

POBOLJŠANJE KVALITETA MAG/MIG ZAVARIVANJA UPOTREBOM DIGITALNO KONTROLISANIH UREĐAJA

IMPROVEMENTS OF GMAW/MIG/FCAW WELDING QUALITY BY USING DIGITALY CONTROLLED DEVICES

Petar Tasić, v. asist.,
Ismar Hajro, v. prof. dr.,
Damir Hodžić, v. prof. dr.
Mašinski fakultet Sarajevo
Vilsonovo šetalište 9, Sarajevo

REZIME

Zavarivanje je veoma značajan postupak u pojedinačnoj i serijskoj proizvodnji. Također stvara i značajne troškove za osiguranje kvaliteta, uglavnom zbog same prirode procesa spajanja i velikog broja faktora koji utiču na kvalitet konačnog proizvoda. Stalna su nastojanja da se poveća kvalitet, a smanje troškovi njegovog osiguranja. Ovo je u određenoj mjeri postignuto uvođenjem digitalno kontroliranih uređaja za zavarivanje, koji omogućavaju smanjenje uticaja čovjeka (zavarivača). Ovaj rad predstavlja prednosti upotrebe takvih uređaja za osiguranje kvaliteta prilikom zavarivanja konstrukcionih čelika.

Ključne riječi: zavarivanje, MAG, MIG, osiguranje kvaliteta

ABSTRACT

Welding is one of the most important processes in manufacturing, either in small or large scale. It generates significant costs, mostly due to nature of joining and many factors influencing quality of the final product. There is always present effort to improve quality, while reducing costs connected with its assurance. This has been managed by introducing digitally controlled welding devices, since they significantly reduce influence of welder. This paper summarizes advantages achieved by using such devices for welding of structural steels.

Keywords: welding, GMAW, MIG, FCAW, quality assurance

1. UVOD

Zavarivanje se može smatrati jednom od ključnih proizvodnih tehnologija. Zastupljeno je u veoma širokoj paleti proizvoda koji se svakodnevno direktno ili indirektno koriste, kao što su automobili, cjevovodi, termoenergetska postrojenja, bicikla, medicinska oprema, alati i različite vrste posuda. [1] Upotreba zavarivanja ima velike prednosti nad drugim tehnologijama primarne proizvodnje (kao što su kovanje, livenje, valjanje) jer omogućava mnogo fleksibilniji dizajn, jednostavniji postupak optimizacije konstrukcije, proizvodnju i/ili montažu u segmentima i slično. U konačnici to daje jeftiniji proizvod, koji se može mnogo lakše plasirati na tržište.

Samim postupkom zavarivanja je moguće spajanje različitih istorodnih ili raznorodnih materijala s ciljem ostvarenja materijalnog kontinuiteta. Može se koristiti na otvorenim prostorima (na primjer reparaturno, i to se obično opisuje kao montažni uslovi) ili direktno u procesu proizvodnje u zatvorenim prostorima (na primjer u radionicama, i to se obično opisuje kao radionički uslovi). U prvom slučaju se uglavnom koristi REL zavarivanje, a ukoliko je neophodno neki drugi postupak. U drugom slučaju se uglavnom koriste elektrolučni postupci koji nude znatno veću brzinu deponovanja materijala (MAG/MIG/FCAW). [2]

Za radioničko zavarivanje konstrukcionih čelika različitih debljina se već dosta dugo koriste MAG i FCAW (metalnim prahom punjena žica) postupci, jer daju najbolji odnos vremena proizvodnje, cijene zavarenog spoja i njegove kvalitete. Od ove vrste čelika se prave različita postolja, nosači, grede, podupirači, kućišta i slični elementi, i od njega se očekuje da u eksploataciji podnosi isključivo mehanička opterećenja.

Obzirom na vrlo kompleksna eksploataciona opterećenja zavarenih proizvoda (procesna, funkcionalna i prirodna), havarije istih mogu biti vrlo opasne i sa značajnim materijalnim i ekonomskim posljedicama. Ovo je samo jedan od razloga zašto je danas u oblasti zavarivanja i proizvodnje različitih zavarenih proizvoda prisutno veoma mnogo međunarodnih i lokalnih tehničkih propisa i standarda, čija je upotreba određena strogom zakonskom regulativom. [1]

2. OSIGURANJE KVALITETA PRI ZAVARIVANJU

Zavarivanje se prema ISO 9001 smatra specijalnom proizvodnom djelatnošću ili tehnologijom, obzirom da se završnom inspekcijom ne može jednostavno dokazati kvaliteta konačnog proizvoda. Ovo znači da se inspekcijom ne može utvrditi kvaliteta direktno na proizvodu; već sistem osiguranja kvaliteta mora biti ugrađen u kompletan proces nastanka proizvoda, od projektovanja, preko kvalifikacije i certifikacije osoblja i procedura, nabavke i upotrebe materijala, zavarivanja, do ispitivanja bez razaranja i nadzora. Zato su pri zavarivanju bitne uloge svih dijelova sistema za kontrolu i osiguranje kvaliteta; od zavarivača i operatera, preko inspektora i koordinatora zavarivanja, do projekatana i menadžera. [1]

Kvalitet proizvoda je uvijek jedan od najvažnijih elemenata proizvodnje koji neposredno utiče na uspješnost proizvoda na tržištu koje se odražava kroz zadovoljstvo kupca. Osnovni dijelovi osiguranja kvalitete su planiranje kvaliteta, upravljanje kvalitetom i ispitivanje kvaliteta. Da bi se ostvario zadovoljavajući kvalitet, potrebno je upravljati svim aspektima kvaliteta i kontrolisati ih kontinuirano. [3] Upravljanje kvalitetom obuhvaća sve aspekte kvaliteta, od oblikovanja proizvoda, preko proizvodnje do korištenja proizvoda.

Veoma je važno da se karakteristike kvaliteta mogu mjeriti i kvantificirati. Mjerenja u većini slučajeva mogu biti relativno jednostavna, a karakteristike kvaliteta moguće je identifikovati:

- eksperimentalnom metodom,
- analitičkom metodom i
- anketnom metodom.

Ono što je ključno kod spomenutih postupaka zavarivanja konstrukcionih čelika (MAG i FCAW) je to što su to postupci sa topljenjem. To vodi usložavanju kontrole završnog proizvoda, i podrazumijeva veliku važnost svakog pojedinog koraka kontrole kvaliteta. Sami čelici nisu u tolikoj mjeri problem. Većina konstrukcionih čelika je dizajnirana da bude lako zavariva, budući da se ugrađuju u masivne proizvode, te bi bilo nepraktično za takve potrebe koristiti čelike koje treba predgrijavati ili dodatno termički obrađivati. Izuzetak su, na primjer, visokočvrsti konstrukcioni čelici.

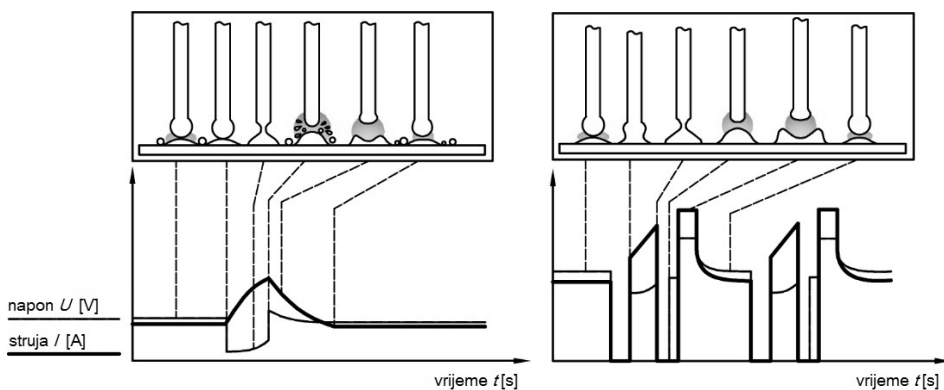
Međutim, kod MAG/FCAW postupka je nemoguće izbjeći topljenje materijala prilikom zavarivanja. Pri tome se tope i osnovni i dodatni materijal, i prilikom očvršćavanja nastaje

zavareni spoj. [2] Upravo zbog ovoga je važno provođenje kontrole kvaliteta u svakoj fazi. Kontroliraju se osnovni materijal (prvenstveno njegov hemijski sastav), dodatni materijal, zaštitni gasovi, parametri zavarivanja (uređaj i, dodatno, parametri tokom samog zavarivanja), zavarivač i na kraju zavareni spoj. Također, i proizvod u cjelini. Ovo upućuje na to da su troškovi osiguranja kvalitete zavarenog proizvoda značajni. Oni su povezani direktno sa materijalnim troškovima uređaja i aparata koji služe za kontrolu, ali i troškovima radne snage koja je vrši.

Posljedica topljenja prilikom zavarivanja je kristalizacija prilikom hlađenja. Relativno mala odstupanja u parametrima zavarivanja (dakle, u pogonskoj energiji) mogu uzrokovati značajna odstupanja u brzini hlađenja i na taj način uticati na nastalu mikrostrukturu. [4] Posljedično, moguća su odstupanja u osobinama zavarenog spoja, odnosno proizvoda. To znači i odstupanja od onoga što je zahtjev klijenta. Kontrola svih koraka u ovom slučaju vodi ostvarenju kvaliteta zavarenog spoja, odnosno prodaju proizvoda.

3. DIGITALNO KONTROLISANI UREĐAJI ZA ZAVARIVANJE

Značajan korak naprijed u kontroli kvaliteta zavarenih proizvoda je ostvaren uvođenjem digitalno kontrolisanih uređaja za zavarivanje u proizvodnju. Danas se mogu smatrati uobičajenim, ali je to do unazad desetak godina bila još uvijek relativno nova stvar. Oni u suštini mijenjaju način prenosa metala u električnom luku, i time ostvaruju prednosti u odnosu na zavarivanje konvencionalnim uređajima. Proizvođači opreme za zavarivanje koriste različite nazive za ovakav način prenosa metala, ali se u suštinski radi o postupku visoke efikasnosti i kvalitete za tanke materijale i korijeni zavar kod debelih materijala. Ovo je ostvareno kroz nezavisno upravljanje jačinom struje i brzinom dostave žice, što je u suprotnosti sa konvencionalnim uređajima. U praksi ovo znači da se može koristiti jača struja, bez da se povećava brzina dostave žice. Principijelna razlika između konvencionalno i digitalno kontrolisanih uređaja je u načinu kako se stvara kapljica istopljenog metala i kako se prebacuje do kupke. [5] Ovo prikazuje slika 1.

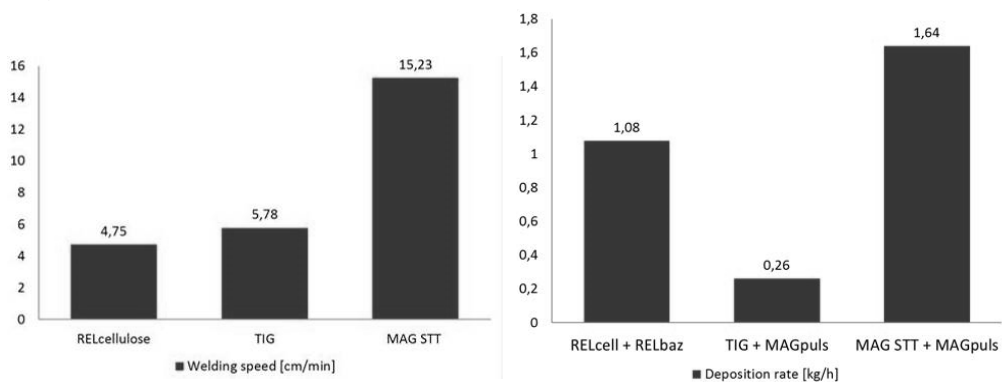


Slika 1. Konvencionalni MAG/MIG proces zavarivanja i odgovarajući prijenos metala (lijevo) i digitalno kontrolisani proces zavarivanja i odgovarajući prijenos metala (desno) [6]

Kod različitih proizvođača postoje varijacije u odnosu na prikazani ciklus, i mogu da imaju manje ili više faza. Ovaj konkretan primjer ima šest različitih faza unutar jednog perioda koji traje između 25 i 35 milisekundi.

Digitalno kontrolisani uređaji su naišli na primjenu kao zamjena za konvencionalne uređaje za zavarivanje u radioničkim uslovima, ali se po potrebi mogu koristiti i u montažnim. Brojne su prednosti koje nudi ovaj proces, a koje direktno ili indirektno utiču na kvalitet zavarenog proizvoda [5]. Neke od njih su tehničke i ekonomske, kao što su:

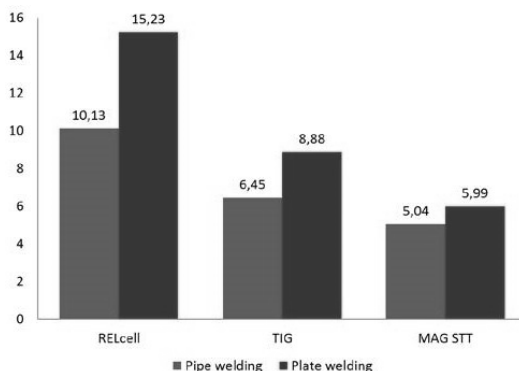
- veća brzina zavarivanja i produktivnost u odnosu na konkurentne procese (slika 2),
- kraće vrijeme zavarivanja,
- kompaktan dizajn uređaja za zavarivanje,
- smanjeno vrijeme obuke za rad sa ovakvim uređajima.
-



Slika 2. Poređenje brzine zavarivanja (lijevo) i brzine deponovanja (desno) upotrebom konvencionalnih i digitalno kontrolisanih uređaja za isti osnovni materijal i uslove zavarivanja [5]

Međutim, mnogo su veće prednosti koje ovaj postupak nudi, a koje omogućavaju značajno unapređenje kvalitete zavarenog proizvoda. Neke od njih su:

- izvanredno zavarivanje korijena zavarenog spoja,
- precizna kontrola penetracije,
- manje prskanje, manja mogućnost greške uslijed prskanja,
- izvrsna kontrola unosa toplote,
- manji unos toplote i značajno manje deformacije predmeta, pogotovo tankih (slika 3),
- potpuna kontrola kupke tokom zavarivanja.
-



Slika 3. Poređenje pogonske energije (kJ/mm) za zavarivanje cijevi i limova upotrebom konvencionalnih i digitalno kontrolisanih uređaja za isti osnovni materijal i uslove zavarivanja [5]

Kako se vidi sa slika, tehničke i ekonomske prednosti su više nego očite, a samim time i one koje se vežu za osiguranje kvaliteta upotrebom digitalno kontrolisanih uređaja.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Za koncept razumijevanja poboljšanja kvaliteta zavarenog spoja zbog digitalne i nezavisne kontrole jačine struje i brzine dostave žice je potrebno razumjeti rezultate dobijene ispitivanjem, a prikazuju ih slika 2 i slika 3. Ključno je to da ovakav proces vodi povećanju i brzine zavarivanja i brzine deponovanja materijala, uz istovremeno smanjenje unosa toplote, što na prvi pogled može izgledati kontradiktorno. Sada se može zaključiti da je ovo proces u kojem se materijal topi tačno određenom brzinom, i da je to njegova najveća prednost.

Prije zavarivanje je potrebno utvrditi koji su parametri zavarivanja potrebni. Za razliku od konvencionalnih uređaja, kod digitalnih je u potpunosti omogućeno upravljanje putem laptopa (putem USB porta) ili čak mobilne aplikacije. Na taj način se parametri mogu direktno preuzeti iz baze podataka proizvođača, koji je uređaj ispitao za cijeli niz kombinacija osnovnih i dodatnih materijala. Za sve te kombinacije proizvođač može (ali ne mora) već imati osigurane specifikacije procedure zavarivanja koje su prošle kvalifikaciju procedure zavarivanja. Na taj način je sistem osiguranja kvalitete već ugrađen u sistem proizvodnje sa strane proizvođača uređaja za zavarivanje.

Kada se utvrde ključni parametri zavarivanja (jačina struje, napon i brzina zavarivanja), unos toplote je tačno onoliki koliki je potreban da se dodatni materijal topi uz održavanje temperature kupke. Nema prekomjernog unosa toplote, a to vodi tome da se predmeti koji se zavaruju ne deformišu. Sveukupno, ovo vodi smanjuju škarta, što ukazuje na poboljšanje kvaliteta proizvodnog procesa. Ujedno, ovime se osigurava i potpuna ponovljivost procesa. Veoma interesantna stvar vezana za ovako nizak unos toplote (kojim se materijali od kojih nastaje zavareni spoj tope samo koliko je krajnje neophodno) je mogućnost kontrole rezultata procesa zavarivanja putem kontrole izgleda zavarenog spoja. Ovo je koncept koji se uspješno koristi već desetak godina za kontrolu procesa zavarivanja trenjem, kod kojeg uopšte nema topljenja [7].

Praćenje procesa zavarivanja putem odgovarajućih aplikacija (računarskih i mobilnih) nudi mogućnost njegove statističke analize, budući da je moguće dobiti zapise (logove) parametara. Ovo može značajno doprinijeti poboljšanju kvaliteta procesa zavarivanja kroz nadzor i analizu. Takvo nešto nije moguće upotrebom konvencionalnih uređaja za zavarivanje, kod kojih se uobičajeno mogu dobiti samo trenutne vrijednosti parametara. Jedna od mogućih prednosti, mada ne ključna, je i mogućnost potpune automatizacije ili robotizacije ovog procesa zavarivanja. Nije ključna jer je to moguće napraviti za bilo koju varijantu MAG/MIG/FCAW procesa zavarivanja, ali blagu prednost digitalnim uređajima daje njihov veoma kompaktan dizajn i mala masa, što ih čini lakšim za manipulaciju.

Nažalost, glavni problem upotrebe digitalnih uređaja ostaje njihova visoka početna cijena i relativno visoki troškovi redovnog i vanrednog održavanja. Kako se radi o elektroničkim sklopovima, u slučaju kvara se najčešće mijenjaju cijeli sklopovi umjesto jednog dijela. U konačnici, moguće je zaključiti da upotreba digitalnih uređaja za zavarivanje omogućava brojne prednosti koje vode smanjenju ne samo troškova proizvodnje, već i osiguranja kvaliteta pri zavarivanju. Međutim, visoki investicioni troškovi ograničavaju zasada njihovu upotrebu na serijsku ili specijalnu proizvodnju.

5. LITERATURA

- [1] Hajro, I.; Dobraš, D.: Pregled razvoja standarda za kontrolu i osiguranje kvaliteta pri proizvodnji odgovornih zavarenih konstrukcija sa osvrtom na ulogu nacionalnih društava za zavarivanje, 9. naučno-stručni skup "QUALITY 2015", Neum, BiH, 10. - 13 juni 2015.
- [2] Pašić, O.: Zavarivanje, Svjetlost Sarajevo, 1998.
- [3] Obućina, M., Kubat, A.: Kontrola kvaliteta stolica za kućnu upotrebu, 9. naučno-stručni "QUALITY 2015", Neum, BiH, 10. - 13 juni 2015.
- [4] Hälsig, A. et al, Potencijal greške kod elektrolučnih postupaka zavarivanja – gde se mogu napraviti greške i kako one utiču na komponentu?, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, Vol. 62, No 1, 2017, pp 27-39
- [5] Pandžić, A., Hajro I., Tasić P.: Advantages of MAG-STT Welding Process for Root Pass Welding in the Oil and Gas Industry, TEM J., Vol. 5, 2016, pp 76-79
- [6] Lukeš J., Pavletić D., Majurec I., Zavarivanje cijevi STT postupkom zavarivanja, Engineering review, Vol. 25, 2005, pp 37-48
- [7] Mishra R. S., Mahoney M. W., Friction Stir Welding and Processing, ASM Intl., 2007