

### 3. Laboratorijska vaja: STROŠKI PRI VARJENJU

#### 1. NALOGA

Za pripravljen zvarni rob na jeklenem varjencu po standardu EN ISO 9692 1. in 2. del, določi stroške varjenja dolžine vara L po postopku/kih varjenja. Ugotovi in primerjaj:

- količino potrebnega dodatnega materiala na enoto dolžine,
- strošek varjenja na enoto mase,
- strošek varjenja na enoto dolžine,
- skupne stroške varjenja za izdelavo zvara dolžine - l,
- potrebno količino porabljenega dodatnega materiala za izdelavo zvara dolžine - l,
- potreben čas varjenja (delovnih dni, ur),
- čas amortizacije s prihranki v primeru nakupa nove opreme, če primerjaš spajanje

Za izračun uporabite podatke, ki so podani v predlogi 6.1, manjkajoče podatke, ki so podani v tabeli pa pridobite od proizvajalcev oz. dobaviteljev.

Cena dodatnega materiala (žica/elektrode) - $C_{DM}$ [EUR/kg]	
Cena varilnega praška - $C_{PRAŠEK}$ [EUR/kg]	
Cena zaščitnega plina - $C_{PLIN}$ [EUR/kg]	
Gostota zaščitnega plina - $\rho_{PLIN}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	
Cena električne energije [EUR/kWh]	
Izkoristek varilnega vira - $\eta_{VIR}$ [%]	
Cena delovne ure varilca - $C_{DS}$ [EUR/h]	
Strošek nakupa varilne opreme - $S_{OPREMA}$ [EUR]	

#### 2. OPREMA

#### 3. POSTOPEK

#### 4. REZULTATI IN DISKUSIJA

4.1. Strošek varjenja na enoto mase porabljenega dodatnega materiala

- Strošek porabe dodatnega materiala

$$S_{DM} = \frac{C_{el}}{\eta_{DM}} \left[ \frac{EUR}{g} \right] \quad (4.1)$$

- Strošek varilnega praška

$$S_{PRAŠEK} = C_{PRAŠEK} \cdot m_{PRAŠEK} \left[ \frac{EUR}{g} \right] \quad (4.2)$$

- Strošek porabe plina

$$S_{PLIN} = \frac{\dot{V}_{PLIN} \cdot C_{PLIN} \cdot \rho_{PLIN}}{M} \left[ \frac{EUR}{g} \right] \quad (4.3)$$

- Strošek porabljene energije na enoto mase izdelanega vara

$$S_{ENERGIJA} = \frac{C_E \cdot U_V \cdot I_V}{M \cdot \eta_{VIR}} \quad \left[ \frac{EUR}{g} \right] \quad (4.4)$$

- Delo in stroški obratovanja

$$S_{DSO} = \frac{C_{DS}}{M \cdot O_F} \quad \left[ \frac{EUR}{kg} \right] \quad (4.5)$$

Operacijski faktor je razmerje med časom gorenja obloka in celotnim časom dela. Običajno je izražen v procentih [%]. Znaša med 30 – 50 %, odvisno od vrste postopka varjenja. Povprečne vrednosti operacijskih faktorjev za posamezne postopke varjenja so podane v prilogi 6.3.

- Strošek varjenja na enoto mase porabljenega dodatnega materiala

$$S_G = S_{DSO} + S_{DM} + S_{PRASEK} + S_{PLIN} + S_{ENERGIJA} \quad \left[ \frac{EUR}{g} \right] \quad (4.6)$$

#### 4.2. Strošek varjenja na enoto dolžine izdelanega zvara

$$S_M = S_G \cdot \rho \cdot S \quad \left[ \frac{EUR}{m} \right] \quad (4.7)$$

#### 4.3. Celoten strošek varjenja za izdelavo zvara dolžine - l

$$S_{VARJENJE} = S_M \cdot l \quad [EUR] \quad (4.8)$$

#### 4.4. Porabljena količina dodatnega materiala za izdelavo zvara dolžine – l

- Količina potrebnega dodatnega materiala

$$m_{dm} = F \cdot S \cdot \rho \quad \left[ \frac{kg}{m} \right] \quad (4.9)$$

F je dodatek za teme in koren zvara, za katerega lahko ob poenostavitvi predpostavimo vrednost 1,1. Enačbe za izračun površine preseka zvara so podane v prilogi 6.2.

- Porabljena količina dodatnega materiala za izdelavo zvara dolžine – l

$$M_{DM} = \frac{m_{DM} \cdot l}{\eta_{DM}} \quad [kg] \quad (4.10)$$

- Potrebna količina varilnega praška za izdelavo zvara dolžine - l

$$M_{PRASEK} = m_{PRASEK} \cdot m_{DM} \cdot l \quad [kg] \quad (4.11)$$

## 4.5. Čas varjenja, ki je potreben za izdelavo zvara dolžine - l

$$t_{VARJENJE} = \frac{m_{DM} \cdot l}{M \cdot O_F \cdot \eta_{DM}} \quad [h] \quad (4.12)$$

## 4.6. Čas amortizacije

Amortizacijo opreme določa potreben čas, da bodo prihranki zaradi zamenjave tehnologije povrnili strošek nakupa opreme za novo tehnologijo. Prihranki predstavljajo vrednost, ki jo dobimo če primerjamo strošek varjenja na enoto mase porabljenega dodatnega materiala –  $S_g$  za dva različna postopka varjenja.

V kolikor vaš preračun predvideva primerjavo izdelave zvarnega spoja z različno pripravo zvarnega robu za prihranke upoštevajte vrednost, ki bi jo dobili z ustrezno optimizacijo varilnih parametrov (npr. večji talilni učinek, izkoristek energije itd.)

$$t_{AMORTIZACIJA} = \frac{S_{OPREMA}}{P_{PRIHRANKI} \cdot O_F \cdot M} \quad [h] \quad (4.13)$$

Preglednica 1: Rezultati \_\_\_\_\_

Strošek varjenja na enoto mase porabljenega dodatnega materiala - $S_G$	
Strošek varjenja na enoto dolžine izdelanega zvara - $S_M$	
Celoten strošek varjenja za izdelavo zvara dolžine - $S_{VARJENJE}$	
Porabljena količina dodatnega materiala za izdelavo zvara dolžine l - $M_{DM}$	
Čas varjenja, ki je potreben za izdelavo zvara dolžine l - $t_{VARJENJE}$	
Čas amortizacije – $t_{AMORTIZACIJA}$	

Preglednica 2: Rezultati \_\_\_\_\_

Strošek varjenja na enoto mase porabljenega dodatnega materiala - $S_G$	
Strošek varjenja na enoto dolžine izdelanega zvara - $S_M$	
Celoten strošek varjenja za izdelavo zvara dolžine - $S_{VARJENJE}$	
Porabljena količina dodatnega materiala za izdelavo zvara dolžine l - $M_{DM}$	
Čas varjenja, ki je potreben za izdelavo zvara dolžine l - $t_{VARJENJE}$	
Čas amortizacije – $t_{AMORTIZACIJA}$	

5. ZAKLJUČEK

## 6. PRILOGE

## 6.1. Podatki za izračun

	Oblika zvarnega spoja	Kot vara [°]	Dolžina zvara - l [mm]	Debelina varjenca - d [mm]	Postopek varjenja (a-t)
1	X,V	50	1000	10	—
2	V	40,60	2000	4	—
3	I,V	50	5000	6	—
4	I,V	60	2500	8	—
5	Y,V	40	6000	5	—
6	Y,V	60	3500	5	—
7	Y,I	40 (Y)	9000	8	—
8	Y,I	60 (Y)	4800	8	—
9	X,Y	60	6500	30	—
10	X,Y	60	8000	25	—
11	I	/	800	7	—, —
12	V	50	1200	3	—, —
13	Y	60	6400	30	—, —
14	X	40	7200	20	—, —

Za višino –b in širino špranje – a izberite srednjo vrednost.

	Dodajni material	Varilni tok [A]	Varilna napetost [V]	Talilni učinek [g/s]	Ostane dodajnega materiala [mm]	Izkoristek dodajnega materiala [%]	Izkoristek energije [%]
a	oplaščena elektroda EVB50 $\phi$ 3,25 x 350 mm	120	22	0,2	50	120	0,8
b	oplaščena elektroda EVB50 $\phi$ 4,00 x 450 mm	160	23	0,3	55	118	0,8
c	oplaščena elektroda EVB50 $\phi$ 5,00 x 450 mm	190	24	0,5	45	120	0,8
d	oplaščena elektroda INOX 18/8 LC $\phi$ 3,25 x 350 mm	120	22	0,2	50	121	0,8
e	oplaščena elektroda INOX 18/8 LC $\phi$ 4,00 x 350 mm	140	22	0,3	55	119	0,7

	Dodajni material	Varilni tok [A]	Varilna napetost [V]	Talilni učinek [g/s]	Pretok plina [l/min]	Vrsta zaščitnega plina	Izkoristek dodajnega materiala [%]	Izkoristek energije [%]
f	varilna žica VAC 60 $\phi$ 1,2 mm	130	21	0,5	14	CO2	85	0,7
g	varilna žica VAC 60 $\phi$ 1,2 mm	230	29	1,5	15	Corgon 18	90	0,7
h	varilna žica VAC 60 $\phi$ 1,2 mm	130	15	0,5	14	CO2	99	
i	strženska žica Filtube 12 $\phi$ 1,2 mm	120	21	0,63	/	/	83-88	
j	strženska žica Filtube 12 $\phi$ 1,2 mm	120	21	0,63	13	CO2	85-90	
k	strženska žica Filtube 12 $\phi$ 1,2 mm	120	21	0,5	14	Corgon 18	92	
l	strženska žica CORESHIELD 11 $\phi$ 1,2 mm	95	15	0,11	/	/	74	
m	strženska žica CORESHIELD 11 $\phi$ 1,2 mm	150	17	0,26	/	/	79	
n	strženska žica CORESHIELD 11 $\phi$ 1,2 mm	225	18	0,33	/	/	82	
o	varilna žica VAC 60 $\phi$ 1,2 mm	130	21	0,6	14	Ar	99	

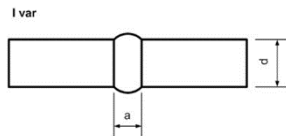
	Dodajni material	Varilni tok [A]	Varilna napetost [V]	Talilni učinek [g/s]	Pretok plina [l/min]	Vrsta zaščitnega plina	Izkoristek dodajnega materiala [%]	Izkoristek energije [%]
p	$\phi$ 1,0 mm	60	15	0,05	7	Ar	100	0,6
r	$\phi$ 1,6 mm	80	12	0,1	9	Ar	100	0,6

	Dodajni material	Varilni tok [A]	Varilna napetost [V]	Talilni učinek [g/s]	Količina pretaljene	Izkoristek dodajnega	Izkoristek energije [%]

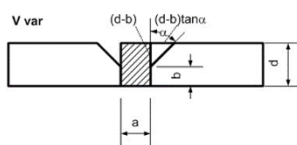
					ga praška [g/g vara]	materiala [%]		
s t	EPP	varilna žica VAC 60 $\phi$ 4,0 mm, taljen prašek	500	35	2,0	1,5	98	0,9
	EPŽ	varilna žica VAC 60 $\phi$ 4,0 mm, aglomeriran prašek	600	32	4,0	1,2	140	0,9

### 6.2. Enačbe za izračun površine preseka zvara

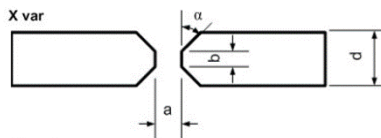
$$\alpha = \frac{\text{kot vara } [^\circ]}{2} \quad (6.1)$$



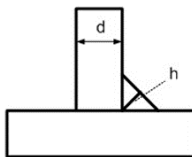
$$S = a \cdot d \quad (6.2)$$



$$S = a \cdot d + (d - b)^2 \cdot \tan(\alpha) \quad (6.3)$$



$$S = a \cdot d + \frac{(d - b)^2}{2} \cdot \tan(\alpha) \quad (6.4)$$



$$S = h^2$$

$$h = d; (d < 5 \text{ mm}) \quad (6.5)$$

$$h = 0,7 \cdot d; (d > 5 \text{ mm})$$

### 6.3. Operacijski faktor - $O_F$

$$O_F = \frac{t_o}{t_d} \cdot 100\% \quad [\%] \quad (6.6)$$

ROV	MIG/MAG	MIG/MAG s stržensko žico	EPP/EPŽ	TIG
30 %	50 %	45 %	40 %	33 %

6.4. Izvleček iz standarda EN ISO 9692 – 1. in 2. del. - Varjenje in sorodni postopki - Priporočila za pripravo zvarnih robov na jeklih

- MIG/MAG, TIG, ROV

Tabelle 1: Fugenformen für Stumpfnähte, einseitig geschweißt

Maße in mm

Kennzahl Nr	Werkstückdicke <i>t</i>	Naht		Darstellung	Schnitt	Fugenform				* Empfohlener Schweißprozess <sup>3)</sup> (nach ISO 4063)	Bemerkungen
		Benennung	Symbol (nach ISO 2553)			Winkel <sup>1)</sup> $\alpha, \beta$	Spalt <sup>2)</sup> <i>b</i>	Steghöhe <i>c</i>	Flankenhöhe <i>h</i>		
1.1	$t \leq 2$	Bördelnaht				—	—	—	—	3 111 141 131 135	Meist ohne Zusatzwerkstoff
1.2	$t \leq 4$	I-Naht				—	$b = t$	—	—	3 111 141	—
	$3 < t \leq 8$					—	$6 \leq h \leq 8$	—	—	131 135 141 <sup>3)</sup>	Mit Badsicherung
1.3	$3 \leq t \leq 10$	V-Naht	V			$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	—	3 <sup>4)</sup>	Gegebenenfalls mit Badsicherung
1.5	$5 \leq t \leq 40$	Y-Naht	Y			$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 4$	—	111 131 135 141	—
2.5.5	$t > 10$	D(oppel)-Y-Naht				$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 6$	$h_1 = h_2 = \frac{t-c}{2}$	111 141	—
						$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135	
2.3.3	$t > 10$	D(oppel)-V-Naht (X-Naht)	X			$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \leq 2$	$h = \frac{t}{2}$	111 141	—
						$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135	
2.3.3	$t > 10$	Unsymmetrische D(oppel)-V-Naht	X			$\alpha_1 = 60^\circ$ $\alpha_2 = 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \leq 2$	$h = \frac{t}{3}$	111 141	—
						$40^\circ \leq \alpha_1 \leq 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha_2 \leq 60^\circ$				131 135	

\*ROV = 111; TIG = 141; MIG/MAG = 131; 136= Varjenje s stržensko žico; 121 = EPP varjenje

- EPP

Tabelle 1: Fugenformen für Stumpfnähte, einseitig geschweißt

Maße in Millimeter

Schweißnaht				Fugenform					Schweißposition nach ISO 6947	Bemerkungen	
Ref. Nr	Werkstückdicke <i>t</i>	Benennung	Symbol nach ISO 2553	Darstellung	Schnitt	Öffnungswinkel Flankenwinkel $\alpha, \beta$	Stegabstand <i>b</i> Fugenradius <i>R</i>	Steghöhe <i>c</i>			Flankenhöhe <i>h</i>
1.2	$3 \leq t \leq 12$	I-Naht				—	$b \leq 0,5 t$ max. 5	—	—	PA	Mit Schweißbadsicherung Mindestdicke für die Schweißbadsicherung: 5 mm oder 0,5 <i>t</i>
1.3	$10 \leq t \leq 20$	V-Naht	V			$30^\circ \leq \alpha \leq 50^\circ$	$4 \leq b \leq 8$	$c \leq 2$	—	PA	Mit Schweißbadsicherung Mindestdicke für die Schweißbadsicherung: 5 mm oder 0,5 <i>t</i>

Seite 4  
EN ISO 9692-1:1998 + AC: 1999

## 7. UPORABLJENI SIMBOLI

$m_{dm}$	[kg/m]	Količina dodatnega materiala na enoto dolžine zvara
S	mm <sup>2</sup>	Površna preseka zvara
a	mm	Velikost zvarne reže
d	mm	Debelina varjenca
b	mm	Višina špranje
h	mm	Višina kotnega vara
$\alpha$	°	Kot vara (X in V var)
F	/	Dodatek za teme in koren zvara
$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	Gostota dodatnega materiala ( $\rho_{jektlo} = 7,85 \text{ g/cm}^3$ )
$S_{DSO}$	EUR/kg	Delo in stroški obratovanja na enoto mase
$C_{DS}$	EUR/h	Delo in stroški obratovanja na časovno enoto
M	g/h	Talilni učinek
$O_F$	[%]	Operacijski faktor
$m_z$	g	Masa zvara
$t_v$	h	Čas varjenja
d	mm	Premer dodatnega materiala (žica ali elektroda)
$l_{el}$	mm	Dolžine elektrode
$v_z$	mm/s	Hitrost dodajanja žice
$t_o$	h	Čas gorenja obloka
$t_d$	h	Čas dela
$S_{DM}$	EUR/g	Strošek dodatnega materiala na enoto mase
$C_{el}$	EUR/g	Cena elektrode na enoto mase
$\eta_{DM}$	/	Izkoristek dodatnega materiala pri varjenju
$S_{PRA\check{S}EK}$	EUR/g	Strošek varilnega praška pri varjenju
$C_{PRA\check{S}EK}$	EUR/g	Cena varilnega praška na enoto mase
$m_{PRA\check{S}EK}$	g/g vara	Poraba varilnega praška na enoto mase
$S_{PLIN}$	EUR/g	Strošek porabe plina
$\dot{V}_{PLIN}$	m <sup>3</sup> /h	Volumski pretok plina
$C_{PLIN}$	EUR/kg	Cena plina na enoto mase
$\rho_{PLIN}$	kg/m <sup>3</sup>	Gostota zaščitnega plina
$C_E$	EUR/kWh	Cena električne energije za kWh
$U_V$	V	Povprečna varilna napetost
$I_V$	A	Povprečni varilni tok
$\eta_{VIR}$	/	Izkoristek varilnega vira
$S_G$	EUR/g	Strošek varjenja na enoto mase porabljenega dodatnega materiala
$S_M$	EUR/m	Strošek varjenja na enoto dolžine izdelanega zvara
$S_{VARJENJE}$	EUR	Celotni stroški varjenja
l	mm	Dolžina zvara
$M_{DM}$	kg	Masa dodatnega materiala potrebnega za izdelavo zvara dolžine - l
$M_{PRA\check{S}EK}$	kg	Potrebna količina varilnega praška za izdelavo zvara dolžine - l
$t_{VARJENJE}$	h	Čas varjenja, ki je potreben za izdelavo zvara dolžine - l
$T_{AMORTIZACIJA}$	h	Čas amortizacije
$S_{OPREMA}$	EUR	Stroški nakupa opreme
$P_{PRIHRANKI}$	EUR/g	Prihranki, ki nastanejo zaradi zamenjave tehnologije