

## PROVJERA MAHANIČKIH OSOBINA I KVALITETA POVRŠINSKE ZAŠTITE TRAPEZNOG ČELIČNOG LIMA ZA KROVOPOKRIVANJE

### CROSSCHECK OF MECHANICAL FEATURES AND QUALITY OF SURFACE PROTECTION OF TRAPEZE SHAPED STEEL SHEET FOR ROOF COVERING

**dr.sc. Fadil Islamović, docent**  
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet  
Bihać

**mr.sc. Husein Rošić, viši asistent**  
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet  
Bihać

**dr.sc. Dženana Gačo, viši asistent**  
Univerzitet u Bihaću, Tehnički fakultet  
Bihać

**dr.sc. Zijah Burzić, red. prof.**  
Vojno-tehnički institut  
Beograd

#### REZIME

*U radu je dat detaljan pregled ispitivanja uzoraka trapeznog čeličnog lima kroz određivanje zateznih svojstava, određivanje karakteristika savijanjem i naizmjeničnim previjanjem oko trna, te metalografski pregled osnovnog materijala i mjerenje debljine površinske zaštite. Cilj ovih ispitivanja je da se na osnovu dobijenih rezultata da ocjena kvaliteta osnovnog materijala i površinske zaštite trapeznog čeličnog lima, a koji prema izjavi naručioca ispitivanja odgovara kvalitetu DX51D + Z275 MA prema standardu EN 10169 PT1. Rezultati ispitivanja zatezanjem, savijanjem, naizmjeničnim previjanjem, kao i metalografska ispitivanja su pokazali da je osnovni materijal izuzetno kvalitetan, te da je površinska zaštita trapeznog čeličnog lima urađena takođe vrlo kvalitetno, odnosno prema standardu EN 10142-7/00.*

**Ključne riječi:** čelični lim, zatezanje, savijanje, naizmjenično previjanje, metalografsko ispitivanje, kvalitet lima.

#### SUMMARY

*This paper gives a detailed overview of testing samples from trapeze shaped steel plates through determination of axial tension properties, determination of bending characteristic, alternating bending and metallographic view of the base material and thickness measurement of surface protection. The goal of these studies is to give evaluation of base material and surface protection of trapeze shaped steel sheet from obtained results which by the statement of the customer matches the quality of testing DX51D MA + Z275 according to EN 10169 pT1. Results of tension, bending, alternating bending, and metallographic examination showed that the basic material is very high quality, and that the surface protection of trapeze shaped steel sheet is also made very well, and according to EN 10142-7/00.*

**Keywords:** steel sheet, straining, bending, alternating bending, metallographic examination, the quality of sheet metal.

## 1. UVOD

Na području Unsko-sanskog kantona u toku 2008. godine izvršena je rekonstrukcija određenog većeg broja školskih objekata što je podrazumijevalo i zamjenu krovnog pokrivača. U cilju izbora trapeznog čeličnog lima za krovopokriivanje odgovarajućeg kvaliteta, investitor je zahtjevao da izvođač radova obezbijedi provjere mehaničkih osobina i kvaliteta površinske zaštite materijala dostavljenih uzoraka lima, kao pretpostavku za donošenje odluke o izboru i ugradnji istog.

## 2. OBIM I VRSTE ISPITIVANJA

Zahtjevom za ponudu izvođača radova traženo je ispitivanje dostavljenih uzoraka trapeznog čeličnog lima koji prema izjavi naručioca ispitivanja odgovara kvalitetu DX51D + Z275 MA prema standardu EN 10169 PT1 [1], u cilju provjere mehaničkih osobina i kvaliteta površinske zaštite.

Shodno standardu EN 10142-7/00 [2] urađena su slijedeća ispitivanja:

1. Određivanje zateznih svojstava dostavljenih uzoraka trapeznog čeličnog lima;
2. Određivanje karakteristika na savijanje oko trna uzoraka trapeznog čeličnog lima;
3. Određivanje karakteristika naizmjeničnim previjanjem oko trna uzoraka trapeznog čeličnog lima;
4. Metalografski pregled osnovnog materijala i mjerenje debljine površinske zaštite.

Cilj ispitivanja je da se na osnovu dobijenih rezultata da ocjena kvaliteta osnovnog materijala i površinske zaštite trapeznog čeličnog lima.

## 3. DOSTAVLJENI ISPITNI MATERIJAL

Na ispitivanje su dostavljena tri uzorka trapeznog čeličnog lima dimenzija 300x1060x0.6 [mm], slika 1., i jedan uzorak trapeznog čeličnog lima dimenzija 1000x1060x0.6 [mm], slika 2.



*Slika 1. Uzorak trapeznog čeličnog lima dimenzija 300 x 1060 x 0.6 mm*

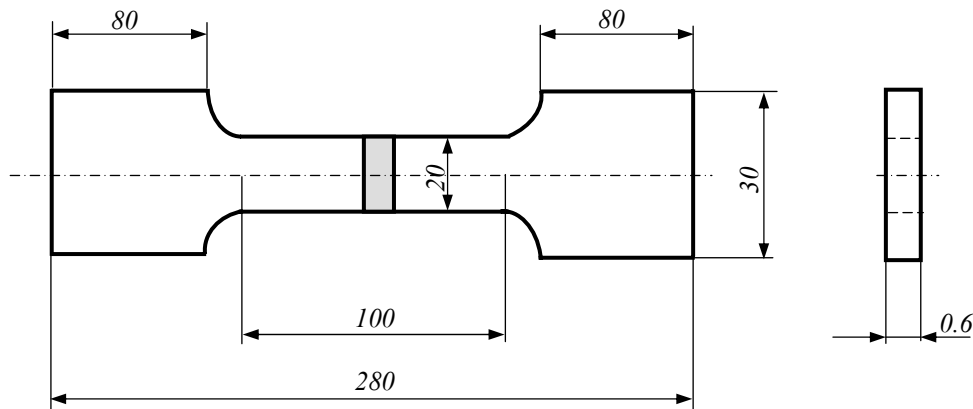


*Slika 2. Uzorak trapeznog čeličnog lima dimenzija 1000 x 1060 x 0.6 mm*

## 4. REZULTATI ISPITIVANJA

### 4.1. Zatezna ispitivanja

Zatezna ispitivanja epruveta izvađenih iz uzoraka trapeznog čeličnog lima su rađena u cilju određivanja zateznih svojstava. Sam postupak ispitivanja je definisan standardom ASTM E8-95 [3], na epruvetama čija je geometrija data na slici 3.



Slika 3. Epruveta za određivanje zateznih svojstava

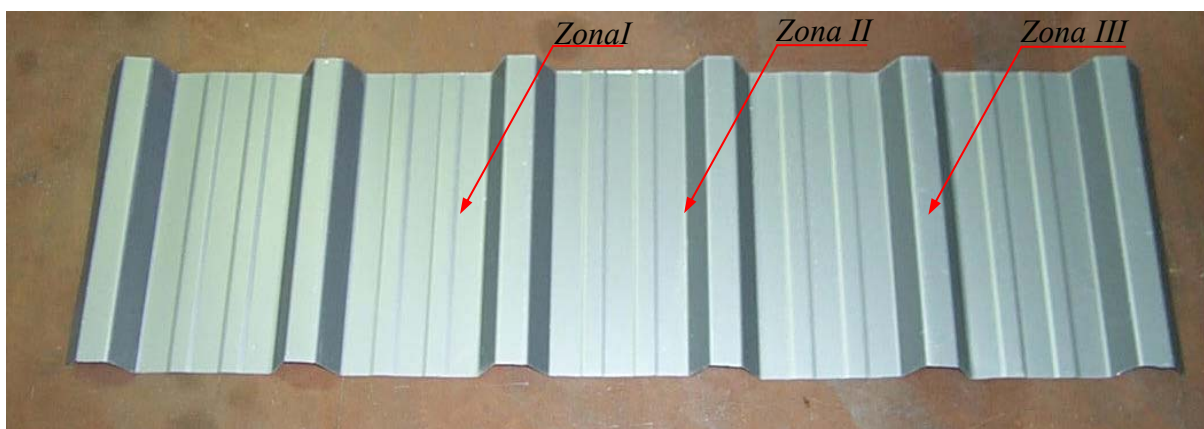
Ispitivanje je izvedeno u skladu sa standardom ASTM E8-95, na elektro-mehaničkoj kidalici. Brzina uvođenja opterećenja je bila 5 [mm/min]. Izduženje je registrovano pomoću induktivnog davača HOTTINGER RD1 čija je tačnost  $\pm 0,01$  [mm].

Da bi se dala ocjena uticaja oblikovanja, odnosno plastične deformisanosti lima, epruvete za zatezanje, a i za ostala ispitivanja (savijanje i naizmjenično previjanje) su vađene iz tri zone, sl. 4. :

Zona I – ravna površina lima

Zona II- kosa površina trapeza lima, i

Zona III- ravna površina gornjeg dijela trapeza lima.



Slika 4. Mjesta uzorkovanja za mehanička ispitivanja

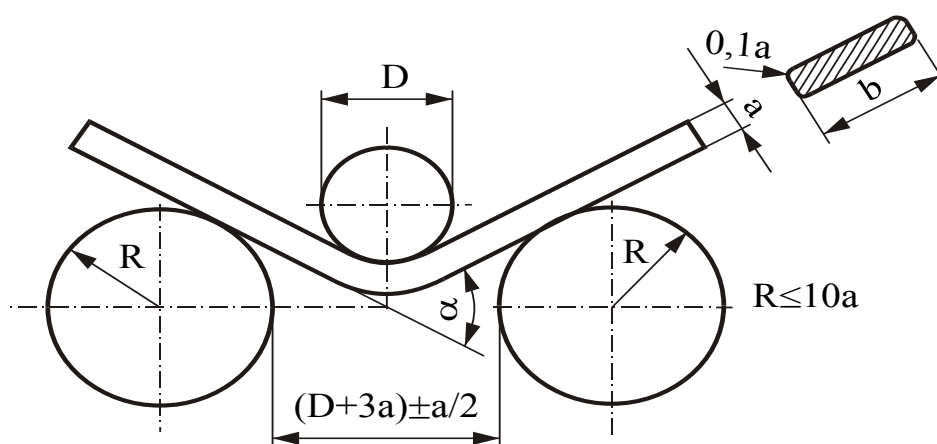
Rezultati određivanja zateznih svojstava uzoraka izvađenih iz zavarenih ploča dati su u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati zatezних svojstava epruveta izvađenih iz trapeznog čeličnog lima

Oznaka uzorka	Napon tečenja $R_{p0,2}$ , [MPa]	Zatezna čvrstoća $R_m$ , [MPa]	Izduženje $A^*$ , [%]	Mjesto loma
I - 1	235	349	31	Osnovni metal
I - 2	239	352	33	Osnovni metal
I - 3	244	358	30	Osnovni metal
II - 1	243	353	32	Osnovni metal
II - 2	236	343	31	Osnovni metal
II - 3	242	350	30	Osnovni metal
III - 1	241	347	32	Osnovni metal
III - 2	238	245	31	Osnovni metal
III - 3	237	352	33	Osnovni metal

#### 4.2. Ispitivanje na savijanje

Ispitivanje na savijanje je rađeno prema standardu JUS C.A4. 005 na dostavljenim uzorcima [4]. Dimenzije epruveta su bile 200 x 30 x 0.6 [mm] (dužina x širina x debljina). Šema postupka ispitivanja je data na sl. 5. Samo ispitivanje je izvedeno na elektromehaničkoj kitalici u kontroli brzine, pri čemu je brzina uvođenja opterećenja bila 5 [mm/min]. U odnosu na predmetnu debljinu trapeznog čeličnog lima, korišten je trn prečnika 5 [mm]. Rezultati ispitivanja na savijanje su dati u tabeli 2.



Slika 5. Šema postupka ispitivanja

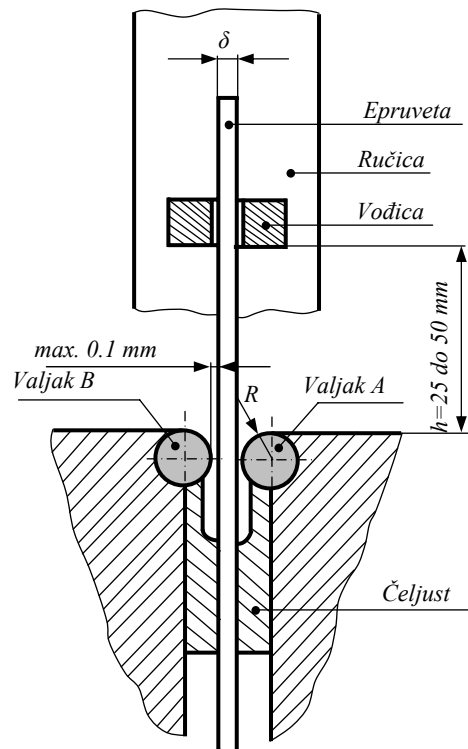
Tabela 2. Rezultati ispitivanja na savijanje

Oznaka uzorka	Max. ugao savijanja, [°]	Mjesto pojave prskotine
I - 1	180	Nema prskotine
I - 2	180	Nema prskotine
I - 3	180	Nema prskotine
II - 1	180	Nema prskotine
II - 2	180	Nema prskotine
II - 3	180	Nema prskotine
III - 1	180	Nema prskotine
III - 2	180	Nema prskotine
III - 3	180	Nema prskotine

#### 4.3. Određivanje karakteristika naizmjeničnim previjanjem oko trna

Ispitivanje naizmjeničnim previjanjem oko trna je rađeno u cilju određivanja broja previjanja pri kome dolazi do pucanja površinske zaštite, kao i broja savijanja pri kome dolazi do loma osnovnog materijala. Samo ispitivanje je rađeno prema standardu JUS C.A4.020 na epruvetama dimenzija 150 x 20 x 0.6 [mm] [5] .

Ovo ispitivanje se sastoji u višekratnom previjanju epruvete za 90° od prvobitnog položaja, naizmjenično na jednu, a zatim na drugu stranu, do loma. Svako previjanje obavlja se preko valjkaste površine kako je to prikazano na sl. 6.



Slika 6. Šema postupka naizmjeničnog previjanja oko trna

Rezultati ispitivanja naizmjeničnim previjanjem su dati u tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati ispitivanja naizmjeničnim previjanjem oko trna

Oznaka uzorka	Maksimalni ugao savijanja, [°]	Broj previjanja do pucanja površinske zaštite	Broj previjanja do pucanja lima
I - 1	90	9	27
I - 2	90	8	28
I - 3	90	9	31
II - 1	90	8	27
II - 2	90	10	26
II - 3	90	9	30
III - 1	90	9	25
III - 2	90	9	24
III - 3	90	8	27

#### 4.4. Metalografski pregled osnovnog materijala i mjerenje debljine površinske zaštite

Metalografski pregled dostavljenog uzorka je rađen u cilju ocjene osnovne strukture isporučenog trapeznog čeličnog lima. Osnovna struktura trapeznog čeličnog lima je feritno-perlitna struktura, sa teksturom koja odgovara teksturi valjanja. Izgled osnovne strukture je prikazan na sl. 7.



Slika 7. Makro snimak osnovne strukture lima

Na metalografskom uzorku je mjerena i debljina osnovnog materijala i površinske zaštite. Debljina osnovnog materijala se kretala od 0.61 do 0.63 [mm], dok je debljina pocinčane površinske zaštite iznosila od 27 do 31 [ $\mu\text{m}$ ], što je značajno više od standardom propisanih vrijednosti.

Stepen oštećenja površinske zaštite je određivan na osnovu vizuelnog pregleda površine poslije pada čelične kuglice mase 25 [g]. Naime, čelična kuglica mase 25 [g] je bacana na uzorak trapeznog čeličnog lima sa visine od 1 [m], i nakon pada se pregledala površina na koju je kuglica pala. Nakon ovih ispitivanja je konstatovano da nema vidljivih oštećenja površine lima, odnosno, naknadnom metalografskom analizom nije konstatovano odvajanje površinske zaštite od osnovnog materijala (nije konstatovano iniciranje ljuštenja).

## 5. ZAKLJUČAK

Dostavljeni uzorci trapeznog čeličnog lima u potpunosti odgovaraju čeliku kvaliteta DX51D, prema standardu EN 10169 PT1, a površinska zaštita u potpunosti odgovara kvalitetu DX51D + Z275 MA prema standardu EN 10142-7/00.

Ispitivanja zatezanjem, savijanjem, naizmjeničnim previjanjem, kao i metalografska ispitivanja su pokazala da je osnovni materijal izuzetno kvalitetan, i da je površinska zaštita trapeznog čeličnog lima urađena takođe vrlo kvalitetno, odnosno prema standardu EN 10142-7/00.

## 6. LITERATURA

- [1] EN 10169 Kontinuirano presvučeni čelični ravni proizvodi. Proizvodi za građevinarstvo.
- [2] EN 10142 Evropski standard kvaliteta profila od čeličnog lima.
- [3] ASTM E8-95 Mehanička ispitivanja metala. Ispitivanje zatezanjem.
- [4] JUS C.A4.005 Ispitivanje čelika savijanjem.
- [5] JUS C.A4.020 Mehanička ispitivanja metala. Ispitivanje limova i traka debljine ispod 3 [mm] naizmjeničnim previjanjem.