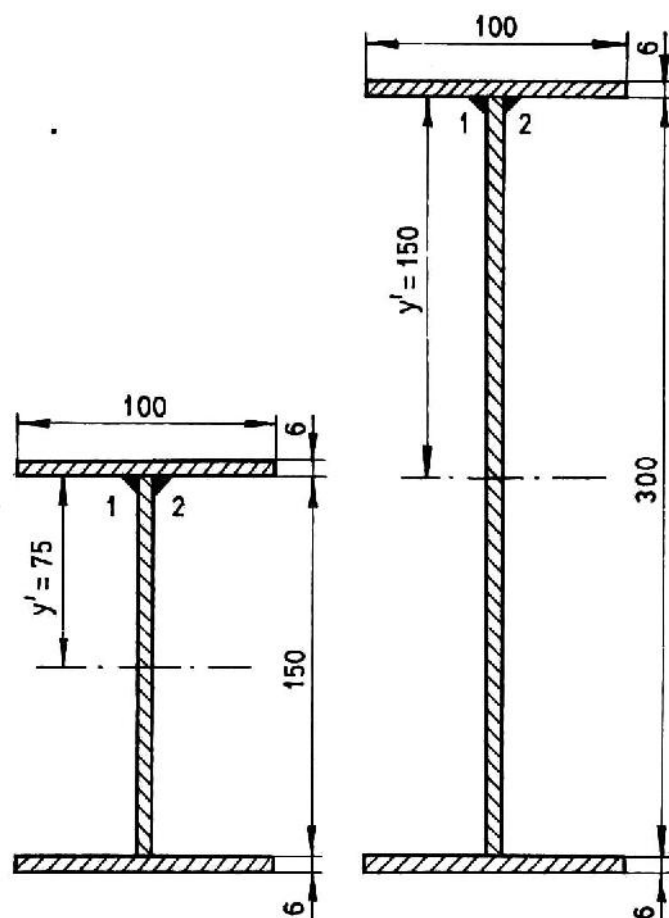
Regresioni model napisan u kodiranom obliku je:

$$y' = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 \quad (6)$$

Ovo je linearni model sa medjudejstvom faktora koji se obično koristi kod regresione analize rezultata ekstremnog eksperimenta [2].

2. PLANIRANJE EKSTREMNOG EKSPERIMENTA

Za dvofaktorni ekstremni eksperiment izabrani su I-nosači sa širinom pojasa 100 mm, debljinom rebra i pojasa 6 mm, visine 150 i 300 mm i merne dužine 500 mm. Na slici 1. prikazan je poprečni presek I-nosača visine 150 i 300 mm.



Slika 1. Poprečni preseći I-nosača

Nosači su montirani kratkim ugaonim šavovima. Naponi stvoreni ovim šavovima uklonjeni su termičkom obradom. Materijal nosača: brodski lim. Šavovi 1 i 2 zavareni su automatskim EPP postupkom na uređaju ISKRA E11. Elektrodna žica EPP 2, ϕ 3 mm, prašak EP 20. Parametri režima zavarivanja bili su:

$$I_z = 400 \text{ A}, U_1 = 30 \text{ V}, v_z = 40 \text{ i } 80 \text{ cm/min.}$$

Pogonska energija q_{p1} izračunata je na osnovu:

$$q_{p1} = \frac{60 \cdot I_z \cdot U_1 \cdot \eta_{ef}}{v_z}, \text{ J/cm} \quad (7)$$

Za η_{ef} usvojena je vrednost 0,8.

U tablici 1. prikazani su nivoi faktora ekstremnog eksperimenta prema jednačini (3).

Tablica 1.

FAKTORI	NIVOI FAKTORA		MERENA VELIČINA
	DONJI	GORNJI	
$q_{p1}, \text{ J/cm}$	7200	14400	f, mm
$\frac{I_z}{y^2}, \text{ cm}^3$	119,9	277,3	

U tablici 2. prikazani su nivoi faktora ekstremnog eksperimenta prema jednačini (5).

Tablica 2.

FAKTORI	NIVO FAKTORA		MERANA VELIČINA
	DONJI	GORNJI	
$A = zn \cdot q_{p1}$	8,8818	9,5750	$y = zn \cdot f$
$B = zn \left(\frac{I_z}{y^2}\right)$	4,7867	5,6251	

Veza izmedju kodiranih (X_1 i X_2) i nekodiranih (A i B) nivoa faktora data je izrazima:

$$X_1 = 2,8852A - 26,6258; \quad X_2 = 2,3855B - 12,4187 \quad (8)$$

U tablici 3. prikazani su ugibi I-nosača zavisno od pogonske energije i odnosa momenta inercije i rastojanja šavova, za tri ponavljanja za svaku kombinaciju nivoa faktora.

Tablica 3.

$q_{p1}, J/cm$	$\frac{I_z}{y^3}, cm^3$	REZULTATI f, mm			\bar{f}_i, mm	$S^2_{f_i}$	\hat{f}_i, mm
		1	2	3			
7200	119,9	0,26	0,34	0,32	0,307	0,0017335	0,325
14400	119,9	0,73	0,68	0,67	0,693	0,0010335	0,651
7200	277,3	0,10	0,19	0,08	0,123	0,0034335	0,108
14400	277,3	0,26	0,16	0,20	0,207	0,0025335	0,216
Σ						0,0087340	

3. OBRADA REZULTATA EKSPERIMENTA

U tablici 4. prikazan je plan ekstremnog eksperimenta sa nivoima faktora u kodiranom obliku.

Tablica 4.

X_0	X_1	X_2	X_1X_2	REZULTATI $y = zn \cdot f$			\bar{y}_i	$S^2_{y_i}$	\hat{y}_i
				1	2	3			
+1	-1	-1	+1	-1,347	-1,079	-1,139	-1,1883	0,0197812	-1,1247
+1	+1	-1	-1	-0,315	-0,386	-0,400	-0,3670	0,002077	-0,4305
+1	-1	+1	-1	-2,303	-1,661	-2,526	-2,163	0,2016862	-2,2269
+1	+1	+1	+1	-1,347	-1,833	-1,609	-1,5963	0,0560913	-1,5327
Σ								0,2796357	

Koeficijenti u regresionoj jednačini (6) su:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_1^N X_{i0} \cdot \bar{y}_i = -1,3287$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_1^N X_{i1} \cdot \bar{y}_i = +0,3471$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_1^N x_{i2} \cdot \bar{y}_i = -0,5511$$

$$b_{12} = \frac{1}{N} \sum_1^N (x_{i1} \cdot x_{i2}) \bar{y}_i = -0,0636.$$

Disperzija greške ocenjivanja koeficijenata:

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_{y_{sr}}^2}{Nk} = 0,0058257.$$

Standardno odstupanje koeficijenata iznosi:

$$S_{b_i} = \sqrt{S_{b_i}^2} = 0,0763262.$$

Studentov kriterijum za verovatnoću 95% i stepen slobode u iznosi: $t = 2,31$.

Kritična vrednost koeficijenata regresije je:

$$b_{kr} = t \cdot S_{b_i} = 0,1763.$$

Pošto je $b_{12} < b_{kr}$, ovaj koeficijent regresione jednačine zanemaruje se što znači da je medjudejstvo faktora beznačajno. Ostali koeficijenti regresione jednačine su značajni. Regresiona jednačina (6) tada ima oblik:

$$\hat{y} = -1,3287 + 0,3471 \cdot x_1 - 0,5511 \cdot x_2 \quad (9)$$

Izračunate vrednosti y prema regresionoj jednačini (9) prikane su u tablici 4.

Provera adekvatnosti modela

$$S_{y_{nead.}}^2 = \sum_1^N (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2 = 0,01617$$

$$S_{y_{sr}}^2 = \frac{\sum_1^N S_{y_i}^2}{N} = 0,06991$$

$$v_0 = \frac{S_{y_{nead.}}^2}{S_{y_{sr}}^2} = 0,23 < c = 5,32$$

Regresioni model je adekvatan.

Fišerov kriterijum za verovatnoću 95% i stepene slobode 1 i 8 iznosi: $c = 5,32$.

Dekodiranje regresione jednačine (9) izvršićemo zamenom izraza (8), pa dobijamo jednačinu:

$$\hat{y} = -3,7266 + 1,0015A - 1,3146B \quad (10)$$

Vraćanjem na eksponencijalni oblik imamo:

$$\hat{f} = 0,0241 \cdot q_{p_1}^{1,0015} \cdot \left(\frac{I_z}{y^3}\right)^{-1,3146} \quad (11)$$

gde je:

f - ugib nosača, mm

q_{p_1} - pogonska energija jednog ugaonog šava, J/cm

$\frac{I_z}{y^3}$ - odnos momenta inercije i rastojanja šavova, cm^3 .

Izračunate vrednosti ugiba f prema regresionoj jednačini (11) prikazane su u tabeli 3.

Provera adekvatnosti modela

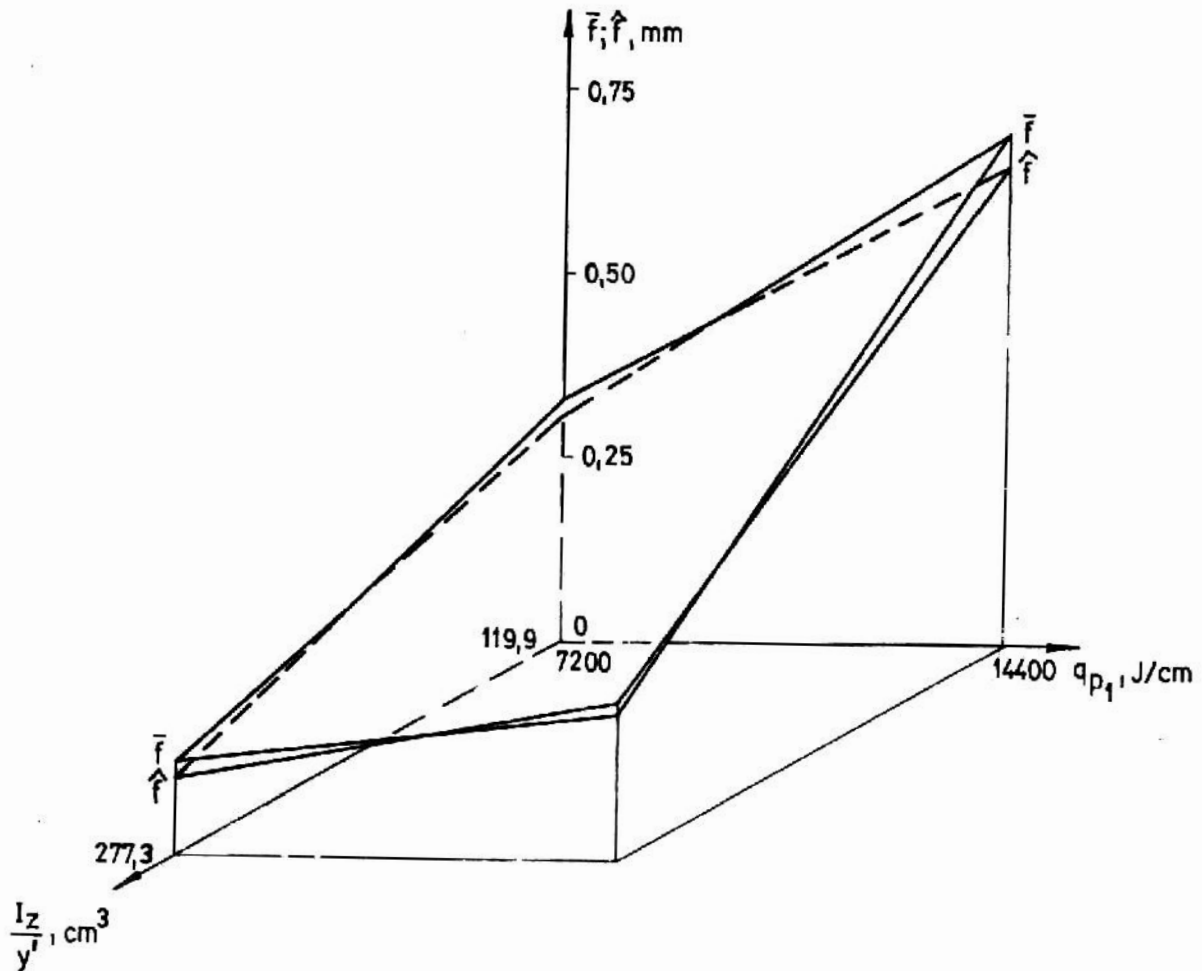
$$S_{f_{nead.}}^2 = \sum_1^N (\bar{f}_i - \hat{f}_i)^2 = 0,00239$$

$$S_{f_{sr}}^2 = \frac{\sum_1^N S_{f_i}^2}{N} = 0,00218$$

$$v_0 = \frac{S_{f_{nead.}}^2}{S_{f_{sr}}^2} = 1,10 < c = 5,32$$

Regresioni model je adekvatan.

Na slici 2. prikazana je površina koju opisuje regresiona jednačina (11). Zbog poredjenja, na istoj slici prikazane su i srednje vrednosti merenih ugiba I-nosača.



Slika 2. Ugibi I-nosača \hat{f} i \bar{f} prema tablici 3.

4. ZAKLJUČAK

U radu je istražen uticaj pogonske energije i geometrijskih karakteristika preseka na veličinu ugiba zavarenog I-nosača. Na osnovu literaturnih podataka napisan je eksponencijalni regresioni model sa medjudejstvom faktora. Logaritmovanjem ovog modela i uvođenjem potrebnih smena dobijen je linearni regresioni model, sa medjudejstvom faktora, u kodiranom obliku koji je više prilagodjen obradi rezultata kod dvofaktornog ekstremnog eksperimenta. Ispitivanjem adekvatnosti mo-

dela regresionih jednačina u kodiranom i eksponencijalnom obliku dobijena je adekvatnost za oba modela. Upoređujući v_0 oba modela došlo se do zaključka da je adekvatnost bolja u kodiranom a lošija u eksponencijalnom obliku. Na osnovu svega navedenog proizilazi da je u opisanom slučaju bilo neophodno ispitivanje adekvatnosti regresionog modela i u početnom, eksponencijalnom obliku.

LITERATURA

- [1] Okerblom N.O., Demjancevič V.P., Bajkova I.P.: Proektirovanie tehnologii izgotovlenija svarnih konstrukcij, Sudpromgiz, Leningrad, 1963.
- [2] Pantelić I.: Uvod u teoriju inženjerskog eksperimenta, Radivoj Ćirpanov, Novi Sad, 1976.
- [3] Palić V.: Uticaj debljine lima na veličinu deformacija pri zavarivanju, Naučnoistraživačka tema, Novi Sad, 1981.