



## **ATESTACIJA ZAVARIVAČA NA ALUMINIJU – PRIMJERI IZ PRAKSE**

**Milan Bičić, dipl. ing., EWE**  
**Tehnomont – Brodogradilište Pula d.o.o**  
**Fižela 7**  
**52100 Pula**  
**Tel: 052/386 011**  
**Fax: 052/386 328**  
**E-mail: [mbicic@tehnomont.hr](mailto:mbicic@tehnomont.hr)**

**Sažetak:** *U radu je prikazana atestacija zavarivača na aluminijskoj leguri 5083 H111 prema normi EN 287-2 i presjek kroz izvedbu atestacije i ispitivanja.*

**Ključne riječi:** **atestacija zavarivača, keramika, aluminij**



## 1. UVOD

Atestacijom zavarivača dokazuje se osposobljenost zavarivača za određeni postupak zavarivanja na zavarenoj konstrukciji. Svaka atestacija, odnosno svaki atest pokriva određeni raspon materijala, debljina i pozicija na zavarenoj konstrukciji.

U ovom će slučaju biti prikazana atestacija zavarivača na aluminijskoj leguri 5083 H111 sa keramičkom podlogom na sučeljenom spoju u vertikalnom položaju impulsnim MIG postupkom (131) u zaštiti čistog argona.

Keramička je podloga odabrana kako bi se izbjeglo žljebljenje, odnosno brušenje korijenske strane zavara, te obostrano zavarivanje i dvostruki unos topline.

## 2. PREGLED KROZ NORMU EN 287 – 2

### 2.1 GRUPA MATERIJALA

U poglavlju 5.4 norme EN 287-2 navedene su grupe materijala koje se koriste u normi.

Grupa W21: Čisti aluminij

EN AW – Al 99,8 (A)

EN AW – Al 99,5

EN AW – Al Mn 1

Grupa W 22 : Toplinski neobradive legure

EN AW – Al Mg 1,5 (C)

EN AW – Al Mg 5

EN AW – Al Mg 3

EN AW – Al Mg 4,5 Mn 0,7

EN AW – Al Si legure

Grupa W 23: Toplinski obradive legure

EN AW - Al Mg 1 SiCu

EN AW – Al Si 1 MgMn

EN AC – Al SiMg ( castings)

EN AC – Al SiCu ( castings )

EN AW – Al Zn 4,5 Mg 1

Legura 5083 pripada u grupu toplinski neobradivih legura, grupa 22.

EN 287-2 se poziva na normu EN 288-4 kojom se reguliraju pravila za atestaciju postupka zavarivanja. Prema EN 288 – 4, ova legura pripada podgrupi 22.2

EN 287-2 definira raspon odobrenja za osnovne materijale:



Tablica 1. Raspon odobrenja za grupe materijala

Grupa materijala na kojemu se vrši atestacija	Raspon odobrenja		
	W21	W22	W23
W21	*	X	-
W22	X	*	-
W23	X	X	*

\* označava grupu materijala za koju je zavarivač odobren na atestaciji  
 x označava grupu materijala za koju je zavarivač također odobren  
 - označava grupu materijala za koju zavarivač nije odobren

## 2.2 RASPON ODOBRENJA ZA SUČELJENE SPOJEVE NA LIMOVIMA

Tablica 2. Raspon odobrenja za sučeljene spojeve na limovima

Detalji tipova spoja				Raspon odobrenja			
				Zavareno sa jedne strane (ss)		Zavareno sa dvije strane (bs)	
				Sa podlogom mb	Bez podloge nb	Sa žljebljenjem gg	Bez žljebljenja ng
Zavareno sa jedne strane (ss)	Sa podlogom mb	mb	*	-	X	-	
	Bez podloge nb	nb	X	*	X	X	
Zavareno sa obje strane (bs)	Sa žljebljenjem gg	gg	X	-	*	-	
	Bez žljebljenja ng	ng	X	-	X	*	

\* označava zavare na kojima je zavarivač atestiran  
 x označava zavare na kojima je zavarivač također odobren  
 - označava zavare za koje zavarivač nije odobren

## 2.3 DEBLJINE OSNOVNOG MATERIJALA

Raspon dimenzija osnovnog materijala je prikazan normom poglavlju 5.6

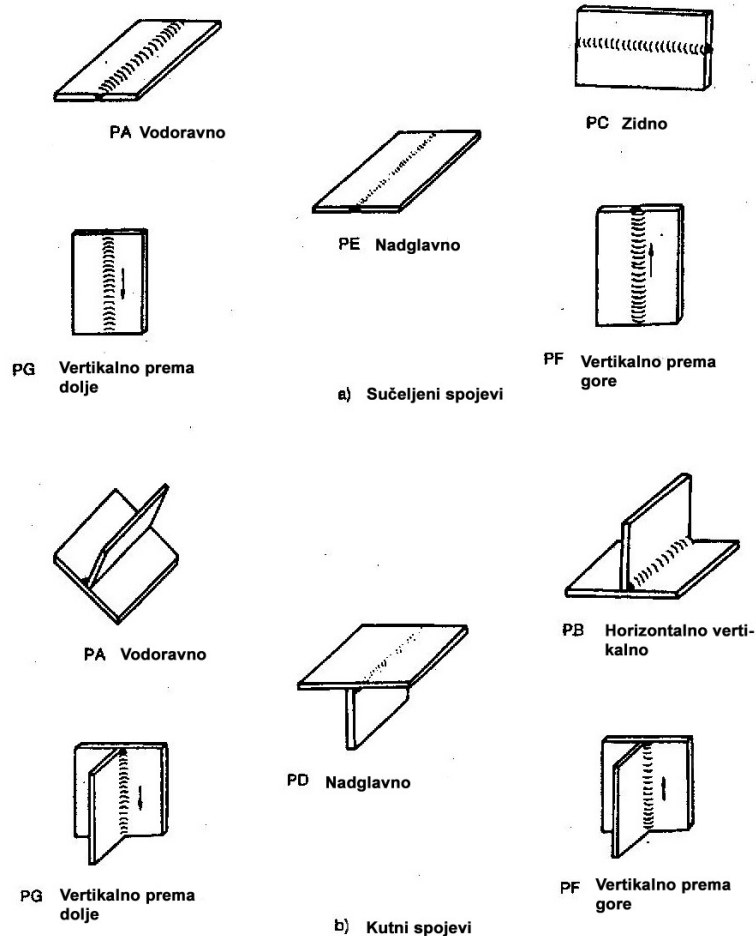
Tablica 3. Raspon odobrenja za debljine osnovnog materijala

Debljina atestnog uzorka t, u mm	Raspon odobrenja
$t \leq 6$	0,7 t do 2,5 t
$6 < t \leq 15$	$6 < t \leq 40^1$

<sup>1)</sup> Za debljine materijala iznad 40 mm, traži se poseban test. Takav test se treba označiti na atestu zavarivača.

Tablica 4. Raspon odobrenja za pozicije zavarivanja na limovima

			Raspon odobrenja									
			Sučeljeni spojevi					Kutni spojevi				
			PA	PC	PG	PF	PE	PA	PB	PG	PF	PD
Limovi	Sučeljeni spojevi	PA	*	-	-	-	-	X	X	-	-	-
		PC	X	*	-	-	-	X	X	-	-	-
		PG	-	-	*	-	-	-	-	X	-	-
		PF	X	-	-	*	-	X	X	-	X	X
		PE	X	X	-	X	*	X	X	-	X	X
	Kutni spojevi	PA	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-
		PB	-	-	-	-	-	X	*	-	-	-
		PG	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-
		PF	-	-	-	-	-	X	X	-	*	-
		PD	-	-	-	-	-	X	X	-	X	*



Slika 1. Pozicije zavarivanja prema EN 287-2



## 2.4 ISPITIVANJA

Tablica 5. Potrebna ispitivanja

METODA ISPITIVANJA	SUČELJENI SPOJ NA LIMU	KUTNI SPOJ
<b>Vizualno</b>	*	*
<b>Radiografija</b>	* <sup>1)</sup>	+
<b>Savijanje ili test kidanjem</b>	* <sup>2)</sup>	+
<b>Test lomljenjem</b>	* <sup>1)</sup>	* <sup>3),4)</sup>
<b>Makroskopsko ispitivanje ( bez poliranja)</b>	+	+ <sup>4)</sup>
<b>Ispitivanje penetrantima</b>	+	+

<sup>1)</sup>Traže se ili radiografija ili ispitivanje loma, ne oba.  
<sup>2)</sup>Ispitivanje kidanjem može zamijeniti ispitivanje savijanjem ( npr. za toplinski obradive legure kod kojih nema toplinske obrade nakon zavarivanja). Ispitivanje savijanjem ili kidanjem trebaju se koristiti samkod MIG zavarivanja (131) kao dodatak ispitivanju radiografijom.

\* označava da je ispitivanje obavezno  
+ označava da je ispitivanje opcija

Za izvedenu atestaciju su potrebna slijedeća ispitivanja:

### - VIZUALNO

Kriteriji prihvatljivosti grešaka kod atestacije zavarivača na aluminiju je standard EN 30042, klasa B, osim za greške slijedećeg tipa: prekomjerno nadvišenje zavara, prekomjerna konveksnost zavara, prekomjerna visina zavara i prekomjerna penetracija, za koje se primjenjuje klasa C.

### - RADIOGRAFIJA

Kriteriji prihvatljivosti grešaka je standard EN 30042, klasa B.

### - SAVIJANJE ZAVARA

Savijanje se izvodi na četiri epruvete koje se režu iz atestne ploče. Dvije epruvete se savijaju sa strane lica a dvije sa strane korijena. Površina zavara brušena je na nulu. Promjer trna za leguru 5083 H111 iznosi  $6 \times t = 30$  mm. Kut savijanja je 180°. Pri ispitivanju se ne smiju pojaviti pukotine veće od 3 mm u bilo kojem smjeru.

## 3. IZVEDBA ATESTACIJE

Atestacija zavarivača je izvedena na leguri 5083 H111. Ovo je legura aluminija sa magnezijem i manganom koja je nakon žarenja ravnata u meko stanje. Primjenjuje se u brodogradnji pri gradnji brodskih trupova. Debljina lima na atestaciji je 5 mm, a priprema je, zahvaljujući primjeni keramičke podloge izvedena bez skošenja. Priprema za zavarivanje je prikazana na slici 2, 3a i 3b. Zavarivanje je izvedeno u vertikalnom položaju, pod nadzorom Hrvatskog registra brodova.

Atestacija zavarivača je izvedena sa slijedećom opremom, dodatnim materijalima i plinom:

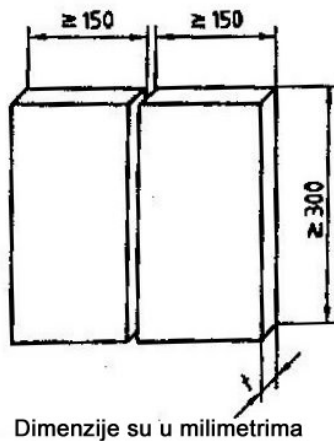
**STROJ:** FRONIUS TPS 2700  
**DODATNI MATERIJAL:** žica ESAB 5183, Ø 1.2 mm  
**PLIN:** Ar 100 %  
**KERAMIČKA PODLOGA:** GULLCO 1G 43AR

JOINT DESIGN / PRIPREMA SPOJA				WELDING SEQUENCES / REDOSLIJED ZAV.					
Run Prolaz	Process Postupak	Filler Mat. Thk Promjer dod.mat (mm)	Current Struja (A)	Voltage Napon (V)	Wire feed speed Brzina žice (m / min)	Type of current polarity Vrsta / tip struja AC / DC+,-	Travel Speed Brz. Zav. (cm/min)	Heat Input Unos topline (KJ/cm)	
1	131	1.2	100÷110	18÷18.5	N.P	DC+	20÷25	4.8- 5.4	

Slika 2. Izvadak iz WPS-a. Priprema za zavarivanje i parametri zavarivanja



Slika 3a i 3 b. Keramička podloga GULLCO 1G43 AR zaljepljena na aluminijsku atestnu ploču



Slika 4. Dimenzije atestne ploče prema EN 287 - 2



Slika 5a. Zavarivač zavaruje aluminijску atestnu ploču sa keramičkom podlogom



Slika 5b. Stroj Fronius TPS 2700 na kojem je izvedena atestacija



Slika 6. Epruvete nakon ispitivanja savijanjem

Tablica 6. Parametri na izvedenoj atestaciji sa rasponom odobrenja

	<b>PARAMETRI NA ATESTACIJI</b>	<b>RASPON ODOBRENJA</b>
<b>POSTUPAK</b>	131	131
<b>TIP SPOJA</b>	BW	BW, FW
<b>LIM / CIJEV</b>	LIM	LIM, CIJEV $\geq$ 500 mm
<b>POZICIJA</b>	PF	PF, PA, PB
<b>ŽLJEBLJENJE / PODLOGA</b>	ss-mb	ss-mb, bs-gg,
<b>DEBLJINA LIMA</b>	5 mm	3.5 – 12.5 mm
<b>GRUPA MATERIJALA</b>	W22	W22, W21

#### 4. ZAKLJUČAK

Sva ispitivanja su obavljena uspješno, što znači da je atestacija zavarivača uspješno izvedena, parametri zavarivanja uspješno odabrani, i što je najvažnije da zavarivač koji je zavarivao osposobljen za zavarivanje pozicije na kojoj je atestiran.