



PRIMJENA "CMT" PROCESA PRI NAVARIVANJU CIJEVNIH ZIDOVA APPLICATION OF "CMT" PROCESS FOR MEMBRANE WALLS CLADDING

Vedran RAJKOVIĆ¹⁾, Božo DESPOTOVIĆ¹⁾, Dalibor ŽUBRINIĆ¹⁾

Ključne riječi: CMT proces zavarivanja, navarivanje cijevnih zidova, praćenje efikasnosti procesa

Key words: CMT welding process, tube wall cladding, monitoring the efficiency of the process

Sažetak: "CMT" je novi "hladni" proces u tehnologiji zavarivanja. Karakteriziraju ga velike brzine zavarivanja, međusobno zavarivanje CrNi čelika kao i navarivanje Ni legura (Types 625). U radu su opisane osnove "CMT" procesa koji se primjenjuje za navarivanje cijevnih zidova na robotskoj stanici za navarivanje. Navodi se primjer programiranja, vođenja, kontrole i praćenja procesa.

Abstract: "CMT" is new "cold" process in welding application. His characteristics is high welding speeds, possibility to welding different CrNi materials as well as cladding using Ni alloys (Types 625). The paper describes basic date for "CMT" process witch are use for membrane walls cladding on robots cladding plant. Example of programming, leading, control and monitoring of process are presented.

¹⁾ Đuro Đaković Termoenergetska postrojenja d.o.o., Dr. M. Budaka 1, Slavonski Brod

1. UVOD

Razvojem kotlovskih postrojenja i sve većom potražnjom za kotlovima koji se lože na otpad ("waste to energy") došlo je i do povećanih zahtjeva pri proizvodnji istih.

Kod jednog od projekata koji je imao vrlo strog tehnološki zahtjev za navarivanje cijevnih zidova (manje od 5 % Fe na debljini od 0,5 mm) bilo je potrebno načiniti izmjene tehnologije i opreme za zavarivanje. Dosadašnji Froniusovi izvori za zavarivanje su promijenjeni sa klasičnih TPS5000R na (za sada) najvišu tehnološku moguću razinu - izvore CMT 5000.

Zbog svih tih promjena u opremi i tehnologiji izrade bilo je potrebno povećati opsege praćenja i mjerenja procesa i proizvoda kako bi finalni proizvod imao tražene karakteristike.

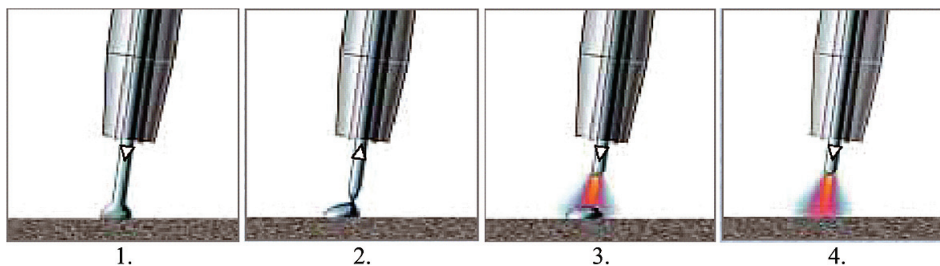
2. CMT PROCES

CMT ("Cold Metal Transfer") je proces kod kojeg je fokus baziran na smanjenom unosu topline što rezultira manjom deformacijom osnovnog materijala, većom preciznošću kao i mogućnostima da se zavaruju vrlo tanki limovi.

Izvor radi na principu kontrole kratkog luka putem njegovog kontinuiranog prekidanja. Prekidanje se izvodi slanjem digitalnog signala u motorizirani gorionik (Robacta drive CMT) svaki puta kada dodatni materijal (DM) napravi kratki spoj sa osnovnim materijalom (OM). Signal šalje naredbu prekidanja struje za zavarivanje i povlačenja DM iz rastaljene kupke.

Pomak naprijed – natrag događa se i do 70 puta u jednoj sekundi, pri tome dolazi do izmjene hladno – toplih intervala koji su srž ovog procesa.

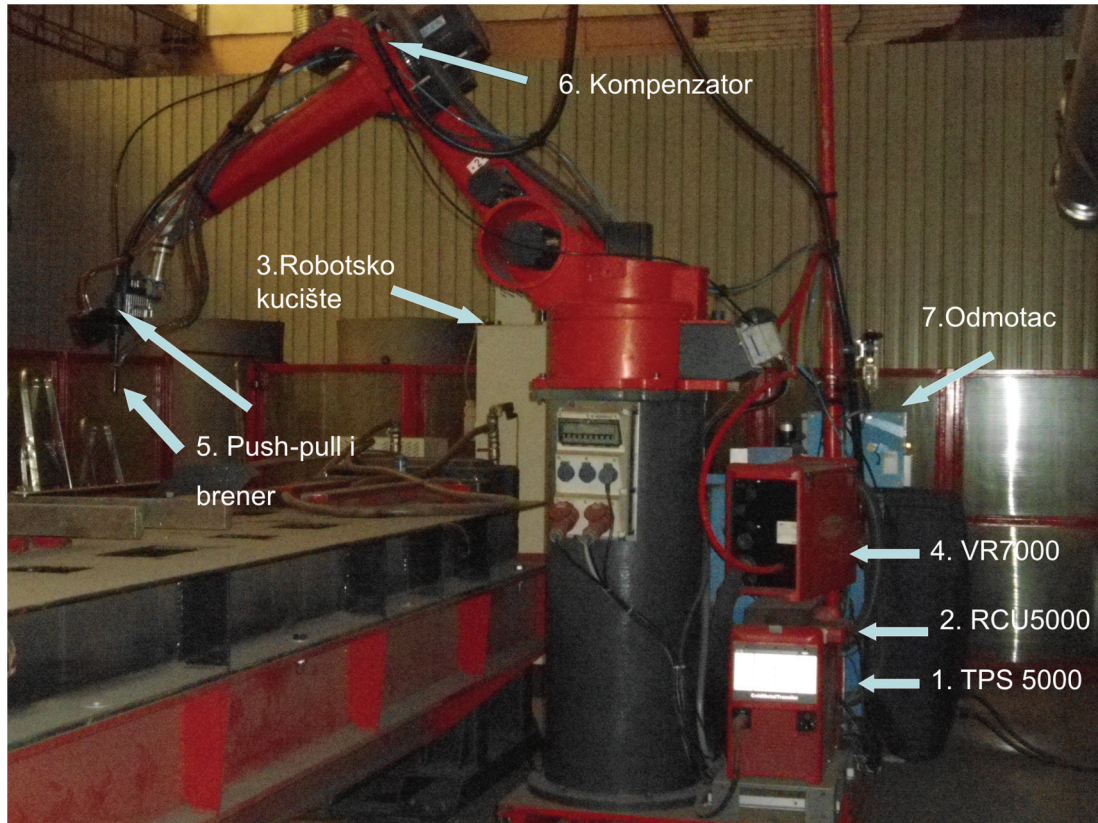
Prekidanjem el. luka odnosno dodavanje i oduzimanje žice pri kontaktu daje veliku stabilnost procesu i kontrolirano odvajanje kapljica pri zavarivanju (Slika 1).



Slika 1. Faze CMT paljenja-gašenja el. luka [1]

1. Gorenje električnog luka - dodatni materijal se kreće prema osnovnom materijalu
2. Dodatni materijal se tali i stvara rastaljenu kupku. Struja zavarivanja se smanjuje.
3. El. motor povlači dodatni materijal unatrag i odvaja žicu iz kupke
4. Dolazi do potpunog prekida el.luka, postupak se ponavlja od početka.

3. CMT OPREMA ZA NAVARIVANJE NA ROBOTSKOJ LINIJI



Slika 2. CMT oprema

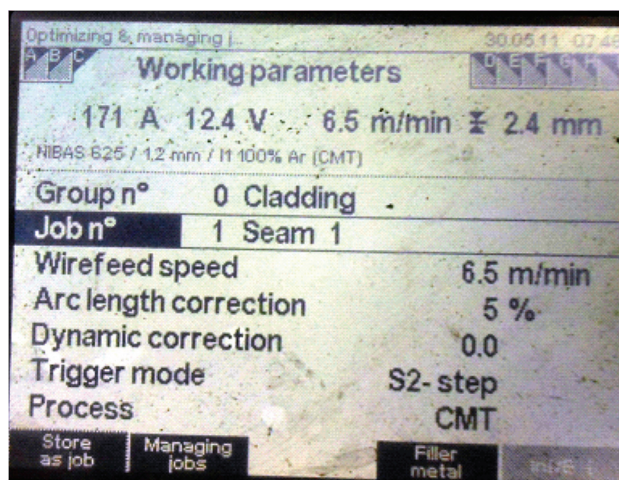
1. TPS 5000 – CMT izvor za zavarivanje – digitalizirani izvor napajanja
2. RCU 5000 – daljinsko – kontrolna jedinica za upravljanje
3. Robotsko kucište
4. VR 7000 – digitalno kontrolirani dodavač žice
5. Push – pull motorizirani gorionik za zavarivanje – Robacta drive CMT
6. Kompenzator povrata žice – stvara zalihu dodatnog materijala pri povratu žice
7. Odmotač velikog koluta (do 300 kg) dodatnog materijala.

4. PROGRAMIRANJE

4.1 Programiranje CMT izvora

Prije samog programiranja izvora za zavarivanje moramo imati na umu zadovoljavanje određenih uvjeta, kao što su debljina navarenog sloja min. 2 mm, sadržaj željeza na navarenoj površini max. 5 %.

Pri programiranju izvora za zavarivanje prvotno izabiremo program (Job nr.) kojim zavarujemo, zatim mu dodajemo ostale postavke (vrsta i promjer DM, te vrsta zaštitnog plina) (Slika 3).



Slika 3. Programiranje CMT izvora

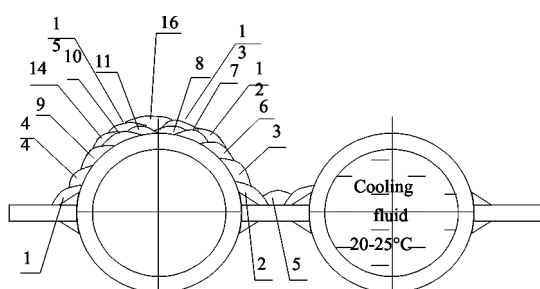
4.2 Programiranje robota

Pri programiranju robota imamo dvije opcije programiranja, pomoću modularnog programa u koji se unose potrebni parametri za navarivanje i offline programiranja na računalu koji se potom prenosi na robotsku liniju.

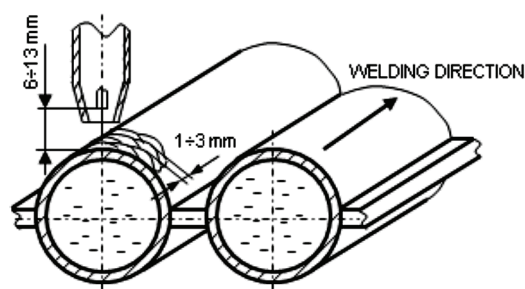
4.2.1 Modularno programiranje

Prva opcija je pomoću postojećeg modularnog programa na robotskoj liniji, kojim možemo navarivati samo panele ravnih početaka i završetaka dužine 4000 – 12000 mm kojima se navaruje cjelokupna površina.

Nakon postavljanja radnog stola i odabira automatskog režima rada potrebo je unijeti parametre kojima će robotska stanica sama odrediti početne i završne točke navarivanja (Slika 4 i 5).



Slika 4. Redosljed gusjenica koje navarujemo [2]



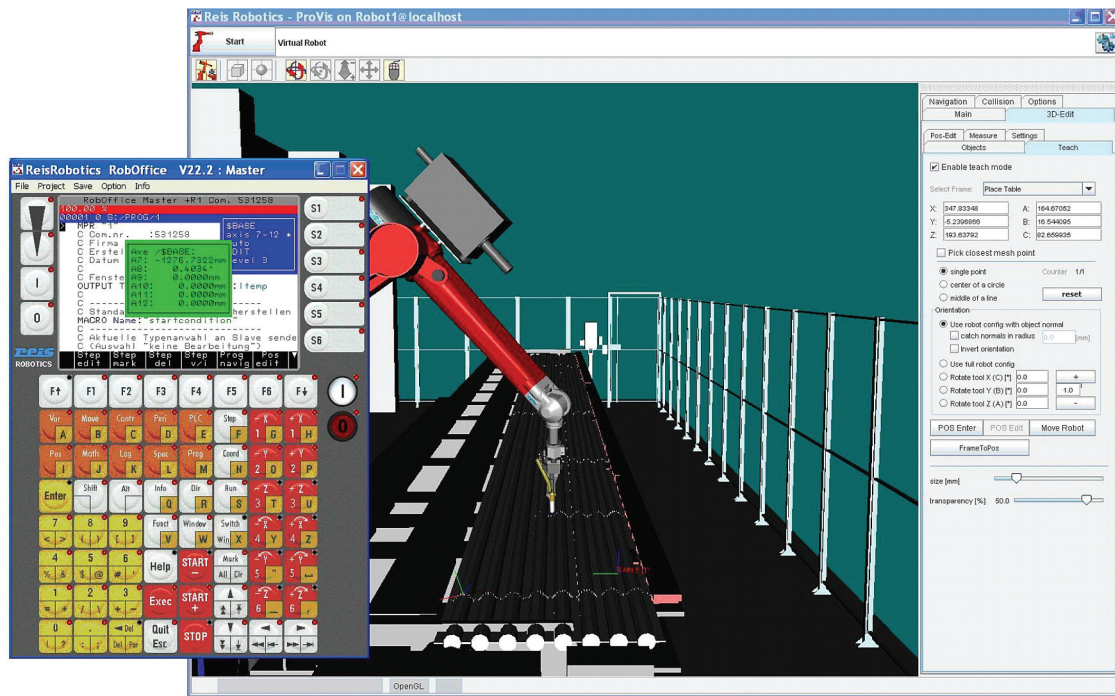
Slika 5. Smjer i visina gorionika pri navarivanju [2]

4.2.2 ProVis programiranje

Druga opcija programiranja je pomoću offline grafičkog ProVis programa na računalu.

Postavljen nam je grafički model robotske linije. Potrebno je izraditi 3D model panela traženih dimenzija i postaviti ga u radno područje postojećeg modela robotske linije.

Pomoću referentnih točaka dovodimo robota u željeni položaj i programiramo svaku početnu i završnu točku samo jednim klikom miša (Slika 6.).

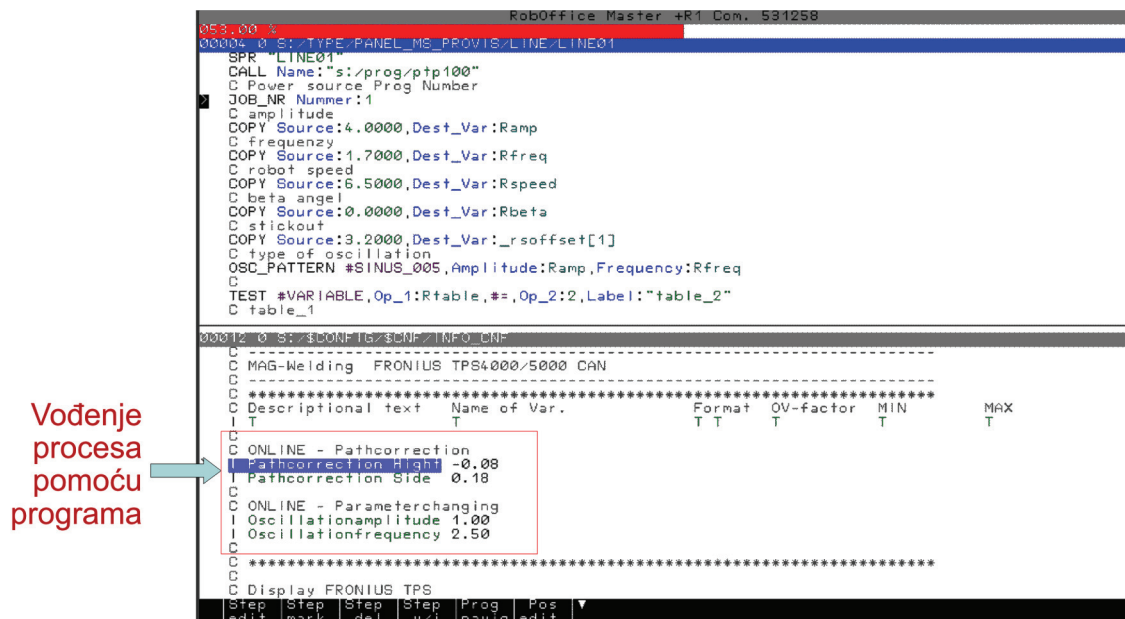


Slika 6. ProVis programiranje

5. VOĐENJE, KONTROLA I PRAĆENJE EFIKASNOSTI PROCESA

Pod vođenjem, kontrolom i praćenjem efikasnosti procesa smatramo:

- kontrolu i vođenje procesa tijekom samog procesa navarivanja cijevnog zida pomoću programa i kamere,
- praćenje efikasnosti procesa tijekom i nakon izvršenog navarivanja zida.



Slika 7. Vođenje i kontrola procesa pomoću programa

5.1 Kontrola i vođenje procesa pomoću programa (tijekom navarivanja cijevnog zida)

Za vođenje i kontrolu procesa za vrijeme navarivanja potreban nam je program pomoću kojeg imamo mogućnost korekcije putanje u smjeru zavarivanja osi $\pm X$ (Slika 7). Operater tijekom navarivanja prati smjer i redosljed navarivanja i provodi korekcije u putanji robota kao i širinu (Amplitude) i brzinu oscilacije (Frequency) robotskog zavarivanja.

Kontrola
 procesa
 pomoću
 kamere

```

053.00
00018 0 3: TYPE PANEL_MS_PROVIS LINE LINE01
SPR "LINE01"
CALL Name:"s:/prog/ptp100"
C Power_source:Prog Number
JOB_NR Number:2
C amplitude
COPY Source:1.0001, Dest_Var:Ramp
C frequency
COPY Source:2.5000, Dest_Var:Rfreq
C robot speed
COPY Source:5.0000, Dest_Var:Rspeed
C beta angle
COPY Source:0.0000, Dest_Var:Rbeta
C stickout
COPY Source:3.2000, Dest_Var:_rsoffset[1]
C type of oscillation
OSC_PATTERN #SINUS_005, Amplitude:Ramp, Frequency:Rfreq
\OSC_PATTERN #SINE, Amplitude:Ramp, Frequency:Rfreq
0
TEST #VARIABLE, Op_1:Rtable, #, Op_2:2, Label:"table_2"
C table_1
OFFSET Hoge:3.2, Seite:0
BRANCH Label:"table_1"
LABEL "table_2"
C table_2
OFFSET Hoge:0, Seite:0
LABEL "table_1"
C
C
C
C
TOOL Variable:T1
C
C
C
\RELATIVE Vector:Vwin1_T[0]
POSITION #N, TABLE, X:709.08, Y:-2.32, Z:58.49, A:-19.9201, B:-10.2809, C:-25.0874, A1:-1.7416, A2:-11
POSITION #N, TABLE, X:709.02, Y:-50.02, Z:-38.78, A:-19.9200, B:-10.2812, C:-25.0863, A1:-1.7397, A2:-
\MS_SYNC #SEND, Value:1001
CALL Name:"se_cam_5"
\CALL Name:"se_sen_11s_12"
\RELATIVE Vector:Vwin2_T[0]
step stop step stop prog
edit mark del vrl navig edit
        
```

Slika 8. Kontrola procesa pomoću kamere

Praćenje grešaka operatera na robotskoj liniji						
Panel: B8,B10 Crtež: 26.0183 21.2.90.0.01						
Operater	Datum	Smjena	Robot (M,S)	Line/cijev	Vrsta greške	Razlog greške
Gašparović I.	25.2.2011	1	M	Line2/cijev1	Rupe na površini	Pojava rupa na području pakni za stezanje panela
Župan M.						
Fogadić T.	25.2.2011	3	S	Line13/cijev5	Rupe na površini	Pojava rupa zbog velike brzine
Petričević N.						
Ivezić V.	25.2.2011	3	M	Line14/cijev2,7	Rupe na površini	Pojava rupa zbog velike oscilacije
Klasnić D.						
Čabraja D.	26.2.2011	1	S	Line16/cijev 8	Nedostatak debljine	Nepravilno slaganje gusjenica
Havić A.						

Slika 9. Praćenje efikasnosti procesa na robotskoj liniji [3]

5.2 Kontrola procesa pomoću kamere (tijekom navarivanja cijevnog zida)

Kod kontrole procesa tijekom navarivanja pomoću kamere, kamera određuje visinu pištolja tijekom zavarivanja i drži konstantnu visinu luka prateći deformacije na panelu u smjeru osi $\pm Z$. Vrijednost koju kamera očitava se unosi izravno u program kojim navarujemo (Slika 8).

5.3 Praćenje efikasnosti procesa (tijekom i nakon navarivanja cijevnog zida)

Pod praćenje efikasnosti procesa tijekom i nakon navarivanja smatra se praćenje, bilješke i analizu problema (pojava poroznosti na površini navara, nedostatak debljine navarene površine) tijekom samog procesa navarivanja i dodatne izmjene u programiranju, vođenju procesa i kontroli nakon izvršenog navarivanja (Slika 9).

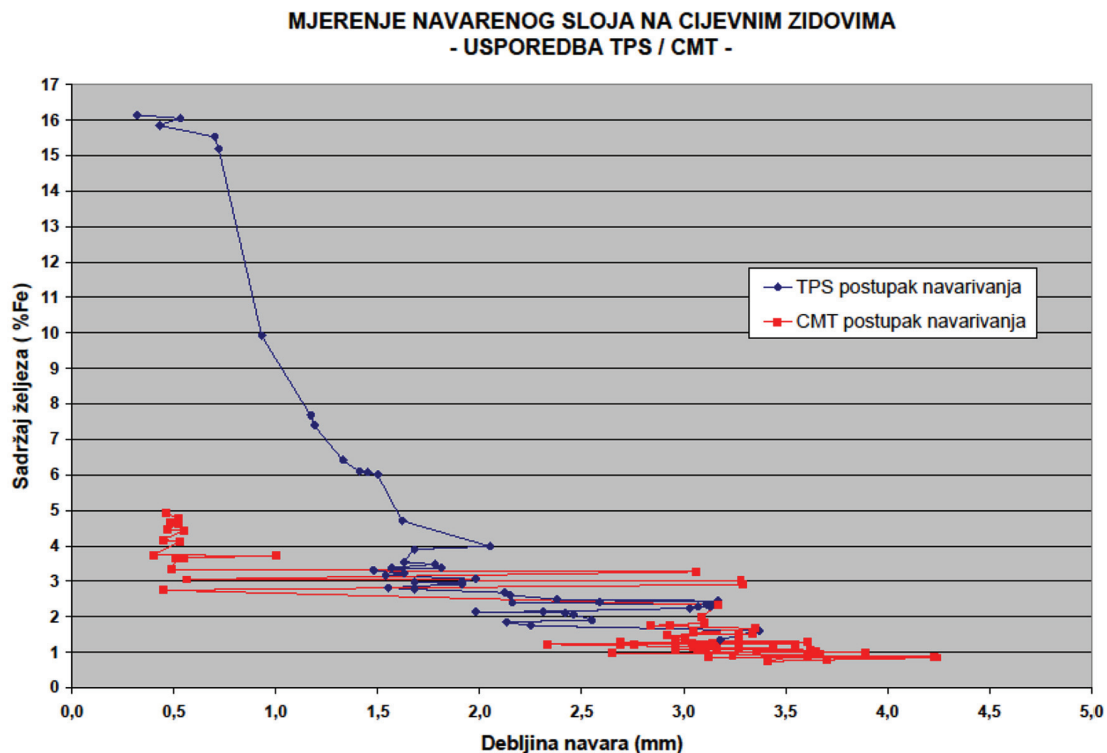
6. MJERENJE VARIJABLI I USPOREDBA TPS/CMT PROCESA

Zbog vrlo strogih zahtjeva od strane kupca (manje od 5 % Fe na debljini navara od 0,5 mm) bilo je potrebno napraviti niz mjerenja kako bi potvrdili dali je implementirana tehnologija (CMT + kamera sistem vođenja) dala željene rezultate.

Kao referentne vrijednosti korištena su mjerenja koja smo proveli sa "starom" tehnologijom tj. sa TPS5000R, gdje se u dijagramu vidi kako već pri debljini sloja od 1,5 mm dolazi do prekoračenja dopuštene granice Fe od 5 %.

Površine navarene CMT tehnologijom su tretirane (glodane) do debljine od 0,5 mm i pri tome vrijednosti Fe su konstantno bile ispod 5 % (Dijagram 1.).

Tako je za finskog naručitelja CMT tehnologijom navareno svih 292 m² cijevnih panela koji su svojom kvalitetom i karakteristikama u potpunosti zadovoljili visoko postavljene kriterije.



Dijagram 1. Usporedba sadržaja željeza spram debljine navara između TPS i CMT postupka navarivanja



7. ZAKLJUČAK

CMT proces ima velikih prednosti naspram konvencionalnih izvora za zavarivanje (velika brzina zavarivanja, stabilnost el. luka, zavarivanje bez prskotina). Ipak kao glavna prednost je kontroliran i smanjen unos topline što rezultira smanjenim deformacijama kao i manjom penetracijom dodatnog u osnovni materijal što u konačnici donosi smanjeni sadržajem željeza na površini navara.

8. LITERATURA

- [1] <http://www.scribd.com/doc/26544439/Davor-Kolar-Cold-Metal-Transfer>,
http://milexdoo.com/FRONIUS_CMT.html (20.5.2011)
- [2] ĐĐ TEP Uputa za zavarivanje (WPS), Slavonski Brod, 2010.
- [3] ĐĐ TEP Praćenje rada operatera na robotskoj liniji, Slavonski Brod, 2011.