

## PREDGRIJAVANJE ČELIKA PROPAN BUTAN GRIJAČIMA

## PREHEATING OF THE STEEL MATERIALS WITH PROPAN BUTAN HEATERS

Mato SIGURNJAK<sup>1)</sup>, Damir PETRIK<sup>1)</sup>, Zvonimir KOLUMBIĆ<sup>2)</sup>

**Ključne riječi:** predgrijavanje, propan butan, konstrukcija grijača

**Key words:** preheating, propane butane, construction of heater

**Sažetak:** Vrlo bitni čimbenici prilikom zavarivanja su predgrijavanje i međuslojna temperatura. Ove aktivnosti izuzetno su bitne kod slabo zavarivih čelika i problema koji se mogu susresti pri njihovom zavarivanju. Predgrijavanje takvih materijala u izuzetno zahtjevnim montažerskim uvjetima može se izvesti specijalno izrađenim grijačima na propan butan bilo linijske, kružne ili segmentne izvedbe.

**Abstract:** Very important factors during the welding process are preheating and interlayer temperature. These activities are crucial for steel with poor weldability which is complicated for welding and for problems which might occur during the welding process. Preheating of such materials in very difficult servicing conditions can be executed with special designed propane/butane heaters which can be linear, circular or segmental.

---

<sup>1)</sup> Sigmag d.o.o., Gromačnik 35, 35000 Slavonski Brod, <http://www.sigmat.hr/>

<sup>2)</sup> Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Trg I. Brlić-Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod

## 1. UVOD

Zavarljivost materijala može biti:

- dobra – ako se može zavarivati bez specijalnih predradnji i mjera opreza,
- slaba – ako su potrebne specijalne predradnje i mjere opreza, na primjer, predgrijavanje materijala zbog mogućnosti nastanka pukotina,
- jako slaba – ako su potrebne takve predradnje i mjere opreza da praktično nije moguće izvesti zavarivanje koje bi bilo ekonomski prihvatljivo.

Niz često korištenih čelika spada u teško zavarljive materijale i za postizanja optimalnih svojstava zavarenih spojeva potrebno je pogodno predgrijavanje. Željena temperatura predgrijavanja postiže se i održava dovođenjem topline. [1, 2]

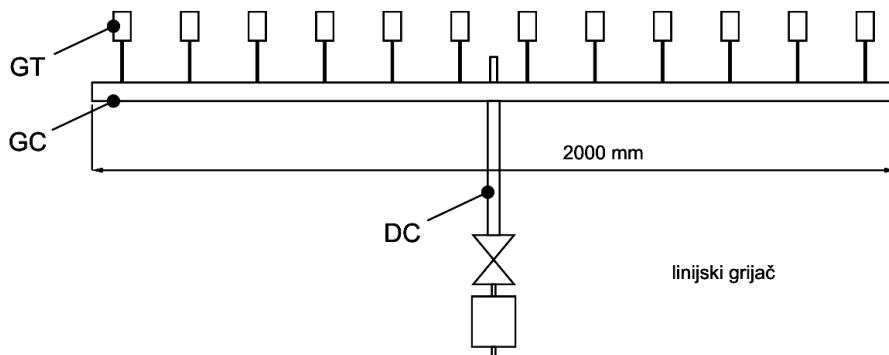
Predgrijavanje se vrši u cilju:

1. ujednačavanja temperature zavarivanih dijelova te sprječavanja prekomjernog deformiranja,
2. smanjivanja ukupnih troškova zavarivanje zbog smanjivanja potrebnih struja ili količina plinova za zavarivanje i
3. sprječavanja otvrdnjavanja i prskanja čelika pri prebrzom hlađenju [3].

Razvojem i izradom propan butan grijajuća htjelo se pomoći pri rješavanju problema predgrijavanja – pronaći rješenje koje će biti učinkovito i prilagodljivo što se tiče konstrukcije i što se tiče brzine zagrijavanje bez obzira na debljinu osnovnog materijala i uvjete okoline.

## 2. KONSTRUKCIJA GRIJAČA

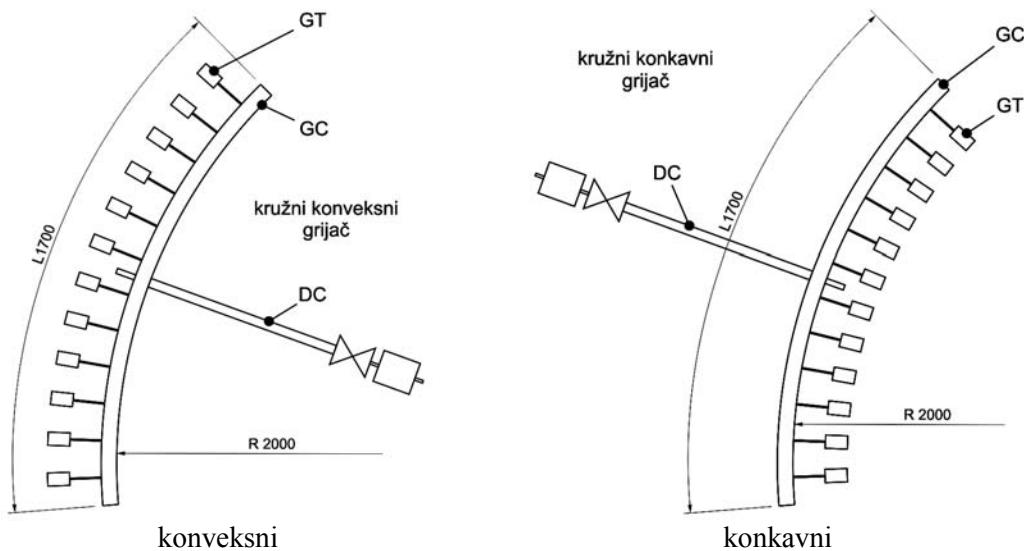
U prvom koraku se definirane osnovne geometrije grijajuća (sl. 1 i 2).



Slika 1. Skica linijskog grijajuća

Potom, na osnovu teorijske analize [4, 5] i normativa za izradu ovog tipa grijajuća, kao i na osnovu iskustva i onoga što se željelo postići, te kako bi grijajući trebali izgledati, razrađeni su detalji tehničkog rješenja:

- Dovodna cijev grijajuća (slike 1 i 2 – DC): bešavna,  $\varnothing 21,3 \times 2,65$ , s napojnim ventilom. Cijev se u osnovi uvijek spaja na sredinu glavne opskrbne cijevi.
- Glavna opskrbna cijev grijajuća (slike 1 i 2 – GC): bešavna,  $\varnothing 48,3 \times 3,25$ , s ravnomjerno raspoređenim grijajućim tijelima.
- Grijajuća tijela (slike 1 i 2 – GT): u obliku gorionika lončića H40, izrađenih od nehrđajućeg čelika [6]. Grijajuća tijela su ravnomjerno raspoređena na udaljenosti 110 do 130 mm jedan od drugog, pri čemu raspon ovisi o potreboj snazi grijajuća.



Slika 2. Skica kružnih grijaća

Svi dijelovi grijaća su izvedeni tako da omoguće sigurno korištenje, uključivo odgovarajuću sigurnosnu opremu (protuplamenski suhi osigurač). Izgled izrađenih grijaća (linijski i kružni) prikazan je na slikama 3 i 4.



Slika 3. Izrađeni kružni grijaći



Slika 4. Izrađeni linijski grijач u položaju pripravnom za puštanje u rad

Pri izradi ovih grijaća cilj je bio dobiti snažan i jak izvor topline, stabilan, a ujedno i siguran u radu. Kao izvor energije izabran je propan butan, komercijalno pakiran u boce od 35 kg. Ovakav izvor energije djelomično je uvjetovan željom da se grijać može koristiti osim u zatvorenim prostorima i vani u teškim montažerskim uvjetima. Normalno pri korištenju grijaća u zatvorenom prostoru moguće je za napajanje grijaća koristiti i već razvedenu plinsku mrežu.

Propan butan plin pokazao se idealnim rješenjem jer je u radu siguran, ne javljaju se eksplozije i pucanja, a grijaći imaju velike snage. Za razliku od propan butana, zemni plin se nije pokazao dobrim zbog malih snaga grijaća (nizak tlak, slab protok), a upotreba kisika i acetilena se izbjegava najviše iz razloga sigurnosti na radu (ekspolzivnost, izuzetno snažni zvučni efekti i udari).

Nakon izrade prvog grijaća, koji je bio linijski, rezultati prvih testiranja bili su više nego zadovoljavajući (slika 5).



Slika 5. Ispitivanje izrađenih linijskih grijaća

Probno je predgrijavan komad debljine 100 mm, dužine oko 1500 mm. Temperatura grijanog komada je praćena termokredom i digitalnim termometrom. Proces predgrijavanja je provođen i u teškim uvjetima – izvođeno je predgrijavanje vani, bez zaštite grijaća i plamena, uz stalno prisutan vjetar i temperaturu okoline oko 10 °C. Uz ovakve uvjete radni komad je u roku od 7 minuta dostigao temperaturu predgrijavanja od 150 °C, a za 10 minuta od 200 °C.

Optimalna udaljenost gornjeg kraja lončića od radnog komada iznosi 100 do 110 mm. Prilikom testiranja grijać se odmicao i na veću udaljenost od radnog komada, međutim, tada su rezultati grijanja bili slabiji, naime proces zagrijavanja do zadane temperature trajao je znatno duže. U slučaju smanjenja udaljenosti došlo je do taljenja materijala lončića uslijed prevelike temperature.

Grijači se izvode u tri oblika i to dva nezavisna – linijski i kružni, te jedan zavisni oblik, tzv. segmentni, gdje se grijači spajaju serijski jedan na drugi međusobno se povezujući na krajevima sa vijčanim spojevima. Optimalna dužina za linijski grijač kreće se od 2000 do 3000 mm a za kružni od 1500 do 1800 mm. Međusobnim spajanjem može se dobiti i veća dužina (segmentni grijač), ali u tom slučaju svaki dio segmentnog grijača ima svoje napajanje propan butanom.

### **3. UPOTREBA GRIJAČA U PRAKSI**

Nakon izrade i ispitivanja koji su obavljeni u krugu poduzeća SIGMAT d.o.o. slijedila je primjena izrađivanih propan butan grijača u praksi. Iskustva stečena u praksi su pokazala da i pri najvećim zahtjevima i u najtežim radnim uvjetima izrađivani propan butan grijači predstavljaju odlično rješenje.

Od same izrade do danas upotrebljavani su na velikom broju gradilišta i u vijek su ispunili očekivanja postavljena pred njih.

Dva su primjera upotrebe:

1. Zavarivački radovi pri rekonstrukciji platforme Labin. Izvodači radova su bili djelatnici ĐD Montaža d.d., Slavonski Brod. Predgrijavan je sitnozrni materijal S690QL debljine od  $10 \div 80$  mm, na visini od 100 m. Zadana temperatura predgrijavanja je bila  $150^{\circ}\text{C}$ , a međuslojna temperatura  $220^{\circ}\text{C}$ .
2. Zavarivački radovi pri remontu visoke peći u Duisburgu – Njemačka. Radove su izvodili djelatnici poduzeća ZM Montag d.o.o., Zagreb. Predgrijavanje je obavljano pri izvedbi kutnih zavara s provarom pri čemu je predgrijavan materijal S355J2G3 debljine 80 mm. VPS zavara je dat u prilogu.

### **4. ZAKLJUČAK**

Iskustva su potvrđila da uporaba opisanih grijača rješava problem predgrijavanja čelika kada je predgrijavanje potrebno. Grijači ove izvedbe u potpunosti ispunjavaju zahtjeve koji se i u najtežim uvjetima primjene postavljaju pred njih.

Opisani su se grijači pokazali efikasnim i snažnim u grijanju, pouzdanim i sigurnim u radu, te ekonomičnim u primjeni.

### **5. LITERATURA**

- [1] Weman K.: Welding processes handbook, CRC, 2003.
- [2] Olson D. L.: ASM Handbook - Volume 06 Welding Brazing and Soldering, 10th Edition, ASM International, 1993.
- [3] O'Brien R. L.: Jefferson's Welding Encyclopedia, 18th Edition, American Welding Society, 1997.
- [4] Blodgett O.W., Fabricators' and Erectors' Guide to Welded Steel Construction, Lincoln Arc Welding Foundation, 1999.
- [5] Kou S., Welding Metallurgy 2nd Edition, Wiley Interscience, 2002.
- [6] [http://www.sigmat.hr/sigmat/stranice\\_RZ/zavarivanje.htm](http://www.sigmat.hr/sigmat/stranice_RZ/zavarivanje.htm)

<b>ZM</b> <b>ZM-MONTAG d.o.o.</b>		<b>SCHWEIBANWEISUNG</b> <b>WPS ZM - 136 - HU80 PE</b>																																					
Ort der Prüfung:	Zagreb, Selska 26																																						
Prüfer oder Prüfstelle:	ZM-MONTAG																																						
SCHWEIBVERFAHREN D.HERST.	136-MAG	GRUNDWERSTOFF(E)	1.2 (S355J2G3)																																				
Beleg Nr.:	M - S 16	Werkstoffdicke t (mm):	80/80 mm																																				
WPQR - Nr.:		Außendurchmesser:																																					
Hersteller:	ZM MOTAG, ZAGREB	Nahtvorbereitung:	Flammenschneiden, Schleifen																																				
Schweißprozess:	136 MAG mit Fulldruck	Schweißposition:	PE																																				
Nahkant:	1/2 U 80	Fugenformvorbereitung:																																					
Gestaltung der Verbindung 		Schweißfolge 																																					
<b>EINZELHEITEN FÜR DAS SCHWEIßEN</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Schweißrampen,</th> <th>Prozeß</th> <th>Elektrode ∅ (mm)</th> <th>Stromstärke (A)</th> <th>Spannung (V)</th> <th>Stromart Polung</th> <th>Drahtvor- schub (m/min)</th> <th>Vorschubge- schwindigkeit*</th> <th>Wärmeein- bringung*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PE 1</td> <td>MAG</td> <td>1,2</td> <td>160-190</td> <td>18-20</td> <td>DC(+)</td> <td>4,0 - 4,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>PE 2-n n = 93</td> <td>MAG</td> <td>1,2</td> <td>160-190</td> <td>18-20</td> <td>DC(+)</td> <td>4,0 - 4,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="9">Vor dem Schweißen sehe Beiblatt 1</td> </tr> </tbody> </table>				Schweißrampen,	Prozeß	Elektrode ∅ (mm)	Stromstärke (A)	Spannung (V)	Stromart Polung	Drahtvor- schub (m/min)	Vorschubge- schwindigkeit*	Wärmeein- bringung*	PE 1	MAG	1,2	160-190	18-20	DC(+)	4,0 - 4,8			PE 2-n n = 93	MAG	1,2	160-190	18-20	DC(+)	4,0 - 4,8			Vor dem Schweißen sehe Beiblatt 1								
Schweißrampen,	Prozeß	Elektrode ∅ (mm)	Stromstärke (A)	Spannung (V)	Stromart Polung	Drahtvor- schub (m/min)	Vorschubge- schwindigkeit*	Wärmeein- bringung*																															
PE 1	MAG	1,2	160-190	18-20	DC(+)	4,0 - 4,8																																	
PE 2-n n = 93	MAG	1,2	160-190	18-20	DC(+)	4,0 - 4,8																																	
Vor dem Schweißen sehe Beiblatt 1																																							
<b>SCHWEIBZUSATZBEZEICHNUNG UND FABRIKAT:</b> MEGAFIL 710 M , EN 758: T48 4 M M 1 H5																																							
Sondervorschriften für Trocknung: SCHUTZGAS : EN 439 M21: 82% Ar + 18% CO2 Schutzgasmenge : 12 - 15 l / min Wurzelschutzgasmenge _____ Wolframelektrodenart und Durchm.: _____ Einzelh. Ausfugen / Badsicherung: Flach unterlage																																							
VORWÄRMETEMPERATUR: 150 - 160 °C Zwischenlagertemperatur: _____ Wärmebehandlung u/o Aushärten: _____ Zeit, Temperatur, Verfahren: _____ Erwärmungs- und Abkühlritte *: _____																																							
Weitere Informationen *: Beiblatt 1 Pendeln (max. Raupenbreite): 20 mm Pendeln (Amplitude, Freq., Verweilzeit):  Hersteller: <i>I.Kačan dipl.ing. IWT 24.11.2006</i> Name, Datum, Unterschrift																																							
Einzelheiten für das Pulsschweißen Kontaktrohrabstand: 15-20 mm Brenneranstellwinkel																																							
* Falls gefordert																																							



4. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje  
TEHNOLOGIČNA PRIMJENA POSTUPAKA ZAVARIVANJA I ZAVARIVANJU  
SRODNIH TEHNIKA U IZRADI ZAVARENIH KONSTRUKCIJA I PROIZVODA  
Slavonski Brod, 14. – 16. studeni 2007.

<b>ZM</b> <b>ZM-MONTAG d.o.o.</b>	<b>SCHWEIBANWEISUNG</b> <b>WPS ZM - 136 -HU80 PA</b>																											
Ort der Prüfung: Zagreb, Selska 26      Prüfer oder Prüfstelle: ZM-MONTAG																												
SCHWEISSVERFAHREN D.HERST.: <u>136-MAG</u> GRUNDWERSTOFF(E): <u>1.2 (S355J2G3)</u> Beleg Nr.: <u>M - S 15</u> Werkstoffdicke t (mm): <u>80 / 80 mm</u> WPQR - Nr.: <u>17792</u> Außendurchmesser: Hersteller: <u>ZM MOTAG, ZAGREB</u> Nahtvorber.,Reinigung: <u>Flammenschneiden, Schleifen</u> Schweißprozeß: <u>136 MAG mit Fülldraht</u> Schweißposition: <u>PA</u> Nahtart: <u>1/2 U 80</u> Halbzug: <u>P/P</u> Fugenformvorbereitung:																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">Gestaltung der Verbindung</th> <th style="width: 50%;">Schweißfolge</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 10px;"> </td> <td style="text-align: center; padding: 10px;"> </td> </tr> </table>		Gestaltung der Verbindung	Schweißfolge																									
Gestaltung der Verbindung	Schweißfolge																											
<b>EINZELHEITEN FÜR DAS SCHWEIßEN</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Schweißraupe.</th> <th>Prozeß</th> <th>Elektrode ϕ (mm)</th> <th>Stromstärke (A)</th> <th>Spannung (V)</th> <th>Stromart Polung</th> <th>Drahtvorschub (m/min)</th> <th>Vorschubgeschwindigkeit* (cm/min)</th> <th>Wärmeeinbringung*(kJ)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PA1 PA 2-n n=65</td> <td>MAG MAG</td> <td>1,2 1,2</td> <td>215 - 250 290 - 335</td> <td>25-27 26-29</td> <td>DC(+) DC(+)</td> <td>8,0 - 9,0 10,0 - 11,5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="9">Vor dem Schweißen sehe Beiblatt 1</td> </tr> </tbody> </table>		Schweißraupe.	Prozeß	Elektrode ϕ (mm)	Stromstärke (A)	Spannung (V)	Stromart Polung	Drahtvorschub (m/min)	Vorschubgeschwindigkeit* (cm/min)	Wärmeeinbringung*(kJ)	PA1 PA 2-n n=65	MAG MAG	1,2 1,2	215 - 250 290 - 335	25-27 26-29	DC(+) DC(+)	8,0 - 9,0 10,0 - 11,5			Vor dem Schweißen sehe Beiblatt 1								
Schweißraupe.	Prozeß	Elektrode ϕ (mm)	Stromstärke (A)	Spannung (V)	Stromart Polung	Drahtvorschub (m/min)	Vorschubgeschwindigkeit* (cm/min)	Wärmeeinbringung*(kJ)																				
PA1 PA 2-n n=65	MAG MAG	1,2 1,2	215 - 250 290 - 335	25-27 26-29	DC(+) DC(+)	8,0 - 9,0 10,0 - 11,5																						
Vor dem Schweißen sehe Beiblatt 1																												
SCHWEIBZUSATZBEZEICHNUNG UND FABRIKAT: MEGAFIL 710 M ; EN 758: T46 4 MM 1 H5																												
<i>Sondervorschriften für Trocknung:</i> SCHUTZGAS : <u>EN 439 M21 : 82% Ar + 18% CO2</u> VORWÄRMETEMPERATUR: <u>150 - 160 °C</u> Schutzgasmenge : <u>12 - 15 l/min</u> Zwischenlagentemperatur: Wärzelschutzgasmenge:      Wärmebehandlung u/o Ausharten: Wolframelektrodenart und Durchm.:      Zeit, Temperatur, Verfahren: Einzelh. Ausfügen / Budsicherung: <u>Flach unterlage</u> Erwärmungs- und Abkühlrate *:																												
<i>Weitere Informationen *:</i> Beiblatt 1 Pendeln (max. Raupenbreite): <u>20 mm</u> Pendeln (Amplitude,Freq., Verweilzeit):																												
<i>Einzelheiten für das Pulsschweißen</i> Kontaktrohrabstand: <u>15-20 mm</u> Brenneranstellwinkel:																												
<i>Hersteller:</i> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <span>L.Kačan dipl.Ing. IWI</span> <span>24.11.2006</span> </div> <div style="margin-top: 5px;">           Name, Datum, Unterschrift  </div>																												
<small>* Falls gefordert</small>																												