

Primena zavarivanja plazmom i kontrola zavarenog spoja pri izradi transmitera pritiska u IHTM-u

MILOŠ VORKAPIĆ, BOGDAN POPOVIĆ, IHTM-CMTM,
Centar za mikroelektronske tehnologije i monokristale

Stručni rad
UDC:621.791755.001.42

IHTM proizvodi transmiere pritiska, temperature, nivoa i diferencije pritiska. Svi ovi transmiere se sastoje od merene komore, prelaznog dela i kutije elektronike. U radu je najpre ukratko analizirana konstrukcija transmitera pritiska. Zatim je prikazana tehnologija zavarivanja njegovih sastavnih elemenata pomoću plazme i načini kontrole zavarenog spoja, da bi se potvrdila uspešnost formiranja merne komore.

Ključne reči: *transmitter, tehnologija zavarivanje plazmom, kontrola vara*

1. UVOD

Transmitter pritiska je elektronski uređaj koji služi za merenje pritiska, protoka, nivoa i temperature u nekom procesu. Na slici 1 dat je fotografski prokaz transmitera pritiska u malogabaritnoj verziji tipa TPr-110.



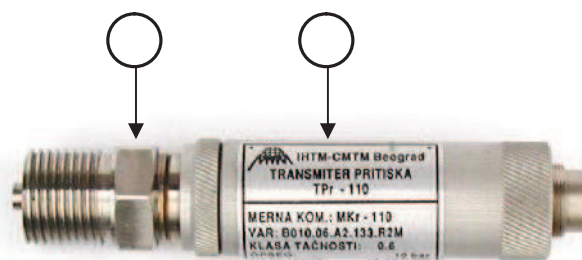
Slika 1 - Transmitter pritiska TPr-110, malogabaritna verzija proizvodnja IHTM-CMTM)

Osnovni delovi transmitera pritiska su:

- **Merna komora** - sastoji se od centralne sekcije, štampane pločice sa elementima za temperaturnu kompenzaciju i električnih veza za povezivanje senzora i elektronike za obradu signala. Mehanički delovi merne komore fiksiraju centralnu sekciju i omogućuju kontakt sa procesnim fluidom (slika 4).
- **Centralna sekcija** sastoji se od senzora, tela sekcije kao nosača senzora, uljne ispune i čelične separatne membrane (dijafragme). Separatna membrana (ili metalna dijafragma) je u kontaktu sa procesnim fluidom. Ona ima zadatak da zaštiti senzorski čip od agresivnih i

prljavih procesnih fluida. Mereni pritisak se preko separatne membrane i preko uljne ispune prenosi na membranu senzora. Uljnu ispunu čini silikonsko ulje. Centralna sekcija puni se uljem na povišenoj temperaturi i pod vakuumom. Na ovako napunjeno telo centralne sekcije zavaruje se kućište sa senzorum.

Centralna sekcija i temperaturna kompenzacija su objedinjene u **mernu komoru**, a elektronika za obradu signala i priključak su objedinjene u **kutiju elektronike** (sliku 2) Transmiere pritiska u jednom kompaktnom komadu se preko mehaničkog priključka merne komore pričvršćuju na instalaciju u radnom prostoru.



Slika 2 - Transmitter pritiska TPr-110: 1) merna komora, 2) kutija elektronike

Na slici 2 prikazan sklop transmitera pritiska sastoji se od dva osnovna podsklopa: merna komora i kutije elektronike sa konektorom. Merna komora se drugačije naziva transdjuser, pri čemu će se ovaj termin koristiti u daljem izlaganju.

Materijali od kojih se izrađuju mehanički delovi su nerđajući čelici (**SRPS EN 10088-1**; X5CrNiMo17-12-2 i X5CrNi18-10). Oni pokazuju vrlo dobra svojstva prilikom zavarivanja. Separatna membrana izrađuje se od čelične folije AISI 316. Strani proizvođači preporučuju i

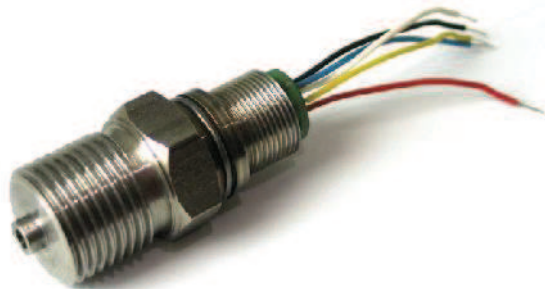
Adresa autora: Miloš Vorkapić, IHTM – CMTM
Centar za mikroelektronske tehnologije i monokristale,
Njegoševa 7, Beograd,

Rad primljen: 08. 10. 2010.

upotrebu legura na bazi nikla kao što su: *Hastelloy B i C, Inkonel, Monel* itd., koji imaju veću otpornost na koroziju i uticaj povišenih temperatura [1].

2. TRANSDJUSER PRITISKA

Na slici 3, prikazana je fotografija transdjusera pritiska CMTM-a. Izvodi se kao nezavisan deo, ili proizvod, u procesu proizvodnje transmitera.



Slika 3 - Transdjuser pritiska (proizvodnja IHTM-CMTM)

Princip rada transdjusera bio bi sledeći:

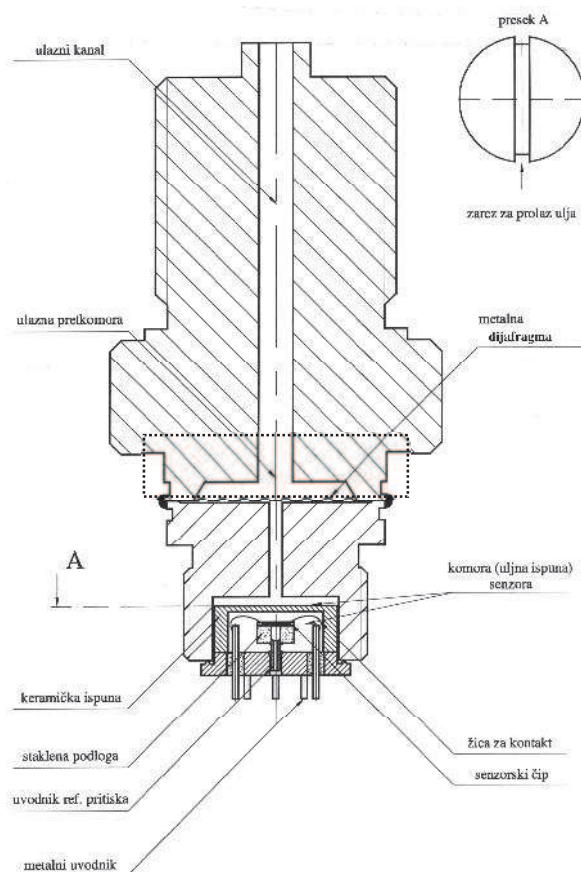
- Fluid u kome se pritisak meri preko ulaznog kanala dolazi do pretkomore koju metalna dijafragma odvaja od komore senzora (slika 4).
- Senzorska komora napunjena je silikonskim uljem koje prenosi pritisak od separatne dijafragme na mernu dijafragmu senzora. Senzor je postavljen na kućište preko staklene podloge.
- Između staklene podloge i merne dijafragme senzora, nalazi se komora sa dijafragmom koja je potrebna da se osnovna silicijumska pločica na mernom mestu stavi do potrebno malih debljina senzorske dijafragme. Bitno je istaći da komora sa dijafragmom vakumirana kod transmitera apsolutnog pritiska [2].

Kod transmitera relativnog pritiska komora sa dijafragmom je, preko kanala na staklenoj podlozi i kanala na metalnom podnožju senzora, spojena sa referentnim pritiskom (najčešće atmosferskim).

Spajanje senzora sa elektronikom se vrši preko izolovanih izvodnica podnožja senzora, a na koje se sa senzora dovode tanke zlatne žice postupkom bondovanja. Iznad senzora se postavlja zaštitna keramička kapica (slika 4) čija je osnovna funkcija smanjenje zapremine ulja u senzorskoj komori. Ovo je potrebno radi smanjenja temperaturske osetljivosti transmitera.

Na slici 4. dat je šematski prikaz poprečnog preseka transdjuserskog kućišta za CMTM-ov model TP-110.

Na ovom poprečnom preseku se može jasno videti položaj i mesto vara metalne membrane.



Slika 4 - Šematski prikaz poprečnog preseka transdjuserskog kućišta

Glavni delovi transdjuserskog kućišta su: procesni priključak, nosač senzora sa senzorskom komorom i separatna membrana (slika 4).

Sa ovoga šematskog prikaza vidi se da transmitter ima dva „hidraulična” sistema [2].

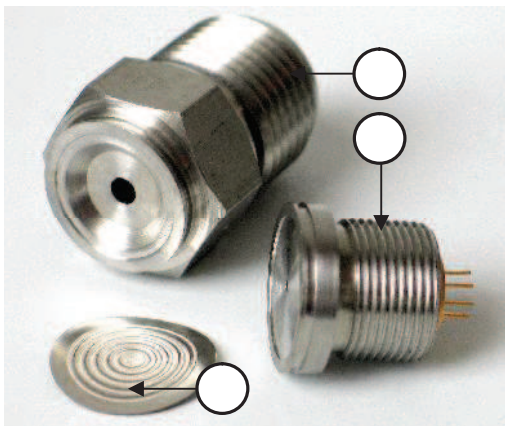
- **Spoljni** ispunjen fluidom koji se meri i koji se sastoji od kanala, pretkomore i separatne (metalne) dijafragme određene krutosti;
- **Senzorski** hidraulični sistem se sastoji od senzorske komore, senzorske dijafragme, kanala na poklopcu keramičke kapice i naravno separatne metalne dijafragme na granici sa prvim sistemom.

3. SEPARATNA MEMBRANA

Kada je membrana uklještena po obodu naziva se dijafragma. Međutim, iako su sve membrane u ovoj primeni zavarene, najčešće se u praksi i dalje koristi naziv - membrana.

Separatna membrana (slika 5) je ploča koja je oslonjena po obodu i koja se ugiba pod opterećenjem. Kod senzora i transdjusera podrazumeva se da je membrana ravnomerno opterećena po celoj kružnoj površini.

Membrana može biti ravna i profilisana. Pri malim ugibima, reda debljine membrane, profilisana membrana



Slika 5 - Elementi transdjusera pritiska: 1) procesni priključak, 2) membrana, 3) centralna sekcija sa izvodnicama

se manje ugiba, pod jednakim pritiskom, nego ravna membrana iste površine i debljine (izgled profilisane membrane vidi se na slici 5).

Profilisane membrane se najčešće prave sa profilima oblika sinusoide ili polutorusa. Toroidalne membrane su pogodnije za rad jer mogu jednom stranom da legnu na ravnu podlogu, bez oštećenja, što je često potrebno u toku ispitivanja ili merenja. Jedino ukoliko bi se koristio pritisak od više desetina bara, zavisno od debljine membrane, moglo bi da dođe do pojave „peglanja” membrane, što dovodi do deformacije istezanja. Nabori membrane se tada smanje, prostor između njih se poveća pa istegnuta membrana dobije nestabilan zatalasani oblik i unosi grešku u merenje.

Membrane sa sinusnim profilom se skoro obavezno postavljaju iznad površine koja je obrađena u obliku iste sinusoide. Ustvari, najbolje je da se zavari ravna membrana pa da se tek onda, dovoljno velikim pritiskom, deformiše na oblik.

Dakle, svojstva membrane suštinski utiču na kvalitet i tačnost merenja [1].

4. ZAVARIVANJE POMOĆU PLAZME

Membrana kao bitan element sa procesnim priključkom i centralnom sekcijom zavaruje se postupkom plazma zavarivanja.

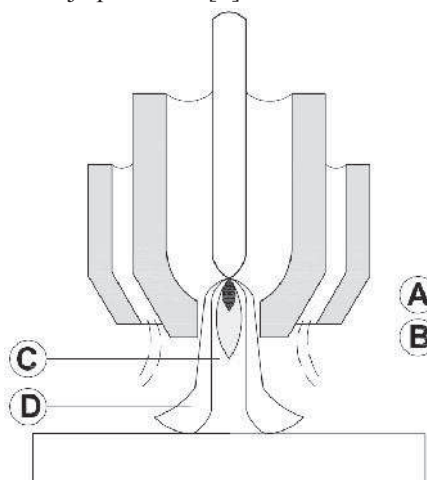
Plazma predstavlja visoko jonizovan gas [4], a obrazuje se na taj način što se radni gas (argon ili smeša argona sa vodonikom) propušta kroz električni luk, koji se održava najčešće između volfrmove elektrode i osnovnog materijala. Upravo ovaj postupak zavarivanja se obavlja u laboratoriji CMTM-a, jer plazmom se mogu zavarivati tanki limovi nerđajućih čelika što je slučaj sa separatnom membranom.

Plazma luk nastaje u specijalnom plazma gorioniku – plazmatronu koji se u osnovi sastoji od elektrode, mlaznice i izolatora između njih [5]. Za

napajanje se koristi jednosmerna struja, pri čemu elektroda ima ulogu katode, a anoda je mlaznica ili radni predmet. Električni luk se uspostavlja između volfrmove elektrode, hladene vodom i radnog predmeta i sužava se bakarnom mlaznicom koja se takođe hladi vodom [6]. Sužavanje luka je bitna odlika plazma zavarivanja, jer se time postiže bolji raspored i viša temperatura. Oko električnog luka je omotač od zaštitnog gasa koji štiti metal od oksidacije i stabilizuje električni luk.

U laboratoriji za plazma zavarivanje, kao plazma gas najčešće se koristi argon (Ar) visoke čistoće (99,95%). Argon ne izaziva nikakve metalurške probleme. Kao zaštitni gas preporučuje se smeša argona i vodonika (Ar+H₂), sa sadržajem vodonika 5–10%. Dodavanje do 5% kiseonika može biti od koristi u procesu zavarivanja nerđajućih čelika male debljine [4], što je ovde svakako slučaj.

Vodonik se ponekad dodaje u argon u malim količinama (do 5%) za zavarivanje nikla i limova nerđajućih čelika veoma malih debljina. Ova smeša daje stabilan luk koji nam je potreban u procesu zavarivanja membrane. Dodatak vodonika argonu [7] daje bolju zaštitu istopljenog metala od kiseonika, veći napon električnog luka i manji viskozitet tečnog metala. Na slici 6, dat je šematski raspored temperatura u zoni luka tokom zavarivanja plazmom [8].



Slika 6 - Temperaturne zone luka prilikom zavarivanja plazmom: A) >24000 K, B) 16000-24000 K, C) 10000-16000 K, D) 4000-10000 K

Uređaj za plazma zavarivanje obično ima dva odvojena izvora: za pomoćni luk i za luk plazme. Na slici 7. data je fotografija uređaja za plazma zavarivanje koji se koristi u IHTM-CMTM-u.

U laboratoriji CMTM-a koristi se PLASMAFIX 50S, uređaj za zavarivanje kod kojeg je jedinica za zavarivanje tranzistorskog tipa, sa analognim izvorom gde su kontrolni i komandni elementi specifikirani samo za plazma luk. Uređaj je projektovan tako da je luk za zavarivanje u opsegu od 0,05A do 50A [3].



Slika 7 - Uređaj za plazma zavarivanje PLASMAFIX 50S

Karakteristike rada PLASMAFIX 50S: radi na 220V–9.2A: 100%DC; 380V 5.3A: 100%DC, 440V–4.6A: 100%DC, raspoloživi napon rada uređaja 9-40V.

5. TEHNOLOGIJA ZAVARIVANJA DELOVA TRANSTRJUJIDERA PRITISKA

Postupak zavarivanja se prvenstveno svodi na zavarivanje cilindričnih delova i tankozidnih membrana. Aparatura je specifična i modifikovana upravo za tu svrhu; poseban pomoćni pribor se koristi za stezanje radnog komada u procesu zavarivanja, kako je prikazano na slikama 8 i 9. Ovi uređaji služe za čono spajanje elemenata [9].

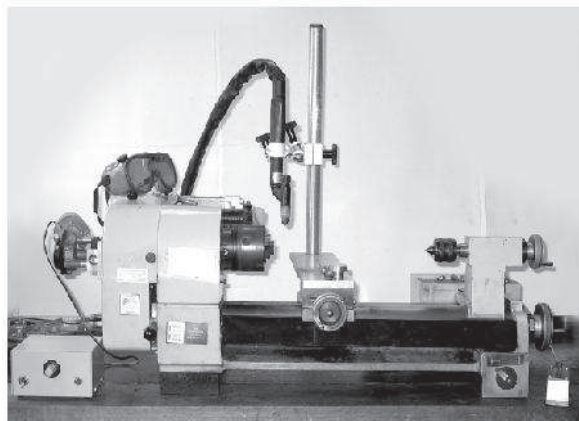
Uređaji za čono spajanje elemenata, koji se koriste u laboratoriji CMTM-a, su obično stezne naprave u kojima se predmeti dovode u propisan međusobni položaj za samo spajanje i kasnije zavarivanje [9]. Ivice pripremljenih elemenata se postavljaju i održavaju u određenim razmacima i ravnima, odnosno vrši se njihovo centriranje. Ovim uređajima se ujedno sprečavaju deformacije koje mogu nastati u procesu zavarivanja.

Svrha uređaja je ukrućivanje komada, a to može da izazove pojavu pukotina pri zavarivanju.

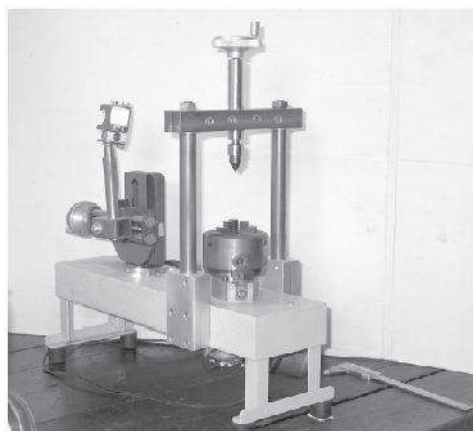
Nosači uređaja za zavarivanje [9] mogu biti konzolni ili portalni. Primer konzolnog uređaja koji se koristi u laboratoriji CMTM-a dat je na slikama 8 i 9. Ovakav uređaj služi za učvršćivanje glave automata za zavarivanje i omogućava kretanje glave automata (translacije, rotacije). Najpovoljniji položaj za pozicioniranje vara je horizontalan odozgo gde se postiže najveća proizvodnost i kvalitet zavarenih spojeva

Na slici 9 dat je prikaz uređaja kojim se cilindrični komad dovodi u vertikalni položaj.

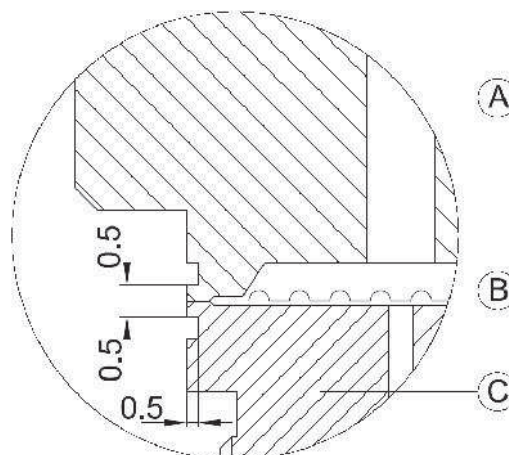
Na slici 10 dat je prikaz pripreme ivica elemenata za zavarivanje plazmom. Čišćenje ivica za zavarivanje obavlja se turpijom, brusnim papirom,



Slika 8 - Horizontalni nosač uređaja za zavarivanje IHTM-CMTM-a

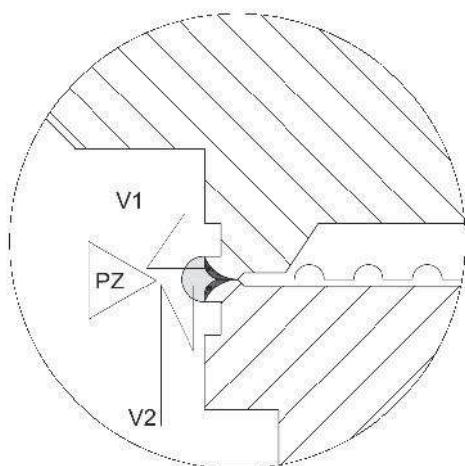


Slika 9 - Vertikalni nosač uređaja za zavarivanje IHTM-CMTM-a



Slika 10 - Prikaz pripreme ivice delova na mestu zavarivanja: a) merna komora, b) membrna, c) centralna sekcija

a na kraju vrši se pranje elemenata trihloretilenom. Nakon postavljanja u uređaj za zavarivanje vrši se završno čišćenje elemenata komprimovanim vazduhom. Vrlo je važno da ovaj postupak čišćenja bude neposredno pre zavarivanja.



Slika 11 - Prikaz preseka vara: V1) koren vara, V2) formiran var

Priprema membrane zavisi od samog načina zavarivanja i razlikuje se od slučaja do slučaja. Profilisanje membrane nakon zavarivanja proizvodi ravnomerno zategnutu membranu pravilnog oblika. Na slici 11. dat je presek vara merne komore, membrane i centralne sekcije. Koren vara V1, je oblast u kojoj je membrana pravilno nalegla i zavarena, a tu dolazi do uklještenja materijala merne komore i centralne sekcije.

Prilikom zavarivanja membrane, osim što dolazi do plastične deformacije, membrana se i zategne. Time ona stekne jedan napon koji se ogleda u povećanju krutosti. Pored toga, formirani prstenasti var, praktično smanjuje prečnik slobodnog dela membrane, što takođe dovodi do povećanja krutosti (slika 11).

Metalne membrane se konstruišu tako da njihova krutost najmanje moguće utiče na merenje, što praktično znači da treba da bude što mekša. Međutim pošto se kućište ispunjava uljem, a ono se sa temperaturom širi i skuplja, potrebno je da membrana ima što veći „hod“ u okviru koga je njena krutost linearna funkcija pritiska. Ova dva zahteva su u suprotnosti, tako da u praksi mora da se vodi računa da konstrukcija kućišta bude takva da sadrži najmanju moguću količinu ulja, da ima dovoljno veliku membranu, da membrana bude što tanja, a da kućište bude dovoljno čvrsto. Na slici 12, data je fotografija izgleda vara na transdjuseru pritiska.

Glavni parametri koji su korišćeni prilikom plazma zavarivanja u procesu formiranja transdjuserskog sklopa (procesni priključak R1/2):

- Struja luka: $I_{ST}=2A$, $I_N=12A$, $I_P=5A$, $I_{KF}=2A$
- Impulsni režim rada 50%
- Vreme rada $t=90s$
- Brzina okretanja glave horizontalnog nosača uređaja u opsegu od 4-5 mm/s.



Slika 12 - Fotografija vara na transdjuseru formiranog plazma zavarivanjem

6. KONTROLA I ISPITIVANJE ZAVARENOG SPOJA

Kontrola ima zadatak da stvori uslove za nesmetano izvođenje zavarenog spoja. Postoje tri karakteristične faze u kojima se kontrola kvaliteta zavarenih spojeva izvodi [10]:

- pre početka zavarivanja
- tokom izvođenja zavarivanja
- posle završenog zavarivanja.

Kontrola pre zavarivanja – obuhvata postupak zavarivanja, postupke pripreme (čišćenje elemenata, dovođenje elemenata u osnu ravan, upotrebu pomoćnih pribora, kontrolu izvođenja procesa zavarivanja, kontrolu izvođenja vara i temperaturu predgrevanja.

Kontrola tokom zavarivanja – u toku zavarivanja pažnju treba obratiti na savesno izvršavanje postupka, jer od njih u najvećem delu zavisi kvalitet zavarenog spoja. Kontrole koje se tu izvršavaju su: način spoja, postupak zavarivanja, redosled izbora parametara i ostalih uslova zavarivanja.

Kontrola posle zavarivanja – izvodi se metodama bez razaranja i sa razaranjem.

7. KONTROLA ZAVARENOG SPOJA BEZ RAZARANJA

Metode kontrole bez razaranja koje se koriste u CMTM-u su:

- vizualna kontrola i
- helijum detektor kontrola.

Vizualna kontrola je najvažniji i najbitniji činilac u kontroli zavarenog spoja [11]. To je jedina od metoda nerazorne kontrole bez razaranja koja se može uočiti, gde se može predvideti uzrok i mesto nastajanja greške. Zbog toga vizualna kontrola ima primarno značenje u odnosu na ostale vrste kontrole. Za vizualnu kontrolu

površina treba da bude čista. Ova metoda kontrole daje vrlo korisne informacije o kvalitetu zavarenih spojeva.

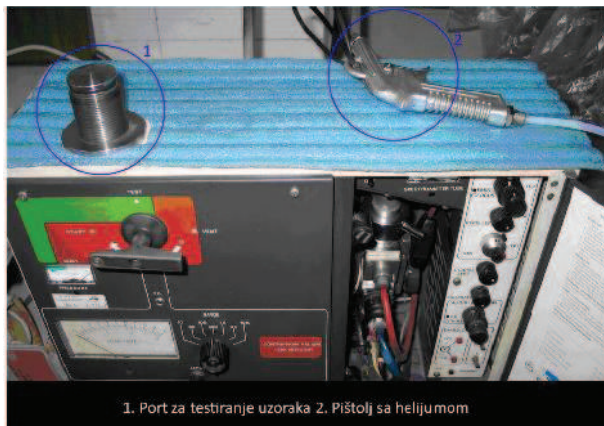
Kontrola pomoću helijum detektora u CMTM-u se koristi kao efikasan metod u kontroli zavarenog spoja bez razaranja. Ovom metodom se proverava kvalitet zavarenog spoja. Postupak kontrole zavarenog spoja (u našem primeru kod transdjusera pritiska) izvodi se sledećim fazama:

- Uključivanjem indikatora pritiska (slika 12) treba da se postigne kritična vrednost pritiska od 10^{-2} mbar, a to je nivo vakuuma koji je potrebno postići za bezbedan rad difuzione pumpe. Ručica sa položaja START prelazi na položaj TEST (slika 14).



Slika 13 - Indikator pritiska na instrumentu za merenje vakuuma

- Nakon što se difuziona pumpa zagreje potrebno je uključiti indikator curenja (slika 13), gde se kazaljka indikatora pomera usled detekcije zaostalog helijuma iz vakuuma. Detektor poseduje dva vlakna: glavno i rezervno. Ukoliko dođe do pregorevanja glavnog vlakna potrebno je aktivirati rezervno vlakno. Oda-birom vlakna izvršeno je i uključivanje vlakna koje zavisi od spektrometrijske indikacije pritiska.
- Ukoliko kazaljka instrumenta izađe iz zelenog opsega potrebno je ponoviti postupak paljenja. Nakon ponovnog uključivanja uređaja ukoliko kazaljka ostane u pomenutom opsegu pali se zelena lampica i vlakno je spremno za rad. Nakon toga odvrće se ventil na boci sa helijumom.
- Ručica se prebacuje sa položaja TEST na položaj VENT i može da počne merenje. U zavisnosti od oblika uzorka uzima se odgovarajući nastavak i stavlja se na podlogu za uzorke (slika 14). Kvalitetno zaptivanje izvodi se korišćenjem nastavka sa odgovarajućim O-ringom, jer u suprotnom nije moguće vakuumirati sistem sa uzorkom do kritičnog nivoa od 10^{-2} mbar neophodnog za dalje vakuumiranje difuzionom pumpom.



Slika 14 - Helijum detektor: 1) radni deo za testiranje uzorka, 2) pištolj sa helijumom

- Nakon postavljanja nastavka i uzorka na podlogu pristupa se merenju. Prebacuje se ručica sa položaja VENT na položaj START. Uzorak mora da se drži čvrsto, jer je uključena mehanička pumpa i aktiviran je proces vakuumiranja. U toku ovog postupka prati se položaj kazaljke instrumenta i čeka se da nivo pritiska padne ispod kritične vrednosti od 10^{-2} mbar (slika 13).
- Sada može da se uključi difuziona pumpa, a to se radi tako što se prebaci ručica sa položaja START na položaj TEST. Nakon toga moguće je testiranje uzorka helijumskim poštoljem.
- Helijum se ubrizgava pištoljem na mesto vara koji želimo da proverimo. Ukoliko kazaljka indikatora curenja ostane na nultom položaju konstatuje se da je var dobar. Nakon provere uzorka ponavlja se postupak tako što se prebacuje ručica sa položaja TEST na položaj VENT. Ovim je pripremljena podloga za testiranje novog zavarenog uzorka.

8. ZAKLJUČAK

U industrijskim postrojenjima vladaju, često veoma nepovoljni uslovi. Jedna vrsta problema u merenju je prouzrokovana potresima, udarima, visokim ili naglim promenama temperature i pritiska, koji vladaju na uređajima i u okolini mernih mesta [12].

Druga vrsta problema, nastaje zbog hemijskog uticaja okoline na materijale od kojih su sastavljeni transmiteri. Kada se transmiter, ili direktno transdjuser, koristi u hemijsko agresivnim sredinama, najviše je ugrožen deo koji je direktno u kontaktu sa sredinom, a to su dijafragma i priključna prirubnica [13]. Zbog toga se ti delovi kod standardnih transmitera izrađuju od nerđajućeg čelika, koji su otporniji od drugih vrsta čelika na delovanje velikog broja kiselih i baznih jedinjenja.

Prednosti plazma zavarivanja [7]:

- veća stabilnost luka
- uža zavareni spojevi

- lakše dodavanje dodatnog materijala
- zavareni spoj može se izvesti u jednom prolazu
- izuzetno je kratko vreme zavarivanja
- zavareni spoj je male debljine.

Postupak zavarivanja plazmom ima i svoje nedostatke [14]:

- oprema za zavarivanje plazmom košta više nego bilo koji drugi metod
- keramičke mlaznice na kraju gorionika imaju kratak radni vek zbog veoma visoke temperature luka plazme
- velika potrošnja inertnog gasa uske tolerancije pripreme spoja s obzirom na prirodu luka
- najčešće se koriste čeonni spojevi.

U ovom radu videli smo da postupak zavarivanja plazmom daje dobre rezultate po pitanju dobijanja zavarenog spoja na cilindričnim površinama. Postupak zavarivanja je poluautomatizovan, pomoćni pribori su konstruirani i izrađeni za tu svrhu, a materijali koji se koriste su isključivo nerđajući čelici. Vidimo da je ovim postupkom omogućeno vrlo kratko vreme zavarivanja kao i formiranje spoja u jednom prolazu.

Kao glavni problem prilikom ovog postupka zavarivanja javlja se uska tolerancija pripreme čeonog spoja. Uska tolerancija zahteva kvalitetnu obradu elemenata, ispolirane i čiste površine kao i specijalne pomoćne uređaje (hladnjaci za odvođenje toplote). Sve ovo usložnjava proces izrade i pored skupe opreme za zavarivanje. Uspeh formiranja zavarenog spoja kod transdjusera ogleda se svakako u kvalitetu izrade elemenata [13], njihove pripreme za zavarivanje kao i sam postupak zavarivanja koji smo opisali u ovom radu.

Ispitivanje kvaliteta zavarenog spoja, u IHTM-CMTM-u, ni u čemu ne zaostaje od svetskih priznatih i renomiranih firmi koji se bave istom tematikom. Ovakav postupak ispitivanja je kvalitetan i do sada je dao dobre rezultate. Oprema koja je namenjena u tu svrhu je oprema za detekciju curenja pomoću helijuma, tzv. „LEAK” detektor, koji radi po principu visokog vakuuma i prodora helijuma kroz prsline na zavarenom spoju.

Da bi se išlo u korak sa novim tehnološkim razvojem koje diktiraju vodeće organizacije, institucije i stručnjaci, IHTM-CMTM će težiti da osvoji i tehnologiju zavarivanja laserom. Studiozno se razmatra mogućnost kupovine odgovarajućeg uređaja, sa ciljem da se postigne visoka produktivnost i kvalitet zavarenog spoja. Izuzetno je važno dobro poznavanje „svetskog tržišta tehnologija” jer profitabilnost preduzeća u velikoj meri zavisi od primenjenih tehnoloških rešenja.

LITERATURA

- [1] M. Matić, M. Vorkapić, Transmitter pritiska za primenu u agresivnim sredinama, projekat. Ministarstvo za nauku, tehnologiju i razvoj. Projekat IT.I.04.0063B „Transmiteri pritiska (nivoa, protoka) na bazi mikro-elektromehaničkih (MEMS) senzora“, Beograd, 2002.
- [2] M. Smiljanić, M. Vorkapić, D. Tanasković, Hidraulično-elektromehaničke analogije kod sistema sa diskretnim elementima, studija. Ministarstvo za nauku, tehnologiju i razvoj, projekat IT-I.04.00^3B „Transmiteri pritiska (nivoa, protoka) na bazi mikro-elektromehaničkih (MEMS) senzora“, Beograd, 2002.
- [3] <http://www.oerlikon-schweisstechnik.ch>
- [4] Sedmak, A., Šijački-Žeravčić, V., Milosavljević, A., Đorđević, V., Vukićević, M.: Mašinski materijali II deo, izdanje Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, 2000.
- [5] M. Milotić, Priručnik za zavarivače, Autogeno i plazma rezanje, 2. dop. izdanje, Saobraćajni fakultet Doboj, Doboj, 2008. ISBN 978-99955-36-06-0
- [6] V. Šijački-Žeravčić, A. Milosavljević, A. Sedmak: PRIRUČNIK ZA MAŠINSKE MATERIJALE, Mašinski fakultet Beograd, 1996.
- [7] A. Blagojević, Omer Pašić, ZAVARIVANJE, LEMLJENJE, LIJEPLJENJE, Mostar, 1991.
- [8] Kou Sindo, Welding metallurgy, A Wiley-Interscience publication, 2000., ISBN 0-471-43491-4
- [9] Ergić T. Roboti za zavarivanje, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 1995.
- [10] Zvonimir, Lukačević: Zavarivanje, Strojarski fakultet, Sl. Brod, 1998.
- [11] Cary, H. B., Modern Welding Technology, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1979.
- [12] V. Jovanov, M. Frantlović, Optimizacija procesa merenja za digitalnu kompenzaciju piezootpornog senzora pritiska proizvodnje IHTM-CMTM", Proc. 51st Conference ETRAN, Herceg Novi - Igalo, June 4 - 8, 2007, pp. MO3.3-1-4
- [13] M. Frantlović, V. Jovanov, B. Miljković, Inteligentni industrijski transmiteri pritiska i drugih procesnih veličina, XVI, TELFOR 2008, Beograd, 25-27. 11. 2008, pp. 7.14-1-4, ISBN978-86-7466-337-0
- [14] A. Majstorović, M. Jovanović: Osnovi zavarivanja, lemljenja i lepljenja, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
- [15] Welding Handbook, Vol. 1, 7th ed., American Welding Society, Miami, FL, 1976, pp. 2-32.
- [16] Janez Tušek: Novi postupci spajanja materijala; Zavarivanje i zavarene konstrukcije br.3, DUZS, Beograd 2001.
- [17] B. Kraut, Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 1988.
- [18] M. Đurđanović: Tehnologija zavarivanja, autorizovana predavanja, Mašinski fakultet Niš, 2003.

SUMMARY**CREATING AND CONTROL OF WELDED JOINTS IN IHTM**

IHTM produces pressure transmitters, temperature transmitters, level transmitters and transmitters of differences pressure. All transmitters consist of measuring chamber, transitional part and electronic boxes. The paper analyzed the development of measuring chamber, the procedures of welding elements and the way of control chambers welded joints. Creating and control welding circuit defines the successful implementation of measuring chamber.

Key words: *transmitter, technology, plasma welding, weld control*