

NAPREDAK U TEHNOLOGIJI ZAVARIVANJA POD PRAŠKOM KOJI GARANTIRA POVEĆANJE PRODUKTIVNOSTI U MNOGIM APLIKACIJAMA

THE PROGRESS IN SUBMERGED ARC WELDING PROCESS THAT ENSURESS THE INCREASS OF PRODUCTIVITY IN MANY APPLICATIONS

Ivo BELAN¹⁾

Ključne riječi: promjenjiva kvadratna AC ravnoteža, prirodna sinergija, eliminirano puhanje luka

Key words: variable AC squarewave balance, natural synergy, elimination of arc blow

Sažetak: U radu je prikazan napredak u tehnologiji zavarivanja pod praškom, tj. Prikazane su novije tehnologije koje garantiraju uštede u materijalu depozita.

Abstract: In this paper the progress in submerged arc welding process technology is presented, i.e. new technologies that guaranties savings in deposit material.

¹⁾ JUŽNI PROLAZ d.o.o, Božidara Magovca 55,10000 Zagreb, Croatia
Sjedište tvrtke: Majstorska 1, CMP Savica šanci,10000 Zagreb, Croatia
Tel: + 385 1 2456 180, + 385 1 2456 181, Fax: + 385 1 2456 179, Mob: + 385 91 5144 173, E-mail: ivo.belan@zg.t-com.hr

1. UVOD

Ljudi, naravno, imaju tendenciju da se odupiru promjenama, ali onima čije aplikacije zahtijevaju zavarivanje pod praškom (SAW) sučelnih zavara s punom žicom (jednostrukom ili tandem) sada imaju snažan poticaj za promjenu: gotovo nevjerljivo povećanje produktivnosti.



Slika 1. Summit Arc 1250

VARIJABILNI BALANS ZA BOLJI DEPOZIT

2,4 MM ŽICA @ 500 A

o	66% EP/34% EN	18% POVEĆANJE DEPOZITA
o	34% EP/66% EN	59% POVEĆANJE DEPOZITA
o	60% EP/40% EN	34% POVEĆANJE DEPOZITA
o	40% EP/60% EN	23% POVEĆANJE DEPOZITA
o	70% EP/30% EN	16% POVEĆANJE DEPOZITA
o	30% EP/70% EN	34% POVEĆANJE DEPOZITA

3,2 MM ŽICA @ 600 A

o	66% EP/34% EN	19% POVEĆANJE DEPOZITA
o	60% EP/40% EN	28% POVEĆANJE DEPOZITA
o	70% EP/30% EN	22% POVEĆANJE DEPOZITA

4,0 MM ŽICA @ 600 A

o	66% EP/34% EN	25% POVEĆANJE DEPOZITA
o	60% EP/40% EN	35% POVEĆANJE DEPOZITA
o	70% EP/30% EN	19% POVEĆANJE DEPOZITA

Ovaj test je koristio istu amperažu i voltažu kako bi se mogla napraviti direktna usporedba.

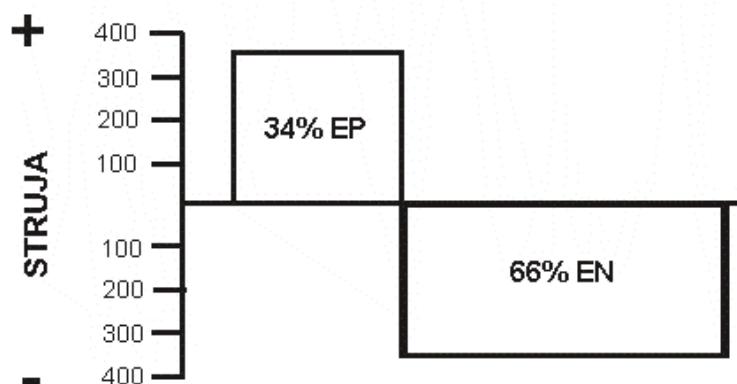
Slika 2. Povećan depozit varijabilnog AC kvadratnog balansa u odnosu na DC zavarivanje pod praškom. EP – pozitivni dio ciklusa kod varijabilnog balansa, EN – negativni dio ciklusa kod varijabilnog balansa

2. NOVA AC TEHNOLOGIJA

Promjenjiva ravnoteža AC kvadratnog SAW izlaza, ostvarenu pomoću Millerovog **Summit 1000 Arc** izvora za zavarivanje, dogodi se koordinacijom vremena kada se pokrene SCR. Ovo u suštini proizvodi zasebne pulseve na DC pozitivnoj elektrodi (DCEP) i DC negativ-

noj elektrodi (DCEN). Koordinirajući njihov konstantni napon (CV) s mikroprocesorskom kontrolom, ovaj izvor zavarivanja kreira "hibridni" AC proces zavarivanja.

Za razliku od konvencionalnih AC izvora napajanja koji proizvode uravnoteženi sinusoidni oblik (50 posto EP/50 posto EN), ova nova tehnologija proizvodi squarewave izlaz sa promjenjivom kontrolom EP i EN promjenjivog vremena (vidi sliku 3).

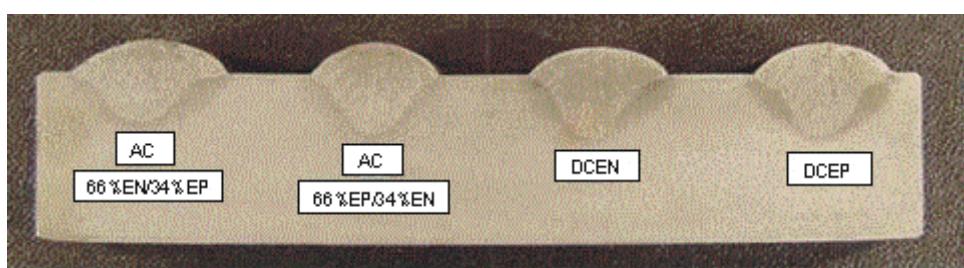


Slika 3. Kontrola balansa

EP dio ciklusa predgrijava lim više od žice. To omogućava bolju penetraciju i dobro vlaženje. Negativni dio ciklusa predgrijava žicu više od lima. Tada se žica brže topi radi većeg depozita.

Do sada, kombinacija promjenjivog balansa koje nude najviše obećanja za povećanje depozita, općenito su naklonjene višim EN vrijednostima. One su, u postocima, 30EP/70EN, 34EP/66EN i 40EP/60EN. Međutim, makro izbrusak prikazan na slici 4 dokazuje da oblici zavara sa svim vrstama vrijednosti EP / EN i metalom punjene žice imaju gotovo identičnu penetraciju kao oni s DCEP i punom žicom.

Prema ASME Sekcija I X, širina zavara ne može prelaziti 12,7 mm. Svi oblici zavara na slici 4 zadovoljavaju uvjet. To znači da je ova nova tehnologija sa kombinacijom žice lako primjenjiva na postojeće aplikacije. I dok svi zvari izgledaju isto, postoji jedna bitna razlika: oni koji su napravljeni pomoću promjenjivog AC kvadratnog balansa i metalom punjene žice su napravljeni mnogo brže zbog izuzetno velikog depozita i veće brzine zavarivanja.



Slika 4. Oblik zavara kod promjenjivog balansa

Uzmimo primjer proizvođača željezničke opreme koji sučelno zavaruje 12 m duge i 6,3 mm debele limove sa 3,2 mm žicom. Korištenjem AC kvadratne tehnologije, ostvarujemo brzinu zavarivanja od 1,65 m/min. To je brže nego tandem zavarivanje pod prahom, i to bez bilo kojeg problema, uzimajući u obzir početnu cijenu, potrošnju električne energije i potrošnju dodatnog materijala kod dva sustava (u slučaju tandem-a).

Kada ne uzimamo u razmatranje širinu zavara, varijabilna AC squarewave tehnologija

smanjuje količinu potrebnih prolaza. Jedna offshore kompanija koja koristi 12,5 – 25 mm debele limove prešla je sa klasičnog zavarivanja pod praškom na varijabilnu AC squarewave tehnologiju te je time smanjen broj prolaza sa 19 na 12, a da su se pritom zadržali svi ostali parametri (vrsta žice, praha, kut žlijeba, brzina zavarivanja i amperaža/voltaza). Drugi proizvođač mostova je smanjio broj prolaza sa 31 na 24.

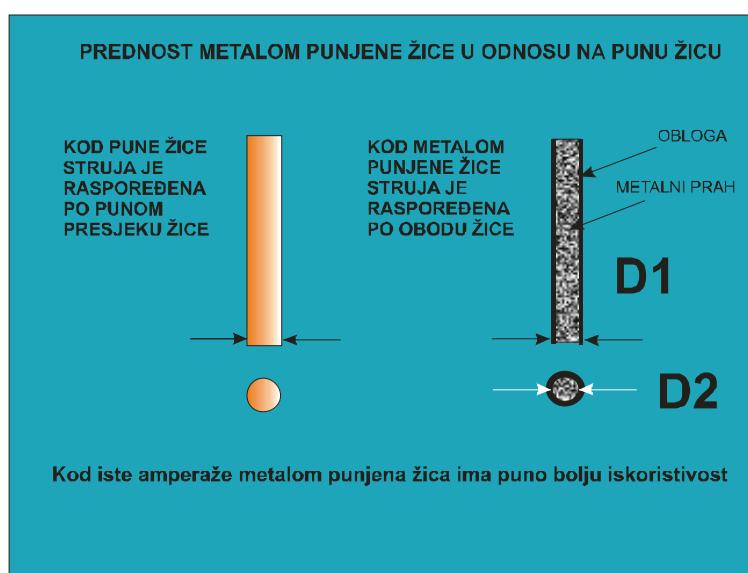
3. PRIRODNA SINERGIJA

Kada se koristi zavarivanje pod praškom, izazov za tehnologe zavarivanja je proizvesti zavar s idealnim profil penetracije sa najvišim mogućim depozitom a da se, ujedno, izbjegne preveliko miješanje s osnovnim materijalom i prevelika deformacija. Standardna tehnologija zavarivanja pod praškom, najčešći postupak za zavarivanje s jednom žicom kod sučelnog ili kutnog zavarivanja, dopušta da se fokusiramo na samo jednu od tih varijabli. Uz mogućnost da prilagodavamo koliko topline unosimo na lim i u žicu, promjenjiva AC kvadratna tehnologija omogućava inženjerima istaknuti dvije od ova tri značajke. Promjenljiva AC kvadratna tehnologija omogućava:

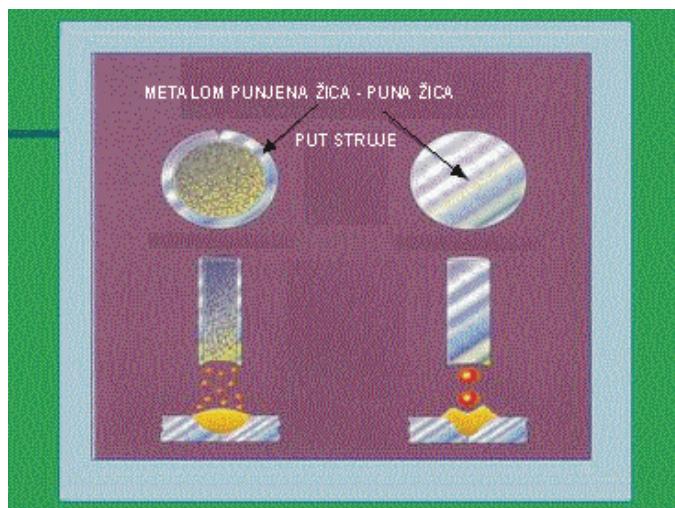
- Dobru penetraciju s povećanim depozitom
- Dobra penetracija topline s nižim unosom topline
- Povećan depozit s nižim unosom topline.

Metalom punjena žica i zavarivanje pod praškom imaju prirodnu sinergiju koja dodatno naglašava ovu moguću fleksibilnost. Metalom punjena žica se sastoji od vanjskog sloja čvrstog metalra omotanog oko jezgre metalnog praha. Zbog granularne prirode, metalni prah slabo vodi struju. Kao rezultat toga, struja zavarivanja se potpuno koncentrira na vanjski sloj (kod pune žice cijeli presjek vodi struju).

Kao što je prikazano na slici 5 i slici 6, koncentracija struje u manjem prostoru daje veću gustoću struje, što brže topi žicu. Visoka struja zavarivanja koja se koristi za zavarivanje pod praškom dodatno pospješuje gustoću struje; dva puta veće nego za MIG/MAG zavarivanje. Osrvući se na sliku 2, primjećujemo kako je razlika u depozitu između metalom punjene žice i pune žice sve više izražena kako se povećava struja zavarivanja.



Slika 5. Gustoća struje



Slika 6. Gustoća struje

Sinergija između metalom punjene žice i AC kvadratne promjenjive ravnoteže se javlja jer negativni dio ciklusa znatno više struje fokusira na elektrodu od DC pozitivnog. Veća gustoća struje zahtijevana povećavanje brzine žice kako se omogućilo brže sagorijevanje žice. To održava zavarivačku struju i povećava depozit i brzinu zavarivanja.

Važno je zapamtiti da je pozitivni dio varijable kvadratnog ciklusa osigurava dovoljnu penetraciju. Na primjer, jedan proizvođač koji sučelno zavaruje 12 mm ploče potpuno je eliminirao pripremu i postigao 100 posto penetracije. Kao podatak, metalom punjene žice imaju širi luk koji lakše premosti zračnost kod loše pripreme za razliku od uskog luka kod pune žice.

Manje grijanja, isti depozit.

Sinergiji između metalom punjene žice i AC kvadratne promjenjive ravnoteže također se javlja kod nižeg unosa topline. Na primjer, depozit postignut sa punom žicom / DCEP se može održavati, a ujedno se može zavariti s manje unosa topline, jer je trenutna gustoća / EN u dužem vremenskom periodu. Manji unos toplinske energije pomaže prilikom zavarivanja limova osjetljivih na savijanje, toplinski obrađenih materijala, u aplikacijama osjetljivim na protaljivanje te u situacijama gdje miješanje osnovnog materijala i dodatnog materijala a može dovesti do stvaranja pukotina.

Posebna korist ovog sistema je kod zavarivanja cijevi. Prilikom zavarivanja cijevi, većina proizvođača izvodi provar sa TIG-om i vrući prolaz sa MIG-om sa punom ili praškom punjenom žicom kako bi natalili dovoljno materijala za apsorbiranje toplinske energije ostvarene kod zavarivanja pod praškom za popunu. Sada, zbog nižih unosa topline možemo eliminirati protaljivanje, moguće je zavariti pod praškom odmah nakon provara korijena (primijetite da metalom punjena žica smanjuje protaljivanje jer nema duboke penetracije koju karakterizira puna žica). Nakon prvog prolaza pod praškom, proizvođač može završiti zavarivanje prebacivanjem na visoki depozit (veća brzina zavarivanja) koristeći prednosti metalom punjenih žica i tehnologije AC squerwave promjenjive ravnoteže.

Kod zavarivanja pod praškom, važno je napomenuti da se cijena velikih promjera metalom punjenih žica lagano približava cijeni punih žica. S obzirom, da druge prednosti (označene u točki 3.1) dramatično povećavaju produktivnost, trošak žice se kompenzira u konačnici.

3.1 Prednosti metalom punjenih žica nad punim žicama u zavarivanju pod praškom

- 20 posto povećan depozit koristeći isti promjer žice
- Veće brzine zavarivanja
- Smanjuje se ili eliminira priprema za zavarivanje
- Bolje zavarivanje kod većih zračnosti zbog loše pripreme
- Manje podložna na protaljivanje
- Lakši dotur žice
- Smanjeni ukupni troškovi po zavaru
- Eliminirano puhanje luka.

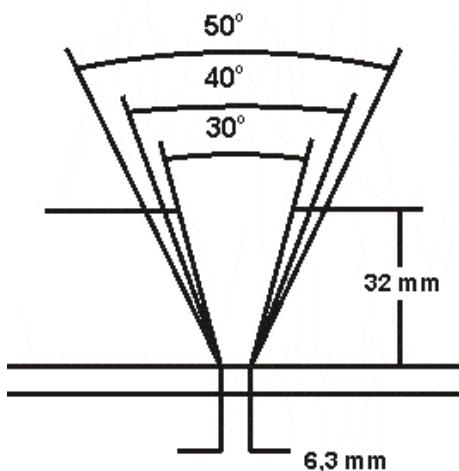
Nedoumice oko troškova dodatnog materijala mogu biti sporna točka, jer tehnologija AC squerwave promjenjive ravnoteže može smanjiti potrošnju dodatnog materijala i do 42 posto.

Svatko upoznat s DC zavarivanjem pod praškom zna za puhanje luka, koje se događa kada DC zavarivačka struja stvara magnetsku silu koja šeće luk od jedne strane do druge strane spoja. To uzrokuje probleme sa kvalitetom zavarenih spojeva. Ako se puhanje luka događa u sredini zavara, inženjeri koriste dovoljno velike kutove pripreme kako bi eliminirali taj efekt.

Budući da AC kvadratna promjenjiva ravnoteža ne magnetizira zavar kao DC zavarivanje pod praškom, priprema zavara može biti s manjim kutom i kraćom ulaznom i završnom pločicom. Kako bi definirali uštedu materijala, Millerovi inženjeri zavarili su 32 mm debelu ploču s kutovima od 50, 40 i 30 stupnjeva, koristeći AC kvadratnu promjenjivu ravnotežu. Kao što je prikazano na slici 8, smanjivanjem kuta za 20 stupnjeva, smanjujemo utrošak dodatnog materijala sa 1,24 kg na 0,71 kg na dužini od 33 cm, ili 42 posto. Uzimajući cijenu dodatnog materijala u obzir, ostvarujemo veliku uštedu. Također, smanjujemo količinu praška, vrijeme zavarivanja (manji kut=manje vrijeme zavarivanja) i unos topline (manje prolaza snižava interpass temperaturu, što zauzvrat smanjuje vrijeme čekanja između prolaza).

Primjer smanjene potrošnje materijala sa smanjenim kutom pripreme:

- 50 stupnjeva zahtjeva 3,71 kg/m
- 40 stupnjeva zahtjeva 2,9 kg/m
- 30 stupnjeva zahtjeva 2,13 kg/m.



Slika 7. Smanjenje kuta pripreme

5. ZAMJENA ZA TANDEM

Kombinacija metalom punjene žice i AC kvadratne promjenjive ravnoteže je toliko produktivna da se može natjecati sa TWIN procesom (dvije žice u modificiranoj kontaktnoj provodnici), ili TANDEM procesom (dvije glave) na sučelnom zavaru (ne kod kutnih zavara).

Na primjer, jedan proizvođač koji radi sa 12 mm limovima pripremao je obje strane lima, te koristeći tandem postupak, zavarivao jedan prolaz na zadnjoj strani i dva prolaza na prednjoj strani. Koristeći metalom punjenu žicu i jedan izvor AC kvadratne promjenjive ravnoteže, proizvođač je eliminirao skošenje na stražnjoj strani i zavarivanje se je vršilo samo sa jednim prolazom sa svake strane. To je ostvarilo 65 000 dolara godišnje uštede na smanjenom radu za pripremu, odnosno investicija je vraćena za manje od tri mjeseca.

Sustav s više glava je kompleksniji, te je činjenica da to košta otprilike 10 000 dolara više u odnosu na jedan izvor AC kvadratne promjenjive ravnoteže i DCEP postupak s jednom žicom je manje produktivan. Proizvodači koji žele poboljšati produktivnost i ostvariti niže režijske troškove trebali bi uzeti u obzir ispitivanje nove tehnologije zavarivanja pod praškom.

6. ZAKLJUČAK

Kao što je prikazano u radu, zavarivanje s promjenjivim kvadratnim AC balansom – nova patentirana tehnologija od strane Miller Electric-a, usporedo s DC pozitivnom elektrodom (DCEP) povećava depozit do 59 posto koristeći jednake parametre.

Depozit se može povećati za 20 posto ili više prebacivanjem iz AWS EM1 pune žice na AWS EC1 metalom punjenu žicu. Kombinacijom ova dva proizvoda ostvarujemo bolji depozit, a isto tako i eliminiramo mnoge probleme povezane s postojećom tehnologijom zavarivanja pod praškom.

5. LITERATURA

- [1] [www.millerwelds.com FIRST SUB ARC TECHNOLOGY BREAKTHROUGH IN DECADES GUARANTEES PRODUCTIVITY INCREASE IN MANY APPLICATIONS](http://www.millerwelds.com/FIRST-SUB-ARC-TECHNOLOGY-BREAKTHROUGH-IN-DECADES-GUARANTEES-PRODUCTIVITY-INCREASE-IN-MANY-APPLICATIONS), Ken Fisher, Manager of High Deposition Processes, Miller Electric Mfg. Co.