

5. Laboratorijska vaja: Varjenje tankih pločevin

1. NALOGA

Izvedite preizkusno varjenje tankih pločevin v sočelnem spoju brez špranje. Varjenje izvedite po različnih postopkih MIG/MAG in TIG. Med varjenjem merite varilni tok in obločno napetost. Opazujte in pojasnite v katerih primerih se pojavi brizganje. Izračunajte:

- srednjo moč varilnega obloka P_{avg} [VA],
- tehnološke čase varjenja t_t [min/m],
- porabo dodatnega materiala q [g/m],
- porabo zaščitnega plina Q [g/m],
- porabo električne energije E [kWh/m] in
- materialne stroške varjenja C_v [EUR/m].

Za izračun uporabite podatke iz preglednice 1, manjkajoče vrednosti določite sami (v poročilu navedite tudi vir informacij).

Preglednica 1 Vrednosti za izračun

	MIG/MAG	TIG
Povprečna moč prostega teka $P_{\text{prosti tek}}$ [kW]	0,2	0,1
Cena dodatnega materiala C_{DM} [€/kg]	3	2,5
Čas zakasnitve t_z [s]	2	7
Cena varilne ure varilca C_v [EUR/h]		
Cena električne energije C_E [EUR/k Wh]		

2. OPREMA

zaščitni plin: CO ₂ , Ar+CO ₂ , Ar	Osciloskop: Agilent DSO 3024
Dodatni material: VAC 60 ϕ 1.2 mm	Tokovne klešče: karakteristika _____
Osnovni material: _____, debelina: __ mm	Shunt: karakteristika _____
viri varilnega toka: _____	delilnik napetosti: karakteristika _____
_____	tehtnica: Mettler Toledo, štoparica, meter

3. POSTOPEK

- Izvedite postopek spajanja tankih pločevin v soležnem spoju z različnimi postopki in opravite meritev veličin, ki so podane v preglednici 2.
- Opišite postopek varjenja za vsakega od postopkov in podajte vizualno oceno izdelanih zvarnih spojev.
- Izdelajte stroškovno analizo za vsakega izmed postopkov z uporabo enačb v poglavju 4.

REZULTATI IN DISKUSIJA

- Izrišite grafe poteka varilnega toka in obločne napetosti v časovni odvisnosti za vsakega izmed obravnavanih postopkov varjenja.

Preglednica 2 Rezultati meritev

Postopek				
čas varjenja t_v [s]				
dolžina vara L_v [mm]				
masa varjenja pred varjenjem M_{po} [g]				

masa varjenca po varjenju M_{p1} [g]				
pretok plina q_p [l/min]				
Varilni tok I_v [A]				
Obločna napetosti U_v [V]				

4. REZULTATI IN DISKUSIJA

Masa navara

$$M_n = M_{p1} - M_{p0} \quad [g] \quad (4.1)$$

Tehnološki čas varjenja za dolžinski meter zvara:

$$t_t = \frac{t_v}{L_v} \quad \left[\frac{\text{min}}{\text{m}} \right] \quad (4.2)$$

Poraba dodatnega materiala za dolžinski meter zvara

$$q = \frac{M_n}{L_v} \quad \left[\frac{g}{m} \right] \quad (4.3)$$

Poraba zaščitnega plina za dolžinski meter zvara, pri tem upoštevajte ustrezno gostoto zaščitnega plina, ki so podane v preglednici 3

$$Q = \frac{M_{pp}}{L_v} \quad \left[\frac{g}{m} \right] \quad (4.4)$$

$$M_{pp} = q_p \cdot \rho_p \cdot (t_v + t_z) \quad [g] \quad (4.5)$$

Preglednica 3 Gostota zaščitnih plinov

Zaščitni plin	gostota ρ_p [kg/m ³]
CO ₂	1,977
CO ₂ +Ar	1,8155
Ar	1,78

Čas varjenja se razlikuje odvisno od postopka varjenja. Izračunajte ga po enačbi

$$t_{N,MIG/MAG} = 1,3 \cdot t_v \quad [s] \quad (4.6)$$

$$t_{N,TIG} = 1,5 \cdot t_v \quad [s] \quad (4.7)$$

$$I_v = F\check{S} \cdot \Delta U \quad [A] \quad (4.8)$$

$$U_v = U \cdot DN \quad [V] \quad (4.9)$$

Povprečna moč varilnega oblaka

$P_{oblok} = U_V \cdot I_V \quad [W]$	(4.10)
$P_{pogon \ žice} = 0,05 \cdot P_{oblok} \quad [W]$	(4.11)

Poraba električne energije za dolžinski meter zvara in poraba električne energije za izdelavo zvara:

$E = \frac{(P_{oblok} + P_{prosti \ tek} + P_{pogon \ žice}) \cdot t_v}{L_v} \quad \left[\frac{Wh}{m} \right]$	(4.12)
$E' = (P_{oblok} + P_{prosti \ tek} + P_{pogon \ žice}) \cdot t_v \quad [Wh]$	(4.13)

Materialni stroški varjenja za dolžinski meter zvara, pri tem ceno zaščitnega plina razberete iz preglednice

4

$C_m = \frac{C_V \cdot t_N + C_{DM} \cdot M_n + C_p \cdot M_{pp} + C_E \cdot E'}{L_v} \quad \left[\frac{EUR}{m} \right]$	(4.14)
---	---------

Preglednica 4 Cena zaščitnega plina

	CO ₂	Ar
Cena zaščitnega plina C _p [€/kg]	0,85	5,5*

* cena mešanice na kilogram ArCO₂:82%18% je enaka ceni 100% Ar

Rezultate izračunov za različne postopke varjenja predstavite v preglednici 5.

Preglednica 5 Rezultati izračunov

Postopek varjenja	q [g/m]	t _t [min/m]	I _v [A]	U _v [V]	E [Wh/m]	C _m [EUR/m]

Vizualno oceno zvarnih spojev podajte v preglednici 6.

Preglednica 6 Vizualna ocena zvarnih spojev

Postopek varjenja	Vizualna ocena zvarnega spoja

5. ZAKLJUČEK

6. UPORABLJENI SIMBOLI

I_v	A	Varilni tok
FŠ	A/mV	Faktor shunta
U_v	V	Obločna napetost
I_{RMS}	A	RMS vrednost varilnega toka
U_{RMS}	V	RMS vrednost obločne napetosti
ΔU	V	Izmerjena vrednost padca napetosti
U	V	Izmerjena vrednost napetosti
P_{oblok}	W	Povprečna moč obloka
$P_{pogon\ žice}$	W	Povprečna moč pogona žice
$P_{prosti\ tek}$	W	Povprečna moč prostega teka
E	Wh/m	Porabljena energija obloka na meter zvara
E'	Wh	Porabljena energija obloka
L_v	m	Dolžina zvara
t_v	s	Čas varjenja
DN	/	Faktor delilnika napetosti
M_n	g	Masa navara (masa porabljenega dodatnega materiala)
M_{p1}	g	Masa varjenca po varjenju
M_{p0}	g	Masa varjenca pred varjenjem
t_t	min/m	Tehnološki čas varjenja
q	g/m	Poraba dodatnega materiala za dolžinski meter zvara
Q	g/m	Poraba zaščitnega plina za dolžinski meter zvara
M_{pp}	g	Masa porabljenega zaščitnega plina
q_p	m ³ /min	Volumski pretok zaščitnega plina
ρ_p	kg/m ³	Gostota zaščitnega plina
t_z	s	Čas zakasnitve
C_m	EUR/m	Cena varjenja na dolžinski meter zvara
C_v	EUR/h	Cena varilne ure varilca
C_{DM}	EUR/kg	Cena dodatnega materiala na enoto mase
C_p	EUR/g	Cena zaščitnega plina na enoto mase
C_E	EUR/k Wh	Cena električne energije