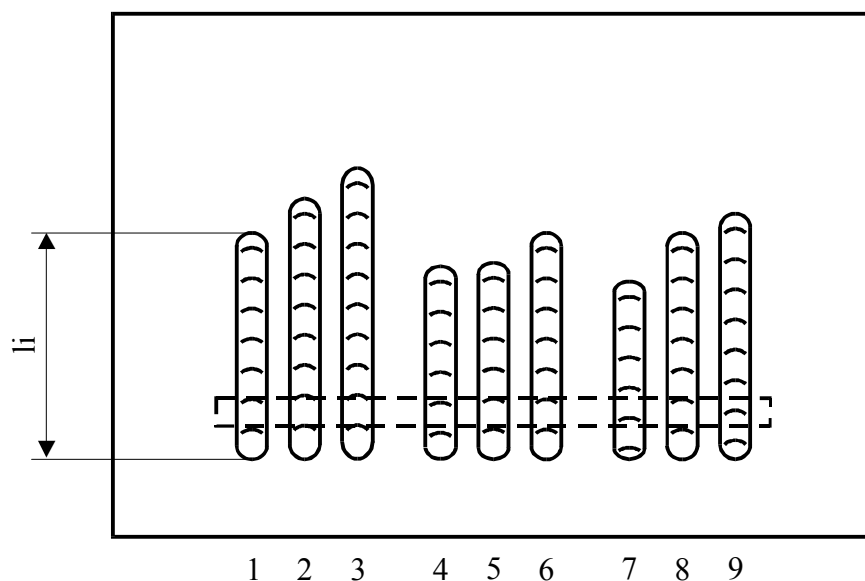


4.1 KVANTIFIKACIJA KOLIČINE NATALJENOG MATERIJALA U OVISNOSTI O VRSTI PRAŠKOM PUNJENE ŽICE I VRSTI ELEKTRIČNOG LUKA KOD MAG POSTUPKA ZAVARIVANJA

Ovaj dio eksperimenta proveden je s ciljem utvrđivanja utjecaja vrste praškom punjene žice na količinu nataljenog dodatnog materijala u jedinici vremena (produktivnost) pri različitim parametrima zavarivanja, kao i utjecaja parametara zavarivanja na količinu nataljenog dodatnog materijala kod iste žice.

Zavarivanje je provedeno uz tri različite žice, gdje se sa svakom zavarivalo pri različitim parametrima s ciljem postizanja različitih načina prijenosa metala u električnom luku, pa je tako prvi navar zavarivan kratkim lukom, drugi mješovitim a treći štrcajućim.

Navari su polagani na limenu ploču dimenzija 600x200x12 mm, kvalitete 15Mo3 prethodno očišćene od nečistoća i korozije. Izgled ploče s navarima prikazan je na slici 4.1, iz koje su nakon zavarivanja plinski izrezani uzorci za makro analizu.



Slika 4.1 Izgled probne ploče s dužinama izvlačenja

Zavarivanje je trajalo jednu minutu i izvedeno je na uređaju LAH 500 tvrtke ESAB sa dodavačem A10 – MED 44. U tablici 4.1 su dane korištene žice za zavarivanje.

TIP ŽICE	Oznaka žice prema standardu	Promjer žice Ø (mm)	Trgovačka oznaka	Proizvođač
PUNA ŽICA	SGMo (DIN 8574)	1.2	DMo-IG	Böhler
RUTILNIM PRAŠKOM PUNJENA ŽICA	SGMo (DIN 8574)	1.2	DMo-TiFD	Böhler
BAZIČNIM PRAŠKOM PUNJENA ŽICA	SGMo (DIN 8574)	1.2	DMoKbFD	Böhler

Tablica 4.1 *Korištene žice za zavarivanje navara MAG postupkom zavarivanja*

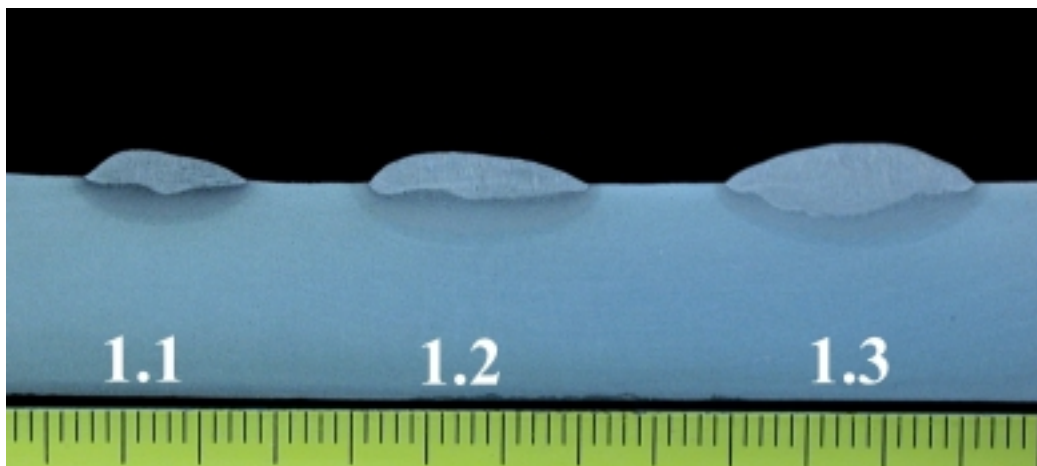
Vrijednosti parametra zavarivanja za primjenjivane žice prikazane su u tablici 4.2.

Vrsta luka	Parametri zavarivanja	Rutilnim praškom punjena žica	Bazičnim praškom punjena žica	Puna žica
Kratki luk	Broj navara	1.1	2.1	3.1
	Jakost struje, I (A)	165	175	125
	Napon električnog luka, U (V)	27	25	20
	Brzina dovođenja žice, v (m/min)	6.5	5	3
	Promjer žice, Ø (mm)	1.2	1.2	1.2
	Količina zaštitnog plina, (l/min)	15	15	12
	Polaritet (+ / -)	(+)	(-)	(+)
Mješoviti luk	Broj navara	1.2	2.2	3.2
	Jakost struje zavarivanja, I (A)	240	240	190
	Napon električnog luka, U (V)	30	26.5	23
	Brzina dovođenja žice, v (m/min)	11	7.5	5.5
	Promjer žice, Ø (mm)	1.2	1.2	1.2
	Količina zaštitnog plina, (l/min)	16	18	14
	Polaritet (+ / -)	(+)	(-)	(+)
Štrcajući luk	Broj navara	1.3	2.3	3.3
	Jakost struje, I (A)	296	300	280
	Napon električnog luka, U (V)	34	32.5	27
	Brzina dovođenja žice, v (m/min)	9.4	9.5	11.5
	Promjer žice, Ø (mm)	1.2	1.2	1.2
	Količina zaštitnog plina, (l/min)	18	20	16
	Polaritet (+ / -)	(+)	(-)	(+)

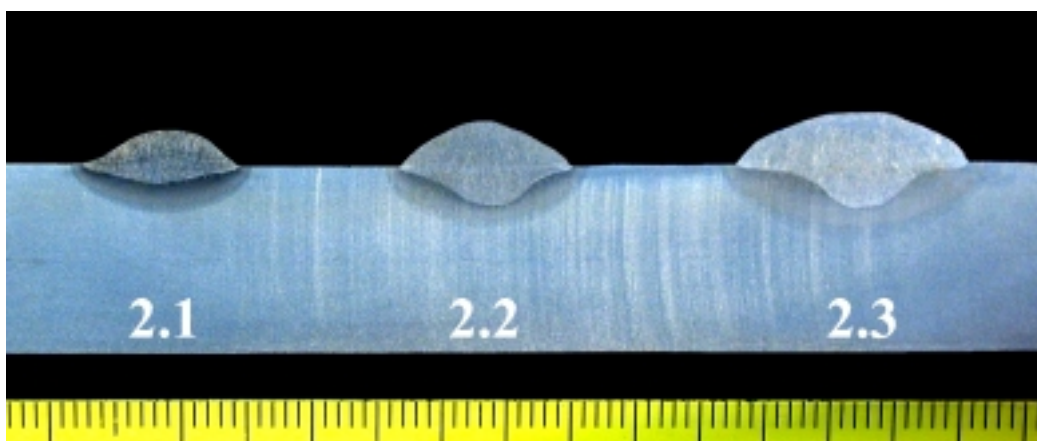
Tablica 4.2 Parametri kod MAG postupka zavarivanja

Iz ploče su izrezani uzorci koji su metalografski pripremljeni najprije brušenjem (s nekoliko granulacija), a potom nagrivanjem s 5 postotnom nitalnom kiselinom. Na tako pripremljenim uzorcima izmjerene su određene veličine potrebne da se izračuna količina nataljenog materijala.

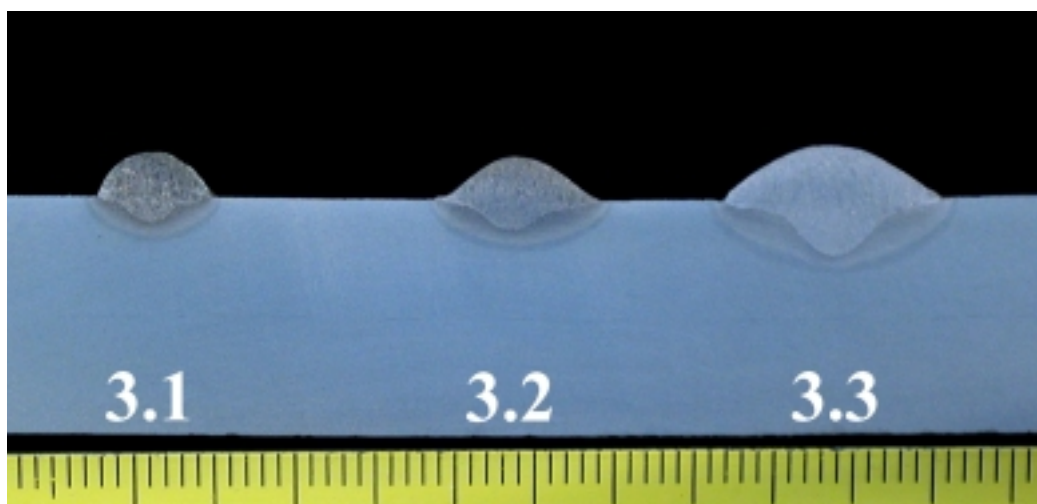
Na fotografijama je prikazan izgled pripremljenih uzoraka.



Slika 4.2 Fotografija uzorka 1



Slika 4.3 Fotografija uzorka 2



Slika 4.4 Fotografija uzorka 3

Površina navara je izračunata uz primjenu izraza za kružni odsječak. Vrijednosti potrebne za izračunavanje površine očitane su pri znatnom povećanju presjeka navara s aproksimacijom luka navara, pa su očitane vrijednosti zadovoljavajuće točnosti.

a- širina navara, mm

b- nadvišenje navara, mm

c- dubina navara, mm

r - polumjer zakrivljenosti nadvišenja navara, mm

l- duljina izvlačenja navara, mm

φ - središnji kutovi u stupnjevima, °

φ - središnji kutovi u radijanima, rad

Veličine a, b, c i l su izmjerene na makro uzorcima, a ostale veličine se izračunavaju iz sljedećih jednadžbi.

$$r = \frac{a^2 + 4 \cdot b^2}{8 \cdot b}, \text{ mm}$$

$$\sin \varphi = \frac{a \cdot (r - b)}{r^2}$$

$$\hat{\varphi} = \frac{\pi}{180} \cdot \arcsin \varphi, \text{ rad}$$

Površina poprečnog presjeka navara računa se prema izrazu:

$$A_n = \frac{r^2}{2} \cdot (\hat{\varphi} - \sin \varphi), \text{ mm}^2$$

Volumen navara izračunava se prema izrazu:

$$V = A_n \cdot l, \text{ mm}^3$$

Uz pretpostavku da je gustoća materijala navara $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$, masa nataljenog materijala računa se prema izrazu:

$$m = \rho \cdot V, \text{ kg}$$

Količina nataljenog materijala u jedinici vremena računa se prema izrazu:

$$\dot{m} = \frac{m}{t}, \text{ kg/min}$$

Primjer izračunavanja količine nataljenog materijala:

Navar zavarivan rutilnom punjenom žicom, kratkim lukom (uzorak 1, navar 1)

Zadane veličine:

$$a = 10.55 \text{ mm}, b = 1.88 \text{ mm}, c = 0.694 \text{ mm}, l = 310 \text{ mm}, t = 1 \text{ minuta}$$

$$r = \frac{a^2 + 4 \cdot b^2}{8 \cdot b} = \frac{10.55^2 + 4 \cdot 1.88^2}{8 \cdot 1.88} = 8.34 \text{ mm}$$

$$\sin \varphi = \frac{a \cdot (r - b)}{r^2} = \frac{10.55 \cdot (8.34 - 1.88)}{8.34^2} = 0.9809$$

$$\widehat{\varphi} = \frac{\pi}{180} \cdot \arcsin \varphi = \frac{\pi}{180} \cdot \arcsin 0.9809 = 1.374 \text{ rad}$$

$$A_n = \frac{r^2}{2} \cdot (\widehat{\varphi} - \sin \varphi) = \frac{8.34^2}{2} \cdot (1.374 - 0.9809) = 13.67 \text{ mm}^2$$

$$V = A_n \cdot l = 13.67 \cdot 310 = 4238 \text{ mm}^3$$

$$m = \rho \cdot V = 7850 \cdot 4238 \cdot 10^{-9} = 0.03327 \text{ kg}$$

$$\dot{m} = \frac{m}{t} = \frac{0.03327}{1} = 0.03327 \text{ kg/min}$$

$$k_t = 60 \cdot \dot{m} = 60 \cdot 0.03327 = 1.996 \text{ kg/h}$$

Analognim postupkom se dobiju i količine nataljenog materijala za ostale navare.

U tablici 4.3 su prikazane izmjerene vrijednosti navara, a u 4.4 izračunate na već poznat način.

Broj navara	Izmjerene vrijednosti			
	a, (mm)	b, (mm)	c, (mm)	Duljina izvlačenja, (mm)
1.1	10.55	1.88	0.694	310
1.2	15	2.22	1.11	345
1.3	16.66	3.05	1.66	385
2.1	11.71	2.34	1.42	255
2.2	12.85	3.14	2.28	260
2.3	17.42	4	2.28	300
3.1	7.34	2.76	1.06	235
3.2	10.21	2.23	1.19	300
3.3	13.61	3.29	2.12	325

Tablica 4.3 Izmjerene vrijednosti navara

Broj navara	Izračunate vrijednosti navara				
	r, (mm)	sin φ	φ	A, (mm ²)	k _t , (kg depozita/h)
1.1	8,34	0,9809	1,374	13,67	2,0
1.2	13,76	0,9136	1,15	22,61	3,647
1.3	12,89	0,9860	1,40	34,70	6,292
2.1	8,49	0,9988	1,52	18,86	2,255
2.2	8,14	0,9695	1,81	28,17	3,415
2.3	11,49	0,9887	1,72	48,37	6,825
3.1	3,81	0,5273	2,58	14,99	1,655
3.2	6,95	0,9969	1,64	15,76	2,195
3.3	8,67	0,9728	1,80	31,27	4,767

Tablica 4.4 *Izračunate vrijednosti navara*