

# ANALIZA MEHANIČKIH SVOJSTAVA KOD NAVARIVANJA MATERIJALA P460NL1

## ANALYSIS OF BUTTERING ON MECHANICAL PROPERTIES OF WELDED MATERIAL P460NL1

Mario Jagnjić<sup>1</sup>, Dejan Marić<sup>2</sup>, Tomislav Šolić<sup>2</sup>, Aleksandar Bašić<sup>2</sup>, Mijat Samardžić<sup>2</sup>

1 Đuro Đaković Specijalna vozila, Mile Budaka 1, Slavonski Brod 35000, Hrvatska

2 University of Slavonski Brod, Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, Trg I. Brlić Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod, Hrvatska

**Ključne riječi:** navarivanje, zavarivanje, zazor, proizvodnja, mehanička svojstva

**Key words:** buttering, welding, gap, production, mechanical properties

**Sažetak:** U radu je opisano navarivanje u slučajevima kad je zazor veći od propisanog. Također naveden je postupak kojim se zavarivalo kao i norme po kojima se radilo. U eksperimentalnom dijelu provedeno je navarivanje lima P460NL1 te su ispitana mehanička svojstva navarenog dijela.

**Abstract:** The paper describes buttering in cases when the gap is greater than prescribed. The welding process as well as the standards according to which it was used are also stated. In the experimental part, the P460NL1 sheet metal was welded and the mechanical properties of the welded part were examined.

### 1 UVOD

U proizvodnji gdje se koristi zavarivanje, priprema zavarenog spoja je jedan od ključnih čimbenika. No ukoliko dođe do pogreške prilikom pripreme, odnosno ako je zazor između dva dijela preširok, nastaje problem. Uobičajeni način rješavanja problema je primjena navarivanja. Ovom metodom će se zazor značajno smanjiti. No moraju se poštivati norme i standardi kojima je propisan načina navarivanja. U ASME-u odjeljak IX jasno je definirano da je navarivanje dodavanje materijala zavarivanje na jednu ili obje strane [1].

Cilj ovog eksperimenta je ukazati na učinak navarivanja prije zavarivanja na zazoru od 10 mm.

### 2 OSNOVNI MATERIJAL P460NL1

Osnovni materijal korišten u eksperimentalnom dijelu rada je P460NL1. P460NL1 je sitnozrnati čelik koji se isporučuje u normaliziranim uvjetima kako bi se mogao koristiti kod proizvoda koji rade pod tlakom. Koristi se u proizvodnji spremnika, elektrana, plinskim projektima, naftnoj industriji. Čelik P460NL1 ima višu granicu razvlačenja i višu vlačnu čvrstoću, na taj način postiže se i veće dopušteno naprezanje. Primjenom navedenog čelika smanjuje se masa i volumen konstrukcije, što dovodi i do sniženja ukupnih troškova materijala i do manjeg utroška pogonske energije.

Zavarljivost čelika P460NL1 je zadovoljavajuća jer isti ima niži udio ugljika i ostalih legiranih elemenata. Kemijski sastav osnovnog materijala prikazan je u Tablici 1., dok su mehanička svojstva vidljiva iz Slike 1. [2].

Tablica 1. Kemijski sastav osnovnog materijala

element	C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Al	Nb+Ti+V
%	≤0,2	≤0,4	1,45	≤0,02	≤0,02	0,04	0,06	+	

#### Tensile Requirements - P460NL1

Product Thickness	Yield Strength MPa	Tensile Strength MPa	Elongation A%
up to 16 mm	460 min	570 to 730	17 min
16 to 40 mm	445 min	570 to 720	17 min
over 40 to 60 mm	430 min	570 to 720	17 min
over 60 to 100 mm	400 min	540 to 710	17 min


Slika 1. Mehanička svojstva osnovnog materijala

### 3 DODATNI MATERIJAL

Izbor dodatnog materijala bira se na osnovu kemijskih i mehaničkih svojstva osnovnog materijala. HRN EN ISO 14341:2012 Dodatni i potrošni materijali za zavarivanje - Žičane elektrode i depoziti za elektrolučno zavarivanje metalnom taljivom elektrodom u zaštiti plina za nelegirane i sitnozmate čelike je norma po kojoj se navedeno definira.

U ovom eksperimentu za dodatni materijal odabran je Carbofil Ni2, karakteristika prikazanih Slikom 2.

## CARBOFIL Ni2



**MIG-MAG Wires**  
**C-Mn and low-alloy steels**

Carbofil Ni2 is a copper coated solid wire suitable for the welding of alloyed steels, and 2%Ni steels for low temperature applications. Excellent mechanical properties.

Classification		Approvals	Grades
AWS	A5.28: ER 80S-Ni2		
EN	440: G 46 6 M G2Ni2		

**Analysis of all-weld metal (Typical values in %)**

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	V	N	Cu
0.08	1.10	0.50	≤ 0.020	≤ 0.020	-	2.50	-	-	-	-	-


**All-weld metal Mechanical Properties**

Heat Treatment	Yield Strength N/mm <sup>2</sup>	Tensile Strength N/mm <sup>2</sup>	Elongation A5 (%)	Impact Energy ISO - V (J) -60°C	Hardness
As Welded	≥ 470	550-680	≥ 20	≥ 47	-

Gas test: Acc. To EN 439: M21(Arcal 21-Atal 6)

**Shielding Gas:** Acc. To EN 439: M21(Arcal 21-Atal 6)

**Materials**  
SiP1275-SiP420

Storage	Current condition and welding position
Keep dry and avoid condensation.	DC + 

**Packaging data:** K300 Kg. 16

Diameters	0,8	1,0	1,2		

Slika 2. Dodatni materijal Carbofil Ni2 [3]

### 4 ZAŠTITNI PLIN

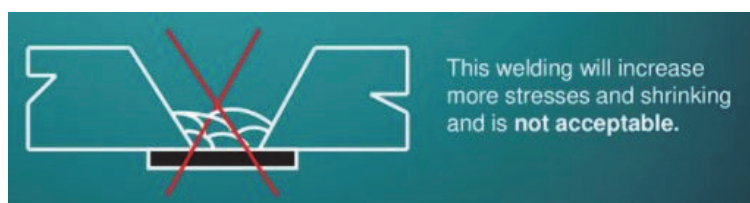
Zaštitni plin korišten pri eksperimentalnom radu je plinska mješavina oznake M21 (prema normi HRN EN ISO 14175:2008 Dodatni i potrošni materijali za zavarivanje - plinovi i plinske mješavine za zavarivanje i srodne postupke.) koja se sastoji od 82% Ar i 18% CO<sub>2</sub>. Protok zaštitnog plina pri zavarivanju je 15 l/min.

### 5 NAVARIVANJE EKSPERIMENT

U eksperimentalnom dijelu rada će biti prikazan proces i ispitivanje navarivanja zazor od 10mm. Također će biti prikazano što će se dogoditi ukoliko se umjesto navarivanja u definiranom slučaju odluči za primjenu postupka zavarivanja.

#### 5.1 Zavarivanje bez navarivanja

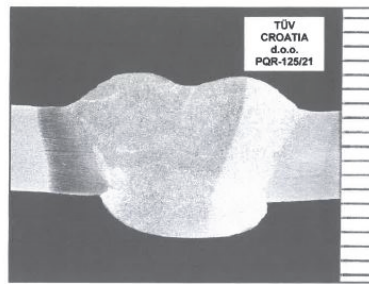
Ukoliko se odluči zavariti zazor od 10 mm bez prethodnog navarivanja može doći do problema prikazanih u nastavku. Slika 3. prikazuje zavarivanje bez prethodnog navarivanja. Slika 4. prikazuje makrostrukturu i ispitivanje tvrdoće, dok Slika 5. prikazuje mikrostrukturu zavarenog spoja.



Slika 3. Zavarivanje bez prethodnog navarivanja [5]

Zavaren je uzorak koji je imao zazor od 10mm.

**ISPITIVANJE STRUKTURE**  
Gefügeuntersuchung  
Macrostructure

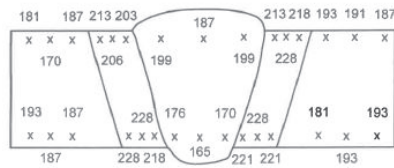


**SLIKA BROJ:**  
Bild Nr.  
Picture No. 1

**POVEĆANJE:**  
Vergrößerung  
Enlargement 4,35 x

**NAGRIZANJE:**  
Ätzung  
Acid nital 3%

**ISPITIVANJE TVRDOĆE HV 10**  
Härteprüfung  
Hardness testing



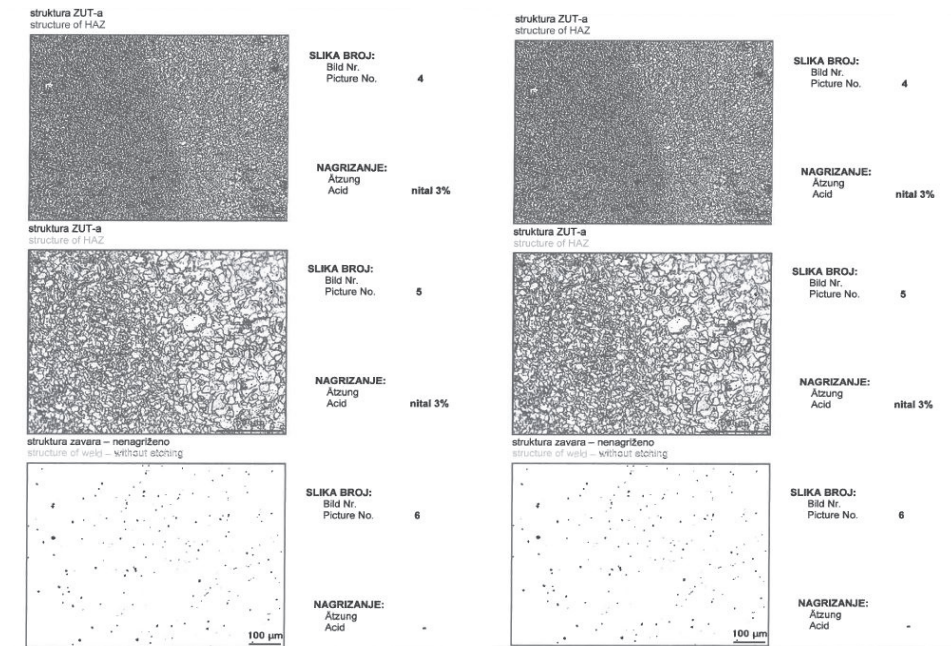
**SLIKA BROJ:**  
Bild Nr.  
Picture No.

**POVEĆANJE:**  
Vergrößerung  
Enlargement

**NAGRIZANJE:**  
Ätzung  
Acid

Slika 4. Makroispitivanje i ispitivanje tvrdoće (Đuro Đaković Specijalna Vozila)

Vidljivo je prema makrostrukтури da struktura zavara nije kakva bi trebala biti. Analizom mikrostrukture može se uočiti i analizirati što se točno događa u ZUT-u i u zavaru.



Slika 5. Snimke mikrostrukture (Đuro Đaković Specijalna Vozila)

UDARNA RADNJA LOMA Impact test					
POLOŽAJ UZORKA Position	PRESJEK Section size	VRSTA PROBE Type of Specimen			ISO V
		TEMPER			
	mmXmm	J	J/cm2	Presj. vrij. AV. Value	
19	20	21	22	23	
VWT 0/0,5	5,0 X 8,0	23	57,5	61,7	
	5,0 X 8,0	27	67,5		
	5,0 X 8,0	24	60,0		
VHT 1/0,5	5,0 X 8,0	11	27,5	32,5	
	5,0 X 8,0	11	27,5		
	5,0 X 8,0	17	42,5		

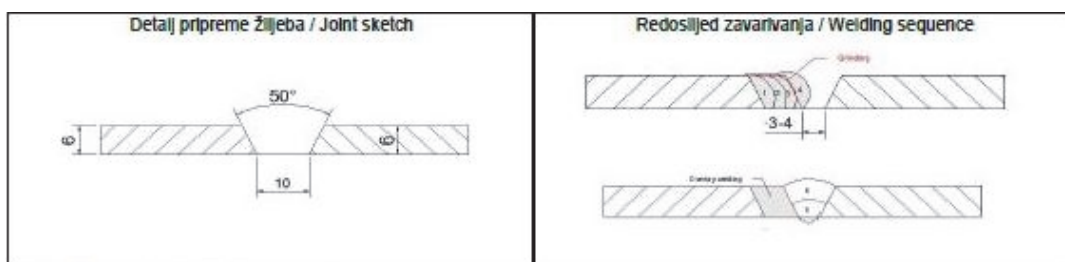
Slika 6. Udarna radnja loma (Đuro Đaković Specijalna Vozila)

Vidljivo je i prema mikroispitivanju da dolazi do pogrubljenja zrna. Također struktura se sastoji od ikularnog (igličastog) ferita i Widmanstattenovog ferita. Stoga i rezultati na udarnoj radnji loma nisu dobri. Slika 6. prikazuje rezultate dobivene provedenim mjerenjem udarne radnje loma.

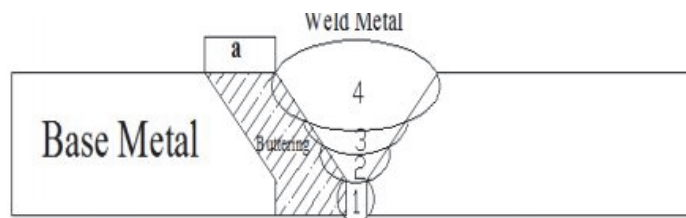
Zaključak je da se ne smiju zavarivati zazoru od 10 mm jer se drastično smanjuju mehanička svojstva zavara i ZUT-a.

## 5.2 Navarivanje

Navarivanje se izvodi prema normi EN ISO 15614-7. Također navarivanje je definirano i u ASME, odjeljak IX. U ovom odjeljku je definirana i maksimalna debljina navarivanja. Ako je materijal debljine 10 mm, dopuštena debljina navarivanja je najviše 10 mm, ali u praksi se dopušta i do 15mm [5]. Slike 7. i 8. prikazuju pripremu zavarenog spoja za provedbu navarivanja.



Slika 7. Priprema zavarenog spoja (Đuro Đaković Specijalna Vozila)

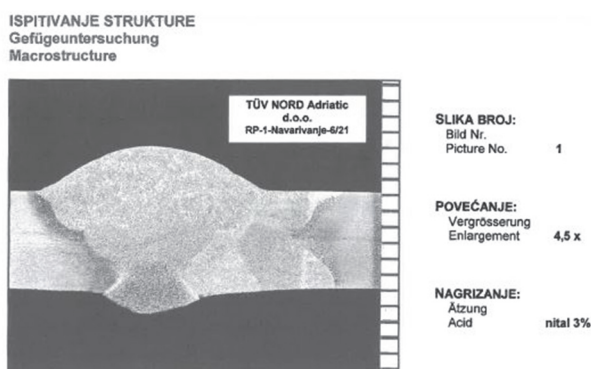


Slika 8. Priprema zavarenog spoja [5]

Navaruje se jedna stranu lima, a koristi se slijedeći postupak i parametri:

- postupak: MAG (135),
- materijal: P460NL1,
- dimenzija lima: 6 x 150 x 300,
- dodatni materijal: Carbofil Ni2 Ø1,2 mm,
- struja: 120A,
- napon: 18V,
- protok plina: 15l/min,
- brzina zavarivanja: 40 - 50cm/min,
- prilikom zavarivanja slijedećeg sloja provodi se izravnjanje s kosim brušenje od 30°,
- međuprolaznu temperatura: ne manja od 60 °C [5],
- broj navarenih slojeva: 4 (4 prolaza).

Nakon navarivanja odrađuje se priprema za zavar koji je predviđen prema dokumentaciji te se shodno tome može krenuti u zavarivanje.



Slika 9. Makrostruktura poslije navarivanja i zavarivanja (Đuro Đaković Specijalna Vozila)

Rezultati navarivanja su vidljivi u nastavku. Slika 9. prikazuje makrostrukturu poslije provedenog navarivanja i zavarivanja, dok Slika 10. prikazuje rezultate ispitivanja udarne radnje loma.

Ovo ispitivanje služi prvenstveno kako bi se vidjela fuzija metala zavara i širina zavarivanja u ZUT-u.

UDARNA RADNJA LOMA Impact test				
POLOŽAJ UZORKA Position	PRESJEK Section size	VRSTA PROBE Type of Specimen		
		TEMPER -20 °C		
	mmXmm	J	J/cm2	Pros. vrij. AV.Value
19	20	21	22	23
VWT 0/0.5	5,0 X 8,0	28	70,0	76,7
	5,0 X 8,0	38	95,0	
	5,0 X 8,0	26	65,0	
VHT 1/0.5	5,0 X 8,0	67	167,5	155,8
	5,0 X 8,0	62	155,0	
	5,0 X 8,0	58	145,0	

Slika 10. Udarna radnja loma (Đuro Đaković Specijalna Vozila)

Ispitivanje na udarnu radnju loma pokazalo je da su mehanička svojstva kod navarivanja odlična te nije došlo do pada svojstava kao u slučaju zavarivanja.

## 6 ZAKLJUČAK

Navarivanje se primjenjuje u svim granama industrije i od velike je važnosti. Navarivanjem se mogu uštedjeti i vrijeme i novac, ali također navarivanje je složeno i komplicirano te se mora ozbiljno shvatiti. U eksperimentalnom dijelu rada provedena je usporedba samog postupka zavarivanja i navarivanje sa dodatnim zavarivanjem zazora od 10 mm. Provedbom ispitivanja i analizom rezultata, vidljiva su odlična mehanička svojstva zbog kojih se navarivanje. Kod zavarivanja zazora od 10 mm dolazi do promjene u strukturi čelika, uz znatno lošija mehanička svojstva. Najpoželjnije je izbjeći potrebu za navarivanjem u slučajevima poput prikazanog u eksperimentalnom dijelu rada, a to se može postići ukoliko se više pažnje posveti pripremi zavarenog spoja i montaži.

## 7 LITERATURA

- [1] Norsok M101 Rev.5 2011
- [2] Golubić S, Tehnički Materijali 1 dio metalni materijali (Bjelovar 2019)
- [3] www.oerlikon-welding.com
- [4] Flatas Eddie 22.02.2019 (<https://slideplayer.com/slide/15852925/>)
- [5] IPTEK, Journal of Proceeding Series, Vol. 1, 2014 (eISSN: 2354-6026)