

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

624(082)(0.034.2)  
69(082)(0.034.2)

ДРУШТВО грађевинских конструктора Србије (Београд). Национални конгрес (16 ; 2022 ; Аранђеловац)

Zbornik radova sa Nacionalnog kongresa DGKS ASES [Elektronski izvor] / Društvo građevinskih konstruktera Srbije, 16. Kongres, 28 - 30. 09. 2022., Aranđelovac ; [urednici Zlatko Marković, Ivan Ignjatović, Jelena Dobrić]. - Beograd : Univerzitet, Građevinski fakultet : Društvo građevinskih konstruktera Srbije, 2022 (Aranđelovac : Grafopak). - 1 USB fleš memorija ; 5 x 2 x 1 cm

Sistemska zahtevi: Nisu navedeni. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 250. - Bibliografija uz svaki rad. - Summaries.

ISBN 978-86-7518-226-9 (GF)

а) Грађевинарство -- Зборници

COBISS.SR-ID 74850313

<b>Izdavač:</b>	<b>Univerzitet u Beogradu Građevinski fakultet</b> Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73/I
<b>Suizdvač:</b>	<b>Društvo građevinskih konstruktera Srbije</b> Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73
<b>Urednici:</b>	prof. dr Zlatko Marković v.prof. dr Ivan Ignjatović v.prof. dr Jelena Dobrić
<b>Tehnička priprema:</b>	doc. dr Nina Gluhović doc. dr Marija Todorović dr Isidora Jakovljević
<b>Grafički dizajn:</b>	Tijana Stevanović
<b>Dizajn korica:</b>	Luka Pavelka
<b>Štampa:</b>	Grafopak, Aranđelovac
<b>Tiraž:</b>	250 primeraka

**Beograd, septembar 2022.**

*Marina Aškračić<sup>1</sup>, Aleksandar Radević<sup>2</sup>, Dimitrije Zakić<sup>3</sup>, Aleksandar Savić<sup>4</sup>*

## **METODOLOGIJA ISPITIVANJA GEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA ČELIČNE ARMATURE**

### **Rezime:**

Dobra adhezija čelika i betona u elementima AB konstrukcija ostvaruje se, između ostalog, i odgovarajućim orebravanjem šipki armature. Standard SRPS EN 10080 prepoznaje tri različita tipa geometrije rebara, kod građevinskih proizvoda namenjenih za armiranje betona: šipki, koturova, armaturnih mreža i rešetkastih nosača. Kvalitet geometrije rebara se proverava putem određivanja sledećih parametara: maksimalna visina poprečnih i podužnih rebara, rastojanje između poprečnih rebara, nagibi urebrenja i boka poprečnog rebra i relativna površina rebra. Metodologija njihovog ispitivanja definisana je u standardu SRPS EN ISO 15630-1, a kriterijumi usaglašenosti su dati u standardu SRPS EN 10080. U radu su prikazani primeri određivanja ovih parametara za različite tipove čelične armature, sa posebnim osvrtom na utvrđivanje relativne površine rebara.

*Ključne reči: čelična armatura, konfiguracija površine rebra, relativna površina rebra*

## **TESTING METHODOLOGY OF GEOMETRICAL CHARACTERISTICS OF STEEL REINFORCEMENT**

### **Summary:**

Good adhesion between steel and concrete in reinforced concrete structural elements is achieved, among other factors, by adequate rib geometry of steel reinforcement. Standard SRPS EN 10080 recognizes three types of rib geometry, in different steel reinforcement products: rebars, coils, welded fabric and lattice girders. The quality of rib geometry is confirmed by measurement of the following parameters: heights of transverse and longitudinal ribs, transverse rib spacing and angle, transverse rib flank inclination and relative rib area. Testing methodology is defined in SRPS EN ISO 15630-1, while the conformity criteria are given in SRPS EN 10080. The examples of their measurement for different types of steel reinforcement, with focus on relative rib area determination, are presented in the paper.

*Key words: steel reinforcement, geometrical characteristics, relative rib area*

<sup>1</sup> Doc, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, amarina@grf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Doc, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, aradevic@grf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Prof, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, dimmy@grf.bg.ac.rs

<sup>4</sup> V. prof, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija, savic.alexandar@gmail.com

## 1. UVOD

Armirano-betonske konstrukcije predstavljaju najzastupljeniji tip konstrukcija u građevinarstvu. Razlozi za to su brojni: velika nosivost i trajnost, dobra protivpožarna otpornost, laka izrada konstruktivnih elemenata zahtevanih geometrijskih karakteristika, relativno jednostavna sanacija oštećenja na konstrukciji, itd.

Velika nosivost ovakvih konstrukcija posledica je sprezanja betona i čelika za armiranje betona (armaturnih šipki). Opšte je poznato da se beton odlikuje visokim čvrstoćama pri pritisku i srazmerno niskim čvrstoćama pri zatezanju (8 do 15 puta manjim). Za razliku od betona, čelik ima visoke čvrstoće pri zatezanju, pa se na taj način njihovim sadejstvom mogu dobiti elementi velike nosivosti i na zatezanje i na pritisak. Svakako, preduslov za tako nešto je da ova dva materijala imaju približno jednake koeficijente termičkog širenja i da se na njihovom kontaktu obezbedi zadovoljavajući stepen adhezije.

Upravo je dobra adhezija između betona i čelične armature glavni razlog zašto se pri proizvodnji armaturnih šipki vrši njihovo orebravanje. Standardi SRPS EN ISO 15630-1 [1] i SRPS EN 10080 [2], definišu postupke merenja geometrijskih karakteristika, kao i tehničke uslove koje armaturne šipke treba da ispune sa aspekta geometrije površine.

Cilj ovog rada je da dà kratak osvrt na sve bitne parametre geometrije površine čelika za armiranje betona i da kroz numeričke primere prikaže uticaj svakog od ovih parametara na vrednosti koje se propisuju tehničkim uslovima za ovu vrstu proizvoda.

## 2. TEHNIČKI ZAHTEVI

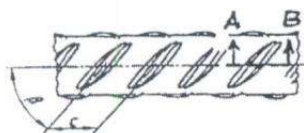
Od 2008. godine, klasifikacija čelika za armiranje betona u Srbiji vrši se u skladu sa standardom SRPS EN 10080. Predmetni standard definiše čelik za armiranje betona kvaliteta (oznake) B500, koji se u zavisnosti od oblika i rasporeda - nagiba poprečnih rebara u odnosu na uzdužnu osu, označava kao B500A, B500B i B500 C, pri čemu:

- šipke čelika B500A imaju dva ili više nizova paralelnih poprečnih rebara sa istim uglom u odnosu na uzdužnu osu šipke (slika 1a),
- šipke čelika B500B imaju dva ili više nizova poprečnih rebara, od kojih jedan ima drugačiji ugao u odnosu na druge (slika 1b),
- šipke čelika oznake B500C imaju isti raspored nizova rebara kao i kod B500B, ali u svakom nizu rebara, rebara imaju različite uglove u odnosu na uzdužnu osu (slika 1c).

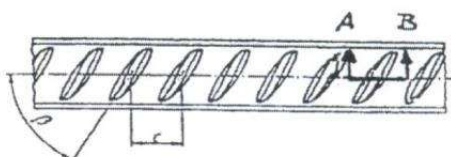
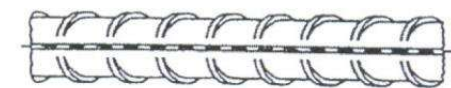
Ipak, predmetni standard dozvoljava da se dogovorom ugovorenih strana mogu isporučivati i čelici B500A i B500C sa rasporedom rebara kao kod B500B i obratno [2].

Osim rasporeda rebara, čelici oznaka B500A, B500B i B500C se razlikuju i sa aspekta zahtevanih mehaničkih i deformacionih karakteristika. Predmetne karakteristike su date u tabeli 1. Standard SRPS EN 10080 u predmetnoj tabeli definiše i propisane dinamičke karakteristike ovih tipova armaturnog čelika, ali pošto one nisu zahtevane kroz Uredbu o tehničkim i drugim zahtevima za čelik za armiranje betona Republike Srbije [3], u ovom radu neće biti prikazane.

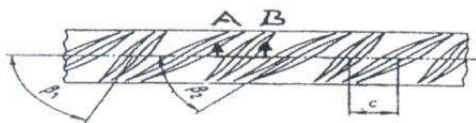
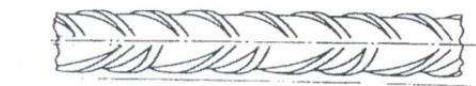
Osim navedenog, standard SRPS EN 10080 daje tehničke zahteve i za konfiguraciju površine rebrastog čelika. Parametri rebara mogu biti propisani ili relativnom površinom rebara  $f_R$  ili kombinacijom razmaka rebara, visine rebara i nagiba poprečnih rebara, ili na osnovu oba navedena kriterijuma. Ovi zahtevi ne zavise od tipa armaturnog čelika (A, B ili C), već su istovetni za sve tipove, a definišu se na osnovu prečnika ispitivanog proizvoda.



a) B500A



b) B500B



c) B500C



Slika 1 – Geometrijski oblik rebara čelika B500

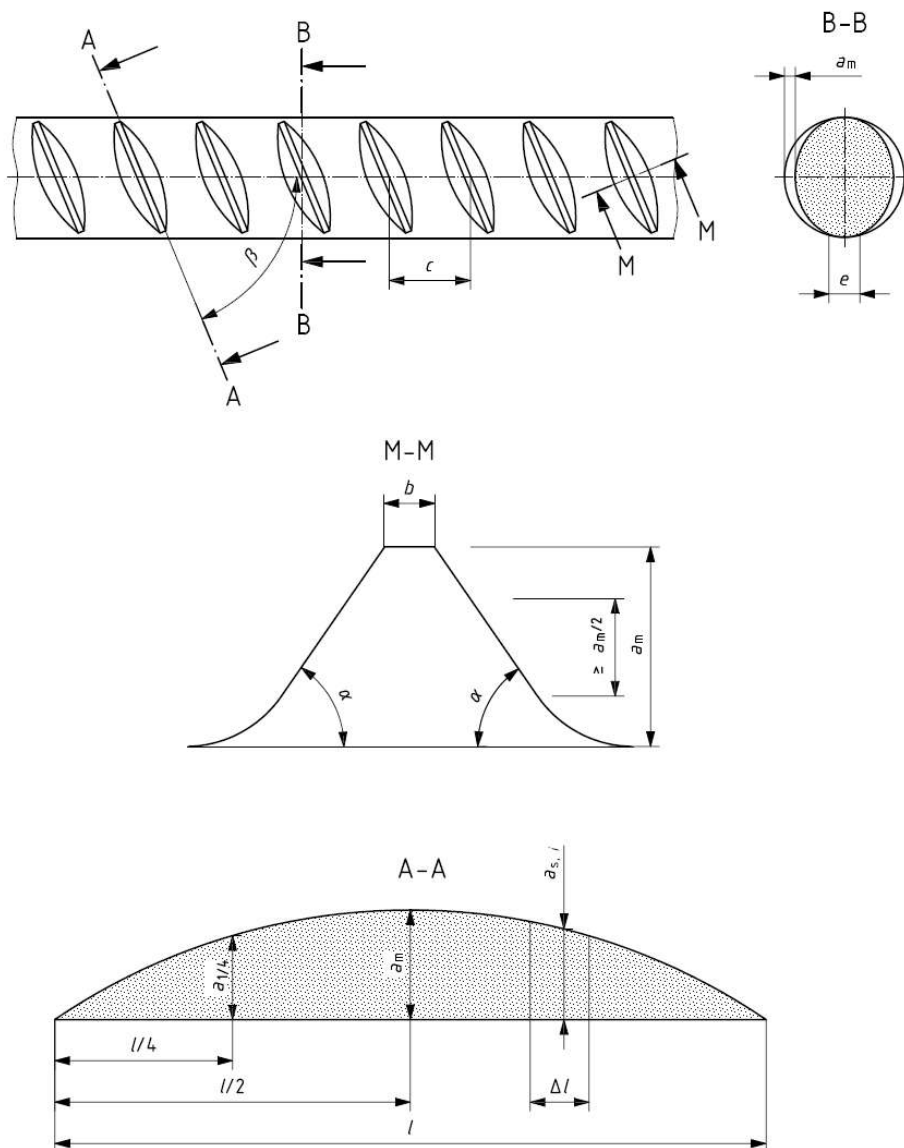
Tabela 1 - Zahtevana svojstva različitih tipova čelika za armiranje betona [2]

Čelik	Napon tečenja $R_e$ (MPa)	Odnos čvrstoće pri zatezanju i napona tečenja $R_m/R_e$	Ukupno izduženje pri najvećoj sili $A_{gt}$ (%)
B500A	min500	min1.05 <sup>a)</sup>	min2.5 <sup>b)</sup>
B500B	min500	min1.08	min5.0
B500C	min500	$1.15 \leq R_m/R_e \leq 1.35$	min7.5
a) Za mere ispod Ø8 mm, $R_m/R_e=1.02$ b) Za mere ispod Ø8 mm, $A_{gt}=1.0$ c) Za mere do Ø16 mm i za rebrasti čelik N/A – nije primenjivo			

Vrednosti za razmak poprečnih rebara, visinu rebra i nagib rebra treba da budu u granicama datim u tabeli 2, gde je  $d$  nazivni prečnik šipke. Poprečna rebra imaju polukružni oblik i stapaju se postepeno u jezgro proizvoda (slika 2).

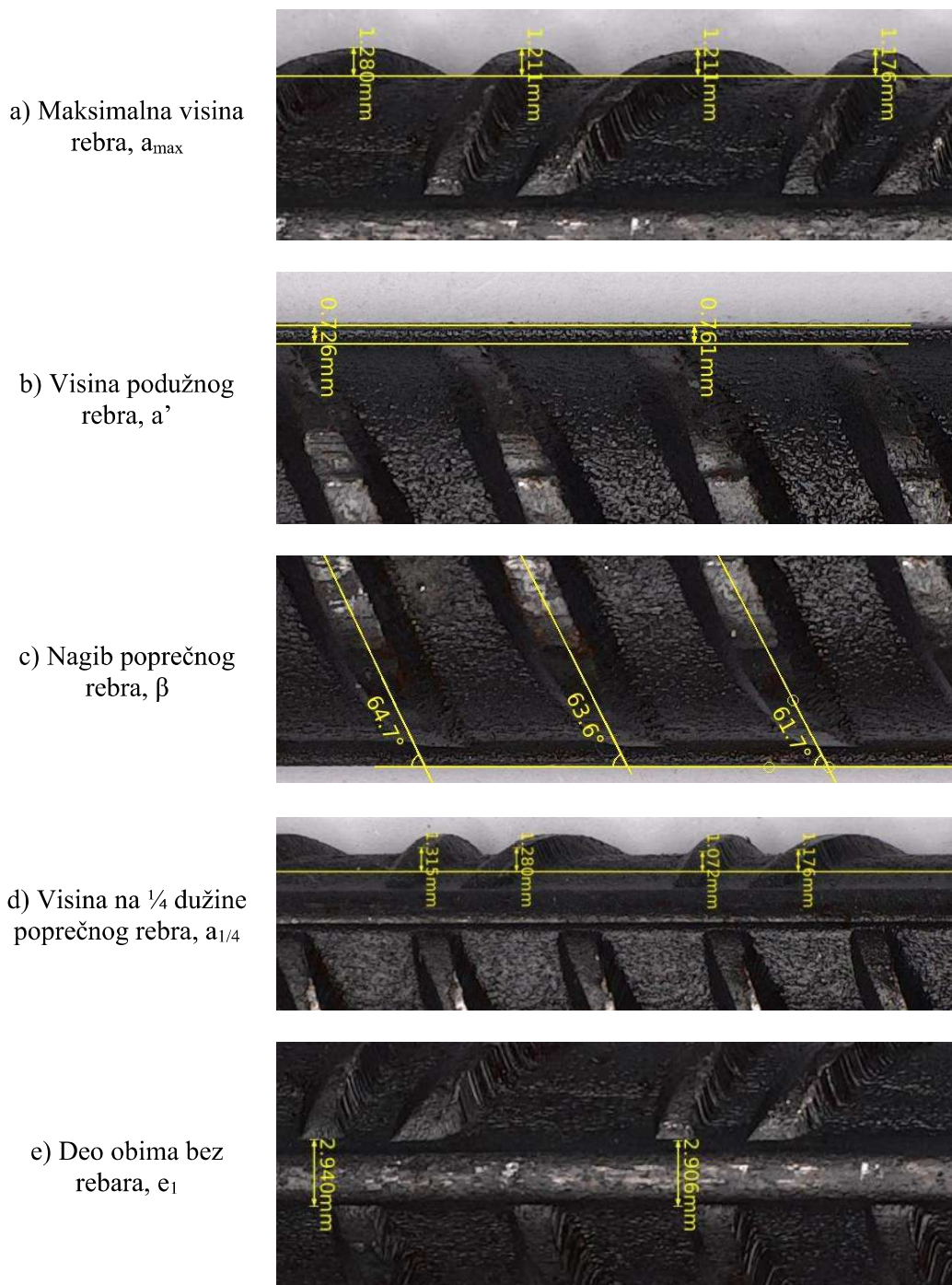
Tabela 2 – Granice za parametre rebara [2]

Visina rebra	Razmak rebara	Nagib rebra	Nagib boka rebra
$h$	$c$	$\beta$	$\alpha$
od $0.03d$ do $0.15d$	od $0.4d$ do $1.2d$	od $35^\circ$ do $75^\circ$	$\geq 45^\circ$



Slika 2 – Konfiguracija poprečnog rebra [1]

Poprečna rebra obuhvataju najmanje 75% oboda proizvoda. Visina uzdužnih rebara, tamo gde su prisutna, ne sme da pređe  $0.15d$ . Primeri merenja navedenih parametara dati su na slici 3.



Slika 3 – Primeri merenja pojedinačnih geometrijskih parametara

Relativna površina rebra definisana je standardom SRPS EN ISO 15630-1 kao:

$$f_R = \frac{1}{\pi d} \sum_{i=1}^n \frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_{R,i,j} \sin \beta_{i,j}}{c_i} + \frac{1}{P} \sum_{k=1}^q a'_k \quad (1)$$

gde je:

- n Broj redova transverzalnih rebara po obimu,  
 m Broj različitih nagiba transverzalnih rebara po redu,  
 q Broj longitudinalnih rebara za hladno vučene žice,

$$F_R = \sum_{i=1}^p (a_{s,i} \Delta l) \quad \text{Površina poprečnog rebra,}$$

$$\frac{1}{P} \sum_{k=1}^q a'_k \quad \text{Deo koji se odnosi na hladno-uvijene šipke i može uzimati vrednost samo do 30% od ukupne vrednosti } f_R.$$

Relativna površina rebra predstavlja sumu površina poprečnih rebara projektovanih na ravan upravnu na osu šipke, u odnosu na rastojanje između poprečnih rebara u jednom redu i u odnosu na obim ispitivanog uzorka (šipke) [1].

Zahtevane karakteristične vrednosti relativne površine rebra definisane su u prilogu NA standarda SRPS EN 10080 u tabeli NA.1 (tabela 3).

Tabela 3 – Karakteristična relativna površina rebra [2]

Nazivna mera šipke d (mm)	Relativna površina rebra
d ≤ 6	0,035
6 < d ≤ 12	0,040
d > 12	0,056

U slučaju da ispitivač nema na raspolaganju odgovarajući uređaj koji bi mu obezbedio automatsko proračunavanje ove veličine, standard omogućava da se koristi jedna od pojednostavljenih formula, koje su definisane u tački 11.3.2.2 standarda SRPS EN ISO 15630-1, kao što su:

- a) Trapezoidna formula

$$f_R = (a_{1/4} + a_m + a_{3/4}) \left( \pi d - \sum e_i \right) \frac{1}{4\pi d c} + \frac{1}{P} q a'$$

- b) Simpsonova formula

$$f_R = (2a_{1/4} + a_m + 2a_{3/4}) \left( \pi d - \sum e_i \right) \frac{1}{6\pi d c} + \frac{1}{P} q a'$$

- c) Parabolična formula

$$f_R = \left( \pi d - \sum e_i \right) \frac{2a_m}{3\pi d c} + \frac{1}{P} q a'$$

- d) Empirijska formula

$$f_R = \lambda \frac{a_m}{c}$$

gde je:

$\lambda$  empirijski faktor, za koji je pokazano da je u korelaciji sa  $f_R$  ili  $a_m/c$  z pojedinačnu žicu, šipku ili kotur [1].

Sve pojednostavljene formule zasnivaju se na merenju visine rebra u nekoliko karakterističnih tačaka. To je uvek maskimalna visina rebra koja se meri u osi šipke, ali takođe i visina na  $1/4$  dužine rebra ili na  $3/4$  dužine rebra. Takođe, prilikom proračuna relativne površine rebra ne vrši se merenje ugla nagiba rebara  $\beta$ , već se vrši merenje nove veličine,  $\Sigma e_i$ , koja nije bila definisana u prethodnim izrazima, a to je dužina obima bez rebara (slika 3e).

### 3. PRIMER ODREĐIVANJA VREDNOSTI $F_R$

U sklopu rada izvršeno je merenje geometrijskih karakteristika armaturne šipke prečnika 32 mm, deklarisanog kvaliteta B500B, sa oblikom rebara kao na slici 1b. Na osnovu izmerenih vrednosti, izvršen je proračun relativne površine rebara prema pojednostavljenim formulama: trapezoidnoj, Simpsonovoj i paraboličnoj. Proračun prema empirijskoj formuli nije izvršen, usled nedostatka podataka za formiranje empirijskog faktora  $\lambda$ .

U tabeli 4 prikazane su prosečne vrednosti izmerenih veličina odabranog uzorka. U ovakvom slučaju, dakle, na šipki postoje dva reda poprečnih rebara, koja su međusobno postavljena pod istim uglom. U osnovnom izrazu za proračun  $f_R$ , veličina  $n$  bi za ovakvu šipku iznosila 2, a veličina  $m$  - 1. Za potrebe proračuna, prikazane su prosečne vrednosti veličina  $a_m$ ,  $a_{1/4}$ ,  $a_{3/4}$  i  $c$  za oba reda poprečnih rebara, kao i veličine  $e_1$  i  $e_2$  koje odgovaraju razmacima po obimu između postojećih redova rebara. Prosečne vrednosti svakog od parametara prikazane su u tabeli 5, zajedno sa zahtevanim minimalnim i maksimalnim vrednostima definisanim u standardu SRPS EN 10080 (videti poglavlje 1.2).

Tabela 4 – Izmereni parametri za šipku B500B prečnika 32 mm

	$a_{m1}$	$a_{m2}$	$a_{1/4,1}$	$a_{1/4,2}$	$a_{3/4,1}$	$a_{3/4,2}$	$e_1$	$e_2$	$a'_1$	$a'_2$
1	2,24	2,04	2,40	2,03	2,20	2,04	9,81	8,27	2,08	2,48
2	2,46	1,98	2,31	1,98	2,15	2,04	9,42	8,24	1,88	2,74
3	2,61	1,85	2,32	1,95	2,09	2,17	9,70	8,23	2,21	2,53

Tabela 5 – Prosečne vrednosti izmerenih parametara i uslovi standarda (mm)

	$a_m$	$a_{1/4}$	$a_{3/4}$	$e_1$	$e_2$	$a'$	$c$
Prosečna vrednost	2,20	2,17	2,12	9,64	8,25	2,32	19,92
min	0,96						12,80
max	4,80					4,80	38,40

Nakon primene uprošćenih formula na istom setu podataka dobijene su sledeće vrednosti:

- Trapezoidna formula                      0,067;
- Simpsonova formula:                      0,074;
- Parabolična formula                      0,060.



Prema svim korišćenim formulama, ispitivana šipka zadovoljava uslove standarda ( $f_R > 0,056$ ), ali se najmanja vrednost dobija korišćenjem parabolične formule, koja je ujedno i najjednostavnija, jer zahteva merenje najmanjeg broja parametara. Iz tog razloga na narednim primerima primenjena je parabolična funkcija.

#### 4. ODREĐIVANJE GEOMETRIJSKIH PARAMETARA ZA RAZLIČITE RASPOREDE POPREČNIH REBARA

Ispitivanje prikazano u ovom delu rada je vršeno na hladno vučenim i orebranim šipkama deklarisanog kvaliteta B500A koje se koriste u armaturnim mrežama, i to na tri prečnika 5 mm, 7 mm i 9 mm. Ovaj tip uzoraka ima tri reda poprečnih rebara, međusobno rastavljenih sa tri dela obima bez rebara, na kojima ne postoji podužno rebro. Sva poprečna rebra su međusobno paralelna (slika 1a).

Drugi tip uzoraka predstavljale su armaturne šipke deklarisanog kvaliteta B500B, prečnika 8 mm, 14 mm i 25 mm. Kod ovih uzoraka postoje dva reda poprečnih rebara, razdvojenih pomoću 2 podužna rebra. U jednom redu su sva rebra međusobno paralelna, dok su u drugom redu rebra naizmenično postavljena pod različitim uglovima, kao što je prikazano na slici 1c.

U oba navedena slučaja, maksimalna visina rebra za primenu parabolične formule računa se kao prosečna vrednost merenja na svim tipovima i redovima poprečnih rebara (ukupno 9 merenja). Rastojanje poprečnih rebara  $c$  računa se kao prosek rastojanja dva reda rebara, bez obzira na nagib rebra prema osi šipke. U slučaju šipki B500A, mere se na po tri mesta ukupno tri širine obima bez rebara, dok u slučaju šipki B500B, najčešće postoje samo dva dela obima bez (poprečnih) rebara. Merenja su vršena na po 3 šipke svakog tipa i prečnika, a u tabelama 6 i 7, prikazani su rezultati za pojedinačne uzorke, zajedno sa izračunatim vrednostima  $f_R$ . Dobijeni rezultati na preostalim ispitanim uzorcima, bili su vrlo ujednačeni, sa najvećim odstupanjima vrednosti  $f_R$  od 0,002.

Tabela 6 – Izmereni parametri geometrije rebara armature B500A

Nazivni prečnik	Red	Maksimalna visina poprečnog rebra			Ugao	Deo obima bez rebara			Rastojanje popreč. rebra	Relat. površ. rebra
		$a_{max,1}$	$a_{max,2}$	$a_{max,3}$		$e_1$	$e_2$	$e_3$		
(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(°)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$f_R$
5	1	0,49	0,46	0,45	56,0	1,32	1,34	1,30	3,91	0,060
	2	0,47	0,46	0,49	56,2	1,35	1,34	1,33	3,94	
	3	0,47	0,46	0,47	56,1	1,30	1,32	1,30	3,92	
7	1	0,40	0,39	0,39	56,1	1,44	1,43	1,41	4,48	0,047
	2	0,39	0,39	0,39	56,0	1,44	1,44	1,40	4,48	
	3	0,39	0,39	0,39	56,1	1,43	1,44	1,41	4,48	
9	1	0,61	0,60	0,58	62,0	1,35	1,32	1,32	5,49	0,062
	2	0,59	0,59	0,58	62,0	1,34	1,34	1,32	5,48	
	3	0,58	0,61	0,59	62,2	1,34	1,32	1,32	5,50	

Može se primetiti da, iako je očekivano da šipke sa većim prečnicima daju više vrednosti  $f_R$ , to ne mora uvek da bude slučaj. Posebno su oscilacije primetne kod proizvođača mreža, jer usled habanja alata koji se koristi za orebravanje, vremenom može doći do smanjenja vrednosti maksimalne visine rebra, a time i do dobijanja nižih vrednosti  $f_R$ .

Tabela 7 – Izmereni parametri geometrije rebara armature B500B

Nazivni prečnik	Red	Maksimalna visina poprečnog rebra			Ugao	Deo obima bez rebara			Rastoj. popreč. rebra	Relat. površ. rebra
		$a_{max,1}$	$a_{max,2}$	$a_{max,3}$		$\beta$	$e_1$	$e_2$		
d		(mm)	(mm)	(mm)	(°)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$f_R$
8	1	0,68	0,63	0,66	58,5	1,85	1,78	1,71	5,80	0,065
	2	0,67	0,66	0,63	45,0	1,84	1,88	1,70	5,80	
	3	0,69	0,66	0,69	59,3	-	-	-	5,78	
14	1	1,15	1,15	1,14	52,5	2,20	2,20	2,19	7,89	0,087
	2	1,15	1,13	1,13	43,0	2,21	2,20	2,20	7,87	
	3	1,14	1,14	1,15	53,0	-	-	-	7,87	
25	1	2,02	2,02	2,03	60,5	2,77	2,76	2,76	15,50	0,081
	2	2,00	2,00	2,01	47,0	2,77	2,77	2,76	15,45	
	3	2,01	2,01	2,05	64,6	2,75	2,75	2,76	15,46	

Kako je već ranije objašnjeno, pored kontrole relativne površine rebra  $f_R$ , prema standardu SRPS EN 10080 vrši se i kontrola pojedinačnih geometrijskih veličina. U daljem tekstu će biti diskutovano da li je, za svaki od navedenih tipova šipki, dovoljno da budu zadovoljeni svi minimalni uslovi za pojedinačne geometrijske veličine, da bi se ostvarila i zadovoljavajuća vrednost relativne površine rebra. U tabeli 8 prikazane su vrednosti parametara potrebnih za ovaj proračun, usvojene tako da maksimalna visina rebra odgovara minimalnoj vrednosti definisanoj u standardu, dok rastojanje između poprečnih rebara odgovara maksimalnoj propisanoj vrednosti. Deo obima bez rebara nije propisan, pa su usvojene prosečne vrednosti merenja na uzorcima prikazanim u tabelama 6 i 7.

Tabela 8 – Izmereni parametri geometrije rebara armature B500B

Nazivni prečnik	Maksimalna visina poprečnog rebra	Deo obima bez rebara			Rastojanje poprečnih rebara	Relativna površina rebra
		$e_1$	$e_2$	$e_3$		
d	$a_{max}$	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$f_R$
5	0,15	1,32	1,34	1,31	6,0	0,012
7	0,21	1,43	1,43	1,43	8,4	0,013
9	0,27	1,33	1,33	1,33	10,8	0,014
8	0,24	1,78	1,81		9,6	0,014
14	0,42	2,20	2,20		16,8	0,015
25	0,75	2,76	2,77		30,0	0,015

Kao što se može primetiti ni jedna od prikazanih šipki ne bi zadovoljila uslove za relativnu površinu rebara, iako ključni parametri geometrije (maksimalna visina rebara i rastojanje između rebara) odgovaraju propisanim graničnim vrednostima. Iz tog razloga, prilikom formiranja geometrije šipki rebraste armature, proizvođač mora voditi računa o optimalnom odnosu između različitih parametara geometrije rebara.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu su detaljnije objašnjeni zahtevi standarda SRPS EN 10080, koji se odnose na geometriju proizvoda koji se koriste za armiranje betona, u cilju postizanja bolje adhezije između čelika i betona. Prikazani su postupci ispitivanja pojedinačnih parametara geometrije, kao i načini određivanja vrednosti relativne površine rebara. Iako su u standardu prikazane forme postavljanja rebara za šipke tipa B500A, B500B i B500C, proizvodi za armiranje u praksi često mogu imati zamenjene uloge. I pored toga što između ovih tipova armaturnog čelika postoje značajne razlike u zahtevima koji se odnose na njihova mehanička i deformaciona svojstva, zahtevi za parametre geometrije rebara su ujednačeni za sva tri tipa proizvoda. Uslovi definisani u standardu zasnivaju se samo na nominalnom prečniku ispitivanog uzorka.

Prilikom proračuna parametra  $f_R$  korišćenjem različitih pojednostavljenih funkcija, pokazano je da parabolična funkcija daje najniže vrednosti  $f_R$  u odnosu na preostale dve, dok ujedno zahteva i najmanji broj merenih parametara. Takođe je pokazano da šipke većih prečnika nemaju nužno i veće vrednosti parametra  $f_R$ . Posebno osetljivim na veličinu ovog parametra, pokazuju se čelični proizvodi za armiranje betona dobijeni hladnim izvlačenjem i orebravanjem. Teorijskim razmatranjem proračuna vrednosti  $f_R$ , ukoliko bi parametri koji učestvuju u proračunu bili usvojeni na najnepovoljniji način (minimalna vrednost maksimalne visine rebara i maksimalna vrednost rastojanja poprečnih rebara), pokazano je da u tom slučaju šipke ne mogu zadovoljiti standardom propisane vrednosti za  $f_R$ . Iz tog razloga, prilikom formiranja geometrije šipki rebraste armature, proizvođač mora voditi računa o optimalnom odnosu između svih parametara geometrije, sa naglaskom na geometriji poprečnih rebara.

## LITERATURA

- [1] SRPS EN ISO 15360-1 Čelik za armiranje betona i čelik za prednaprezanje betona – Metode ispitivanja – Deo 1: Armaturene šipke, valjana žica i vučena žica, 2019.
- [2] SRPS EN 10080 Betonski čelik – Zavarivi betonski čelik – Opšti deo, 2008.
- [3] Uredba o tehničkim i drugim zahtevima za čelik za armiranje betona Republike Srbije, Službeni glasnik RS br. 35/2015 i 44/2016.
- [4] Filho L.C.P., Silva B.D.V., Bosco V.I.D., Gomes L., Barbosa M.P., Lorrain M.S.: Analysis of the influence of rebar geometry variations on bonding strength in the pull-out test, Conference "Bond in concrete" 2012, pp. 63-68, ISBN 978-88-907078-1-0.
- [5] Mirković M., Radević A., Zakić D., Savić A., Aškračić A., Jevtić D.: The effect of thermal treatment on mechanical and deformation properties of steel reinforcement, Proceedings of International conference on contemporary theory and practice in construction XV, Banja Luka, June 2022, pp. 53-62, ISSN 2566-4484, DOI 10.7251/STP2215053M.

*Nada Curović<sup>1</sup>, Dana Perišić<sup>2</sup>*

## **PRIMENA NOVIH TEHNIČKIH REŠENJA U IZGRADNJI I RAZVOJU VISOKONAPONSKIH VODOVA**

### **Rezime:**

Zahtevi za električnom energijom se konstantno uvećavaju, te je samim tim i ekspanzivni razvoj mreže visokonaponskih dalekovoda neminovan. Sagledavajući eksploatacione probleme, ali i savremene trendove i mogućnosti razvoja, i u ovoj oblasti se mogu stvoriti uslovi za razvoj sistema unapređenih tehničkih karakteristika objekata. U radu su prikazani zahtevi i nova ograničenja koja donosi industrijski i demografski razvoj za sisteme dalekovoda. Dat je prikaz tehničkih odgovora i novih mogućnosti koje se stvaraju savremenim razvojem građevinarstva, ali i prikaz već realizovanih objekata na kojima su primenjena pojedina nova rešenja. Ni malo lak zadatak za konstruktore i investitore će biti da planirani razvoj mreže bude takav da zadovolji često suprotstavljene zahteve. Cilj je da se zadovolje visoki estetski zahtevi i restriktivni ekološki standardi, ali i zadrže i unaprede svi tehnički parametri savremenog voda.

*Ključne reči: dalekovodi, restriktivni zahtevi, nova tehnička rešenja*

## **USE OF NEW TECHNICAL SOLUTIONS IN CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF HIGH VOLTAGE POWER LINES**

### **Summary:**

Demands for electricity are constantly increasing, and therefore the expansive development of the network of high-voltage transmission lines is inevitable. Considering the exploitation problems, but also the modern trends and possibilities of development, in this area, conditions can be created for the development of a system of improved technical characteristics of facilities. The paper presents the requirements and new constraints of industrial and demographic development for transmission system systems. The presentation of technical answers and new possibilities that are created by the modern development of construction is given, but also the presentation of already realized facilities on which some new solutions have been applied. It will not be an easy task for constructors and investors to plan the development of the network to meet the often conflicting requirements. The goal is to meet high aesthetic requirements and restrictive environmental standards, but also to maintain and improve all technical parameters of modern lines.

*Key words: transmission lines, restrictive requirements, new technical solutions*

<sup>1</sup> *Ekspert u oblasti razvoja elektroenergetskog sistema, Elektromreža Srbije, Beograd, Srbija, nada.curovic@ems.rs*

<sup>2</sup> *Samostalni projektant, Elektroistok projektni biro, Beograd, Srbija, dana.perisic@eipb.rs*