

UDK 621.791–52:621.643.41:658.562

## AUTOMATIZIRANO ZAVARIVANJE CIJEVI AUTOMATIC PIPE WELDING

Vedran MILOŠ – Dubravka BILIĆ – Duško PAVLETIĆ

**Sažetak:** Automatizacija zavarivanja predstavlja nužnost posebice u off-shore industriji i naftnoj industriji gdje je potrebno učinkovito izvođenje zavarivanja uz udovoljavanje visokim zahtjevima za kvalitetom zavarenih spojeva. U radu je prikazan primjer automatiziranog zavarivanja cijevi vanjskog promjera 48" (1,21 m), te stjenke debljine 30,9 mm izrađene od čelika povišene čvrstoće, oznake X65.

**Ključne riječi:**

- cijevi
- automatizirano zavarivanje
- off-shore industrija
- ispitivanje kvalitete zavarenih spojeva

**Abstract:** Welding automation is a necessity, especially in the offshore and oil industry where the welding should be effective and high quality of the welded joint should be achieved. The paper describes an example of automated pipes welding with an outside diameter and 48" (1.21 m), wall thickness of 30.9 mm, made of higher strength steel X65.

**Keywords:**

- piped
- automated welding
- offshore industry
- welded joint quality inspection

### 1. UVOD

U suvremenoj off-shore industriji i naftnoj industriji spajanje cijevi velikih promjera zavarivanjem predstavlja izazovan zadatak, posebice s aspekta količine, kvalitete i rokova izvedbe. Stoga se neprestano razvijaju nove, te usavršavaju postojeće metode automatiziranog zavarivanja kao i provjere kvalitete zavarenih spojeva.

Također, nove pristupe i postupke izvedbe zavarivanja zahtijevaju i materijali od kojih su građene cijevi. Isprva su to uglavnom bili ugljični čelici, no postupno se sve više koriste slitine otporne na koroziju, nehrđajući čelici, duplex-materijali itd. Suvremeno stanje u tome području donosi i nove zahtjeve: usavršavanje stručnog osoblja, razvoj i unapređivanje procesa zavarivanja, kao i opreme za zavarivanje. Inženjeri neprestano rade na rješavanju problema spajanja materijala zavarivanjem – kao primjer takva rada moguće je navesti provođenje opsežnih istraživanja poboljšavanja orbitalnog zavara kako bi se postigao zavar otporan na dinamička opterećenja koja se pojavljuju prilikom polaganja cijevi u more.

U radu će biti prikazan primjer automatiziranog zavarivanja cijevi vanjskog promjera 48" (1,21 m), te stijenke debljine 30,9 mm izrađene od čelika povišene čvrstoće, oznake X65, slika 1.

### 1. INTRODUCTION

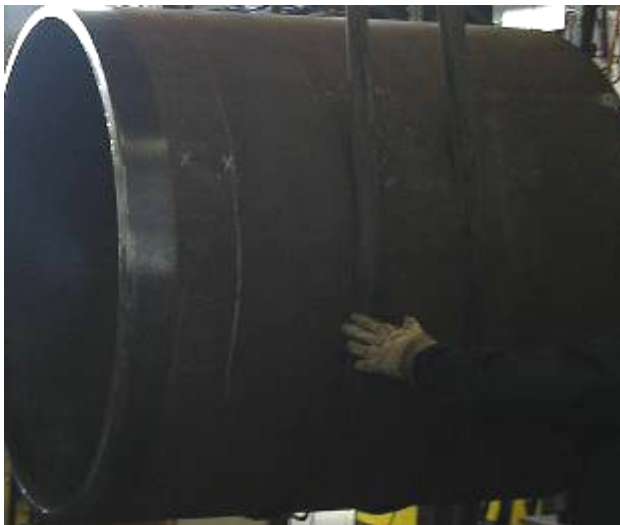
In the modern offshore and oil industry, weld joining of large-diameter pipes is a challenging task, especially in terms of quantity, quality and completion deadlines. Therefore, continual development of new improvements of existing methods of automated welding and quality control of welded joints are in place.

Furthermore, new materials in pipes production require new approaches and welding procedures. In the beginning, pipes were mostly made from carbon steels, but gradually corrosion resistant alloys, stainless steels, duplex materials, etc. were used in pipes production. Changes in the conditions and requirements in pipes welding requires further training of professional staff and development of welding processes and equipment. Engineers are constantly dealing with challenges that new materials bring into welding engineering. For example, extensive studies have been conducted to improve the orbital weld in the sense that it will be more resistant to dynamic loads during the laying of pipes onto seabed.

The paper describes an example of automated pipes welding with outside diameter and 48" (1.21 m), wall thickness of 30.9 mm, made of higher strength steel X65, Figure 1.

## 2. PRIPREMA CIJEVI ZA ZAVARIVANJE

Priprema cijevi za zavarivanje vrši se rezanjem i mehaničkom obradom. Rezanje se vrši pomoću automatiziranog nosača plamenika koji putuje po prstenu. Prsten je ujedno i ozubljena letva, dok je na pomičnom dijelu nosača plamenika zupčanik preko kojega se ostvaruje orbitalno gibanje. Najprije se na cijev postavlja prsten, odnosno zupčasta letva, kako je prikazano na slici 2, koji se potom zateže dok se ne priljubi uz vanjsku stijenkku cijevi.



Slika 1. Primjer cijevi  
Figure 1. Pipe example

Potom se postavlja nosač plamenika na prsten na način da se zupčanici na nosaču plamenika namjeste na zupčastu letvu te se drže na pripadajućoj poziciji uz pomoć komprimiranog zraka. Na slici 3 prikazan je postavljeni nosač s plamenikom.

Kada je pomični dio pričvršćen, potrebno je odrediti brzinu gibanja, odnosno brzinu rezanja, koja približno iznosi 20 cm/min. Rezanje se vrši plinskim plamenom. Omjer kisika naprama acetilenu je 4 naprema 1. Za taj primjer potrebno je približno 15-20 minuta da se rezanje izvede u potpunosti. Odrezana cijev prenosi se u sljedeću fazu u kojoj će se izvršiti priprema žlijeba.

Pripremanje se vrši na posebnim tokarilicama-glodalicama (slika 4), bez sustava za hlađenje. Ovisno o promjeru cijevi razlikuje se i tokarilica-glodalica. Uređaj se sastoji od hidrauličkih ventila pomoću kojih se cijev s unutarnje strane pozicionira (slika 5), te obradnog sustava s tri do četiri tokarska noža od kojih svaki obrađuje jednu površinu žlijeba. Pozicioniranje cijevi vrši se na način da se cijev navuče na tokarilicu-glodalicu te se pomoću hidrauličke sile priljubljuje uz uređaj po cijelom svojem opsegu. Rotaciju noževa vrši hidraulički motor visokog tlaka. Za automatsko zavarivanje koristi se U-žlijeb s kutom od  $3^\circ$ , a za ručno V-žlijeb s kutom od

## 2. PIPES EDGES PREPARATION

Pipes edges preparation is done by oxy-fuel cutting and machining. Oxy-fuel cutting is supported by an automated torch carrier mounted on a circular rigid rail. The carrier is equipped with a gear wheel allowing for the motion along the rail. Firstly, the circular rail is mounted on the pipe, Figure 2, which is then tightened up to the pipe wall.

Prsten-zupčasta letva/Circular rigid rail



Slika 2. Montirani prsten – zupčasta letva  
Figure 2. Circular rigid rail mounted on a pipe

Then the torch carrier is mounted on to the rail, set into position and locked into place by compressed air.

The torch and torch carrier mounted on the rail are shown in Figure 3.

When the torch carrier is in place and fixed, it is necessary to set the cutting speed, which is approximately 20 cm/min. Cutting is done with oxy-fuel gas. The ratio of oxygen compared to acetylene is 4:1. In the example shown, the duration of cutting is approximately 15-20 minutes. Cut pipe is transported to the next phase in which groove preparation will be made.

The groove preparation is done by a special lathe-milling machine, Figure 4. Different lathe-milling machines fit different pipe diameters. The machine incorporates hydraulic valves that are used for pipe centering, Figure 5, and machining systems with three to four lathe knives, each of which machine a different groove surface. Pipes positioning is carried out in such a way that the pipe is mounted on the lathe-milling machine and tightly clamped onto it by hydraulic force. The high pressure hydraulic motor rotates machining knives. A narrow gap U-groove, set at an angle of  $3^\circ$ , is used for automatic pipes welding, while the V-groove, with a groove opening angle of  $30^\circ$ , is used for hand welding. When the

30°. Nakon izrade žlijeba na jednoj strani cijevi, cijev se rotira za 180°, te se postupak ponavlja. U promatranom primjeru izvodio se U-spoj s dimenzijama kako je prikazano na slici 6. Nakon obrade žlijeba dobivene se dimenzije kontroliraju pomoću pomičnog mjerila. Te dimenzije moraju biti unutar zadanih tolerancija, kako je prikazano na nacrtu.

required grooves are prepared on the one side of the pipe, the pipe is rotated on the other side and the process is repeated. In the observed example, the U-groove is prepared in accordance with dimensions shown in Figure 6. When the grooves preparation is finished, the grooves dimension control is carried out.



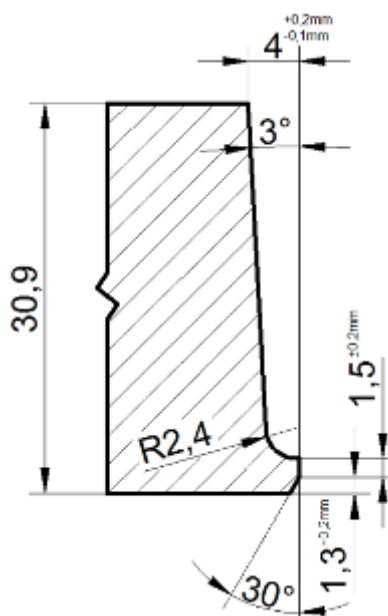
Slika 3. Nosač s gorionikom za rezanje  
Figure 3. Oxy-fuel cutting torch carrier



Slika 4. Tokarilica-glodalica  
Figure 5. Lathe-milling machine



Slika 5. Pozicioniranje cijevi na tokarilici-glodalici pomoću ventila  
Figure 5. Pipe positioning on the lathe-milling machine



Slika 6. Prikaz dimenzija U-žlijeba  
Figure 6. U-groove dimensions

### 3. POZICIONIRANJE I ZAVARIVANJE

Nakon pripreme žlijeba par cijevi postavlja se u položaj za zavarivanje i orbitalno zavaruje. Za pozicioniranje cijevi koristi se unutrašnja pneumatska stezaljka koja se ekspanzijom ventila priljubljuje uz cijevi, poravnava ih i

### 3. POSITIONING AND WELDING

Prepared pipes are placed into position for welding and are orbitally welded. For pipes positioning, the inner pneumatic clamp is used. The pneumatic clamp places pipes in a line and holds it during welding. Another

fiksno pozicionira. Druga važna funkcija unutarnje stezaljke su bakrene podloške koje služe kao podloga za jednostrano zavarivanje. Stezaljka se može unutar cijevi pomicati naprijed–natrag kako bi mogla zauzeti potrebnu poziciju. Slike 7 i 8 prikazuju unutarnju stezaljku za pozicioniranje cijevi.



Slika 7. Unutarnja stezaljka  
Figure 7. Pneumatic clamp

important function of the pneumatic clamp is as a support of the welds root, by a copper backing, in one–side welding. The pneumatic clamp can be repositioned within a pipe in order to be placed in the right position for welding. The pneumatic clamp used in automatic pipe welding is shown in Figure 7 and Figure 8.



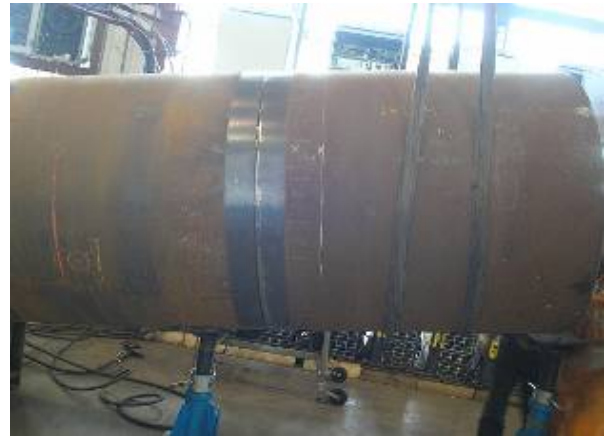
Slika 8. Pozicioniranje cijevi pomoću unutarnje stezaljke  
Figure 8. Pipes positioning with the help of the pneumatic clamp

Primjer žlijeba za zavarivanje prije samog zavarivanja prikazan je na slikama 9 i 10.

An example of the weld groove before welding is shown in Figure 9 and Figure 10.



Slika 9 Prikaz U–žlijeba  
Figure 9. U–groove



Slika 10. Pozicionirane cijevne sekcije  
Figure 10. Pipes positioning for welding

Na tako pripremljenu cijev potrebno je staviti odgovarajući prsten odnosno zupčastu letvu po kojoj će se gibati orbitalna glava za zavarivanje. Prsten se namješta i pozicionira jednako kao i kod rezanja cijevi. Nakon pozicioniranja i stezanja prstena uz cijev potrebno je, prije montiranja zavarivačke glave, izvršiti predgrijavanje cijevi na približno 100 °C, kako bi se zavarivanje kvalitetnije izvelo. Predgrijavanje se vrši plamenom plina propana. Montiran prsten i

On a pipe prepared in such way, a rail for orbital welding and automated head are mounted. The bent rail is mounted and positioned in the same manner as for oxy–fuel cutting. After rail positioning and before a welding head is mounted, the pipes are preheated to a temperature of approximately 100 °C in order to facilitate better welding results. Preheating is carried out by propane gas flame. Mounted guiding rail and preheating are shown in Figure 11.

predgrijavanje prikazani su na slici 11.

Kada se izvrši predgrijavanje, potrebno je montirati zavarivačku glavu. Zavarivačka glava montira se tako da se zupčanicu postave na zupčastu letvu. Glavu za zavarivanje na prstenu drži komprimirani zrak. Unosom parametara zavarivanja u elektroniku uređaja, cijevi su spremne za zavarivanje.

U prikazanom primjeru koriste se dva sustava za zavarivanje koje je patentirala tvrtka Saipem S.p.A. To su mehanizirani sustav PASSO\* te automatizirani sustav SWS\*. U osnovi su obaju postupaka MIG/MAG zavarivanja punom žicom u zaštitnom plinu, razlika je samo u stupnju mehanizacije, odnosno automatizacije.

Zavarivački sustav PASSO sastoji se od izvora struje za zavarivanje, elektronskog sklopa, mješalca plina, spojnih kablova i vozila za zavarivanje. Izveden je za zavarivanje cjevovoda u horizontalnoj ili vertikalnoj poziciji. Napon zavarivanja daje izvor struje, a parametri brzine orbitalnog zavarivanja i brzine žice unose se preko elektronskog sklopa i moguće ih je mijenjati automatski, putem promjene programa na zavarivačkoj glavi. Širinu i vrijeme osciliranja regulira sam zavarivač kao i promjenu parametara za vrijeme promjene položaja zavarivanja. Slika 12. prikazuje zavarivačku glavu PASSO.



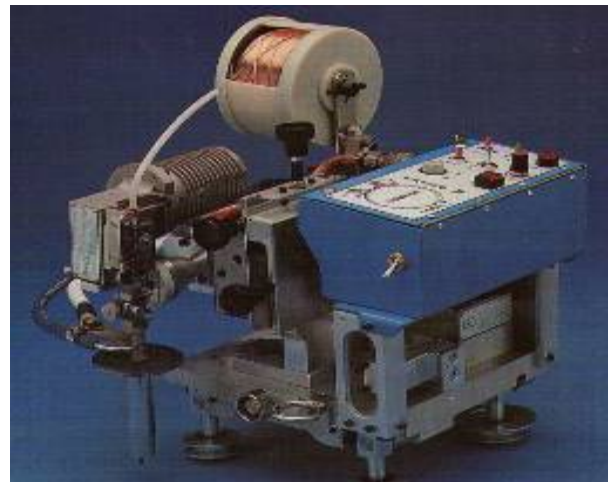
Slika 11. Predgrijavanje cijevi na 100 °C  
Figure 11. Pipes preheating at the temperature of 100 °C

Zavarivački sustav SWS je potpuno automatski zavarivački sustav, baziran na MIG–MAG postupku zavarivanja. Sastoji se od izvora struje za zavarivanje, sofisticiranoga elektroničkog sklopa koji upravlja svim parametrima zavarivanja, mješalca plina, spojnih kablova i vozila za zavarivanje s jednim ili dva gorionika. Koristi se za orbitalno zavarivanje cjevovoda na kopnu i na moru i to izrađenih od svih vrsta ugljičnih čelika i ostalih zavarljivih materijala. Parametri zavarivanja unose se u sustav preko računala, uz pomoć posebnoga programa

When preheating is completed, the welding head is mounted onto the guiding rail. The welding head is mounted so that the gear wheels on the head set are set on a jagged rail. The welding head, mounted on the rail, is kept in position by compressed air. By setting the welding parameters onto the command panel of the welding machine, the welding can start.

In the example shown, two welding systems are used, both patented by the Saipem SpA company. These are the mechanized system PASSO\*, and the fully automated system SWS\*. Basically, both are based on MIG/MAG welding processes with solid wire and shielded gas. The difference between these two systems is only in the degree of mechanization or automation.

The PASSO welding system consists of a welding power source, electronic circuit, shielding gas mixing device, connecting cables, and a carriage for welding. The PASSO welding system is designed for pipes welding in a horizontal or vertical position. Welding voltage is provided by the power source, while the speed for orbital welding and wire speed are set via an electronic control board and can be automatically changed by changing preset programs on the welding heads. The parameters of torch oscillation, e.g. width and time of oscillation, as well as changes of parameters due the welding position, set the welding operator. Figure 12 shows a PASSO welding head.



Slika 12. PASSO zavarivačka glava  
Figure 12. PASSO welding head

The SWS welding system is a semiautomatic welding system based on the MIG–MAG welding process. It consists of a welding power source, a sophisticated electronic system that controls all welding parameters, shielding gas mixing device, connecting cables and a carriage for welding with one or two torches. The SWS welding system is used for orbital welding of carbon steel pipelines as well as for pipelines made from other weldable materials, both on land and at sea. Welding parameters are entered into the system via computer with

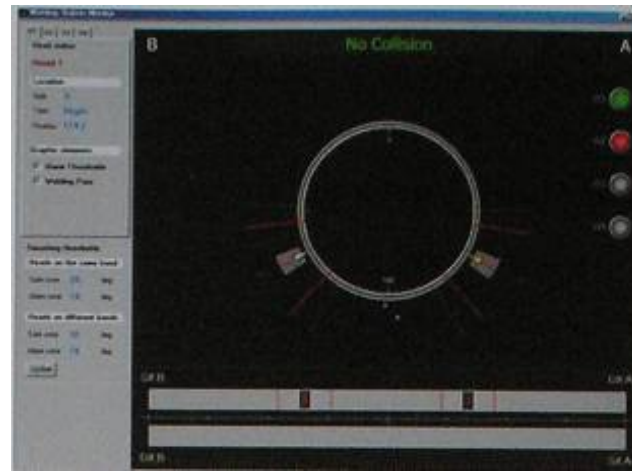
razvijenog za tu namjenu. Važan dio automatiziranog sustava je automatsko centriranje gorionika u žlijebu. Orbitalno zavarivanje podijeljeno je u kružne segmente kako bi se svakom dijelu kruga mogli dodijeliti optimalni parametri. Svi se parametri pohranjuju u memoriji računala za kasniju jednostavnu uporabu. Kako je cijeli postupak automatski, prilikom svakog prolaska zavar je konstantno iste kvalitete. Uređaj je programiran na način da također prati i razmak između dvaju vozila za zavarivanje kako ne bi došlo do njihova sudara. Uloga operatora je u nadgledanju i pozicioniranju uređaja. Na slikama 13 i 14 prikazani su karakteristični upravljački zasloni programa za SWS-zavarivanje.



Slika 13. SWS-program  
Figure 13. SWS welding program screen

Da bi sustav funkcionirao, inženjer zavarivanja mora u program unijeti niz parametara, od općih (dimenzije cijevi: promjer, debljina stijenke; naziv projekta; vrsta plina, vrsta dodatnog materijala za zavarivanje, debljina žice itd.) do specifičnih kao što su udaljenost prstena od žlijeba, dimenzije žlijeba, dubina žlijeba, kut nagiba žlijeba itd. te parametara zavarivanja (napon, struja, brzina dodavanja žice, širina i vrijeme osciliranja, brzina zavarivanja itd.). Na ovome primjeru orbitalno zavarivanje izvodila su dva vozila za zavarivanje svaki sa svoje strane cijevi. Na svakom vozilu zavarivala su dva gorionika tako da su se izvodila dva prolaza odjednom. Slika 15 prikazuje orbitalno zavarivanje cijevi. Kako je debljina stijenke 30,9 mm, potreban je veći broj prolaza. Za svaki se prolaz posebno definiraju parametri zavarivanja. U ovom primjeru potrebno je napraviti 14 prolaza da bi se ispunio cijeli žlijeb. U tablici 1 prikazani su parametri za svaki pojedini prolaz, korišteni prilikom zavarivanja cijevi.

specialized software developed for this purpose. An important part of the automated welding system is torch self-centring within a groove. Orbital welding is divided into circular segments that enables that optimal parameters are set for each part of the circle individually. All welding parameters are electronically stored. Since the entire welding process is computer controlled, the weld quality is continuously at the same high level. The welding system is programmed in a way that also monitors spacing between the two carriages for welding and to avoid their possible collision. The role of operators is to monitor and position the carriage for welding. In Figure 13 and Figure 14 are shown typical screens of the SWS welding system.



Slika 14. SWS-program  
Figure 14. SWS welding program screen

To make the welding system functional, the welding engineer must enter a number of parameters into the program, ranging from general (pipe dimensions: diameter, wall thickness, project name, type of shielding gas, filler materials specification, filler wire diameter, etc.) and specific parameters, such as distance of the guiding rail from the groove, groove dimensions, groove depth, groove angle, etc., and the welding parameters (voltage, current, wire speed, latitude and period of oscillation, the speed of welding, etc.). In the described example, orbital welding was performed by two carriages for welding, each on opposite sides of pipes. On each carriage for welding there were two torches so that the two passes are performed at once. Orbital pipes welding are shown in Figure 15.

Since pipe wall thickness is equal 30.9 mm, several passes are required. Welding parameters are defined for each pass separately. In the example, it is necessary to make 14 passes to fill the entire groove. Welding parameters for each weld pass are shown in Table 1.

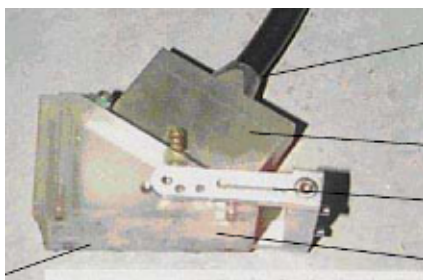
#### 4. ISPITIVANJE KVALITETE ZAVARENIH SPOJEVA

Nakon zavarivanja pristupa se kontroli zavarenog spoja metodama bez razaranja i to vizualnom metodom, rendgenskom i ultrazvučnom metodom. Vizualna metoda i rendgenska metoda klasične su metode koje se primjenjuju i kod uobičajenog nadzora kvalitete zavarivanja, dok se ultrazvučna metoda izvodi s automatskim uređajem namijenjenim upravo primjeni kod zavarenih cijevnih spojeva, slika 16. Ako ispitivanje pokaže da zavar ne zadovoljava zadane kriterije kvalitete potrebno ga je žlijebiti te ponovo ručno zavariti. Nakon izvršenog popravka zavareni se spoj ponovno ispituje.

Sam princip rada automatiziranog uređaja za ispitivanje ultrazvukom zasniva se na istim principima kao i konvencionalni uređaji za ultrazvučno ispitivanje. Ovisno o korištenoj ultrazvučnoj sondi taj uređaj može slati i primati ultrazvučne valove, pod određenim kutom, fokusirano, itd. Nakon primljenih signala dekođer obrađuje podatke i šalje ih na računalo. Na računalu se zavareni spoj prikazuje u obliku određenih valova kao što je prikazano na slici 17. Prikaz je podijeljen u zone po dubini i po prijednom putu od početne točke. Svaka zona u dubinu je od 1 do 3 mm.



Slika 15. Orbitalno zavarivanje cijevi  
Figure 15. Orbital pipes welding



Slika 16. Ultrazvučni mjerni pretvarač  
Figure 16. Ultrasonic probe

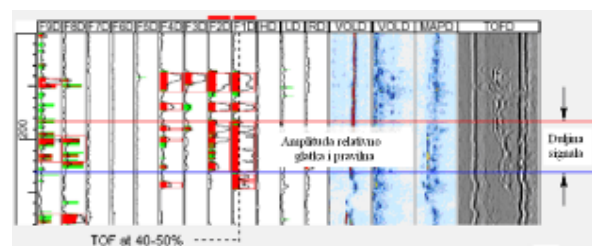
#### 4. WELDED JOINT QUALITY INSPECTION

Upon successful pipes welding follows a quality control of welds. Quality control is carried out by non-destructive methods, e.g. visual method, X-ray and ultrasonic methods. The visual method and the X-ray method are classical methods that are applied, while the automatic ultrasonic method is designed specifically for application on welded pipes joints, Figure 16. If the inspection results show that the weld does not meet the required quality criteria, the weld has to be removed and repaired by hand welding. Upon repair, the welded joint is again submitted to quality control.

The principle of automated ultrasound inspection is based on the same principles as for conventional ultrasound inspection. Depending on the applied ultrasonic probes, the ultrasound waves can be send and receive at a certain angle, focused, etc. A decoder processes the received signals and sends them to a computer. On the computer screen, the weld is shown in wave form, as seen in Figure 17. The inspection result representation is divided into zones, depending on depth and travelling path from the starting point. Each zone is 1 to 3 mm in depth.

Tablica 1. Prikaz korištenih parametra  
Table 1. Welding parameters

Prolaz Pass	Brzina rotacije glave Head rotation speed cm/m	Brzina žice Wire speed cm/min	Jakost struje Current A	Napon Voltage V	Oscilacija plamenika Torch oscillation mm
1	80-100	13,50	240-250	27	0,00
2	80-100	15,00	220-230	29	1,50
3	55-67	12,50	230-242	29	1,50
4	55-68	12,50	230-243	29	2,00
5	55-69	12,50	230-244	29	2,50
6	55-70	12,50	230-245	29	2,80
7	55-71	12,50	230-246	29	3,00
8	55-72	12,50	230-247	29	3,20
9	55-73	12,50	230-248	29	3,50
10	55-74	12,50	230-249	29	3,80
11	55-65	11,00	225-235	27	4,00
12	55-66	11,00	225-236	27	4,20
13	55-67	11,00	225-237	27	4,50
14	25-35	8,00	180-200	25	8,00



Slika 17. Prikaz očitavanja automatskog ultrazvuka  
Figure 17. Representation of reading of automatic ultrasonic inspection

Nakon izvedene kontrole zavarenih spojeva uzorci se šalju na mehanička ispitivanja. Ako su dobiveni rezultati u skladu s propisanim standardima i normama te zahtjevima naručitelja, izdaje se dokument koji definira tehnologiju zavarivanja na ispitanim uzorcima. Odobrenom tehnologijom pristupa se procesu proizvodnje cjevovoda na terenu.

## 5. ZAKLJUČAK

Zavarivanje cijevnih spojeva, posebice promjera većih od 300 mm, u suvremenoj se praksi sve češće izvodi pomoću mehaniziranih, automatiziranih pa i robotiziranih sustava za zavarivanje. Takvi postupci zahtijevaju visoku razinu pripreme žlijeba za zavarivanje što obično uključuje mehaničku obradu stranica žlijeba kao i precizno pozicioniranje elemenata koji se spajaju. U radu je prikazan jedan postupak pripreme za zavarivanje, automatiziranog zavarivanja te principa kontrole kvalitete izvedenog zavara za cijev promjera 48" (1,21 m), na čeliku povišene čvrstoće.

## LITERATURA REFERENCES

- [1] Meden, G., Pavelić, A., Pavletić, D., *Osnove zavarivanja*, Tehnički fakultet, Rijeka, 2000.  
[2] Čordaš D., *Orbitalno zavarivanje*, FSB, preuzeto s interneta, 11.12.2008.

## ZAHVALA

Rad je nastao na temelju diplomskog rada studenta Vedrana Miloša pod nazivom *Automatizirano zavarivanje i navarivanje cijevi*. Posebnu zahvalnost autori duguju tvrtki *Saipem Mediterranean Service Rijeka*, odnosno njihovu laboratoriju za zavarivanje, čiji su podaci korišteni u nastanku ovoga rada.

Primljeno / Received: 24.03.2010.

Strukovni prilog

Adresa autora / Authors' address  
Vedran Miloš  
Brodogradilište VIKTOR LENAC d.d.  
Branimira Markovića 1  
51000 Rijeka  
HRVATSKA  
vedran.milos@lenac.hr

When quality control confirms that inspected welded joints are of acceptable quality, the specimens taken from the joint are sent for mechanical testing. If the results obtained from the mechanical testing are in accordance with applicable standards and norms, and client requirements, a document that defines the technology of welding on the tested samples is issued. Finally, welding technology can be approved and the piping production process in the field can take place.

## 5. CONCLUSION

The welding of pipe joints, especially of diameters larger than 300 mm, in modern practice is increasingly performed using mechanized, automated and even robotic welding systems. Such procedures require a high level of welding groove preparation quality, which usually includes groove machining, and the precise positioning of elements that are going to be joined. The paper presents the procedure of welding preparation, automated welding and principles of welded joint quality control for welded joint of pipes with a diameter of 48" (1.21 m), in increased strength steel.

- [3] Dokumentacija tvrtke Saipem, 2009.

## ACKNOWLEDGMENTS

The paper is based on student Vedran Miloš' diploma thesis named *Automated pipes welding and surface welding*. The authors owe special gratitude to the *Saipem Mediterranean Service Rijeka* company, and their Welding laboratory, which kindly proved data used in the creation of this paper.

Prihvaćeno / Accepted: 23.04.2010.

Technical note



Dubravka Bilić  
Saipem Mediterranean Services Llc.  
Welding Laboratory Rijeka  
M. Barača 54  
51 000 Rijeka  
CROATIA  
dubravka.bilic@saipem.eni.it

Izv. prof. dr. sc. Duško Pavletić, dipl. ing.  
Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci  
Vukovarska 58  
51000 Rijeka  
HRVATSKA  
dusko.pavletic@riteh.hr