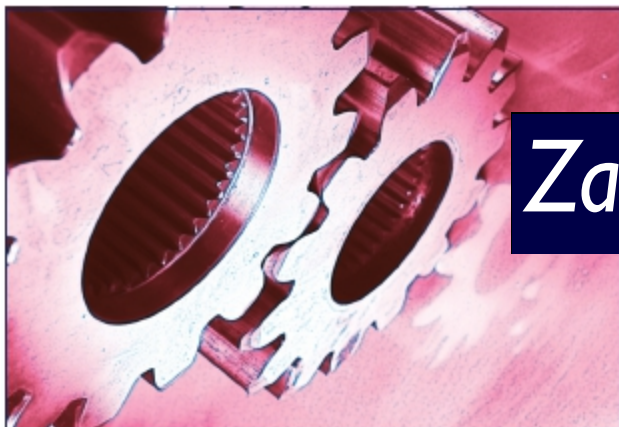




Za vas smo testirali

SAPIO

Jeklenka Integra[®] in plinska mešanica Ferromaxx[®] 7 Sapio



V letu 2013 vam v prvi številki revije "Za vas smo testirali ..." predstavljamo rezultate testov plinske mešanice **Ferromaxx[®] 7**, ki je namenjena varjenju neprekinjene žice pod zaščito plina za varjenje ogljikovega jekla in nizkolegirane jekla. Plinsko mešanico Ferromaxx 7 proizvaja in trži Skupina Sapio, ki poleg tehničnih in medicinskih plinov (kisik, dušik, acetilen, ogljikov dioksid, vodik, argon, helij, mešanice plinov visoke čistosti ter mešanice F.U.) proizvaja in trži tudi visokotehnološke sisteme za rezanje in varjenje. Izdelek je shranjen v sodobni embalaži, ki je prav tako zasnovana s strani Skupine Sapio: **jeklenka Integra[®]** (Slika 1).

1.1 Jeklenka Integra[®]

Najpomembnejša značilnost **jeklenke Integra[®]** so njene dimenzije, saj je le-ta kompaktnjša, nižja in nekoliko širša v primerjavi s standardnimi jeklenkami, kot je razvidno iz slike 2 (razmerje med jeklenko Integra[®] in ostalimi standardnimi jeklenkami). Dimenzije jeklenke Integra[®]



Slika 1 – Jeklenka Integra[®]

omogočajo večjo stabilnost, lažjo uporabo in manjšo skupno težo (približno 55 kg prazna in 75–80 kg polna), zaradi česar je le-ta tudi lažje prenosljiva in varnejša za uporabnike. Glede količine plina v jeklenki nas majhnost le-te ne sme zavesti, saj se zmes ne hrani pod tlakom 200 barov kot v standardnih jeklenkah, ampak pod tlakom 300 barov. Plin je torej močnejše stisnjen, kar omogoča večjo zalogo in zagotavlja daljše rezerve slednjega. Komponente jeklenke Integra[®] vsebujejo tudi zaščito v obliki vgrajenega ročaja (slika 3), ki varuje jeklenko pred morebitnim udarcem, indikator količine plina, hitre spojke in ventil za pretok plina. Naprava za zmanjšanje, ki je tudi vključena v izdelek pa zagotavlja prihranek pri stroških, saj je neposredno povezana z jeklenko Integra[®] in je s strani proizvajalca kalibrirana na izhodni tlak 4 bare, kar zmanjšuje tveganje zaradi pritiskov skladiščenja.

(*) Uredil Oddelek za oblikovanje IIS, inž. John Garbarino. Testi izvedeni v sodelovanju z laboratorijem IIS Progress Srl.



Slika 2 – Primerjava jeklenke Integra® in standardne jeklenke

Označevanje proizvoda (slika 4), je na vidnem mestu jeklenke in vsebuje vse potrebne informacije, kot na primer: ime proizvajalca, identifikacijska številka zmesi plina, navodila za uporabo, oznaka tveganja in simbol za nevarnosti, ki plin označuje kot nestrupen in nevnetljiv.



Slika 3 – Zaščitna naprava jeklenke Integra®

1.2 Mešanice plina Ferromaxx®

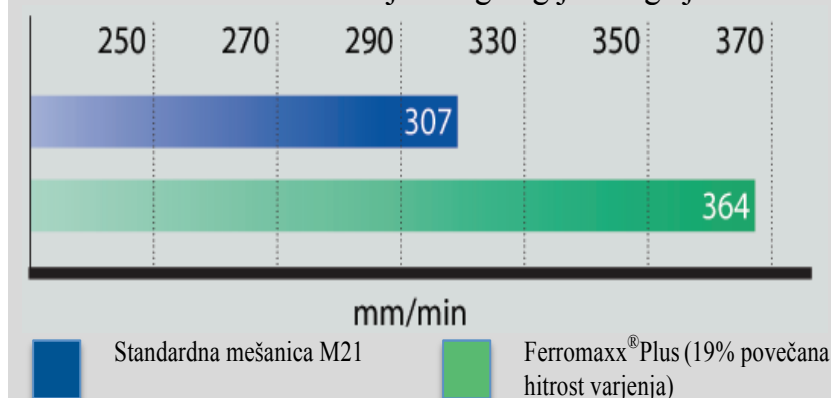
Sedaj, ko poznamo ključne informacije o jeklenki Integra®, predstavljamo vsebino slednje, plinsko mešanico **Ferromaxx®7**.

Plinska mešanica Ferromaxx®7 sodi, skupaj s plinskima mešanicama Ferromaxx®Plus in Ferromaxx®15, v družino proizvodov **Ferromaxx®**, ki jih prodaja Skupina Sapio. Vse tri mešanice plinov so aktivne na osnovi argona in se uporabljajo za varjenje z jekleno ogljikovo žico ter za nizko legirana jekla. Za vse tri mešanice proizvajalec jamči visoko produktivnost, tako v primeru hitrosti varjenja (zagotovljeno povečanje hitrosti varjenja do 19 % v primerjavi s standardno mešanico) kot tudi v primeru prihranka, saj imajo tovrstne mešanice zmanjšano količino brizganja in projekcije, kar bi sicer zahtevalo temeljito čiščenje območja varjenja. Ta jamstva so naštetja v predstavitveni brošuri proizvoda (in na voljo na spletni strani www.grupposapio.it), kjer proizvajalec grafično predstavlja povečano produktivnost ob uporabi mešanic Ferromaxx®, v primerjavi s standardnimi plinskimi mešanicami na osnovi argona, klasificiranimi med UNI EN ISO 14175 M21.



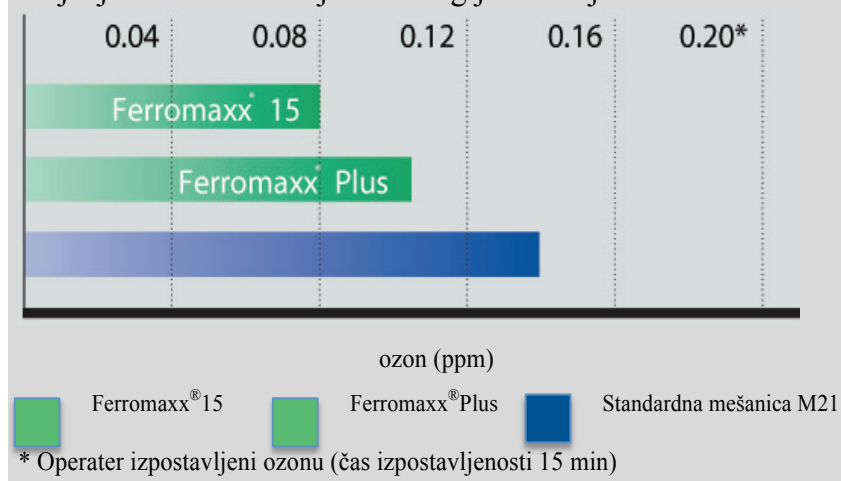
Slika 4 – Označevanje Jeklenke Integra®

Povprečna hitrost MAG ročnega varjenja pločevine v debelini od 12 mm iz nerjavečega ogljikovega jekla



Slika 5 – Povzetek iz predstavitvene brošure o plinskih mešanicah Ferromaxx®

Povprečna izpostavljenost ozonu, ki nastane med ročnim varjenjem MAG na nerjavečem ogljikovem jeklu



Slika 6 – Povzetek iz predstavitvene brošure o plinskih mešanicah Ferromaxx®

Zagotovljeno je tudi izboljšanje delovnega okolja, saj te zmesi zmanjšajo koncentracijo ozona (O_3), tj. molekul, ki nastajajo v atmosferi loka med varjenjem in pomenijo tveganje za varilca (slika 6). Proizvajalec teh zmesi zagotavlja povečanje hitrosti varjenja, zmanjšanje količine brizganja in projekcije, ki se ustvari med varjenjem, posledično pa se zmanjša tudi čas čiščenja. Nenazadnje pa uporaba plinske mešanice Ferromaxx® 7 omogoča enostavno upravljanje procesa varjenja v primeru tankih materialov.

Revija "Za vas smo testirali..." ni namenjena zgolj opisovanju lastnosti proizvoda, ampak izdelek objektivno in na mestu uporabe testira, z namenom ugotavljanja in izpostavljanja njegovih prednosti in morebitnih pomanjkljivosti. Po predstavitvi proizvoda pa podajamo koristne informacije o fizikalno-kemijskih in operativnih lastnostih proizvoda in plinske mešanice Ferromaxx® 7, kar je osrednja tema pričujočega članka, v primerjavi z ugotovitvami tehnikov iz laboratorija italijanskega inštituta za

varjenje (Laboratorio dell'Istituto Italiano della Saldatura), kjer so preverjali, če izdelek izpolnjuje tehnične zahteve. Nazadnje je nujno opozoriti, da je pričujoča revija namenjena tudi posameznikom, ki neposredno uporabljajo proizvode, ki so predmet testiranja, v konkretnem primeru mešanico zaščitnega plina. Tehniki italijanskega inštituta za varjenje so izvedli vrsto poskusov z namenom, da se končnemu uporabniku zagotovi čim več informacij tako tehničnih kot operativnih.

1.2 Mešanica plina Ferromaxx® 7

Kot smo že omenili in kot je izpostavljeno na sami jeklenki Integra®, je plinska mešanica Ferromaxx® 7 aktivna na bazi argona, natančneje s kemijsko sestavo: 90,5 % Ar - 7 % CO_2 - 2,5 % O_2 . Da bi lahko bolje ocenili lastnosti mešanice in bolje interpretirali rezultatov testov, izvedenih v laboratoriju, je koristno spomniti na glavne lastnosti plinov, uporabljenih za izvedbo eksperimentov: argon (Ar), ogljikov dioksid (CO_2), kisik (O_2) in primerna mešanica. Argon je žlahtni plin, ki ne reagira z drugimi kemijskimi elementi; v čistem stanju (s čistostjo v razponu od 99,99 % do 99,9995 %) se uporablja kot mešanica s helijem (He), v procesu varjenja pa kot mešanica z inertnimi plini, kot sta na primer MIG ali TIG.

Značilni lastnosti tega plina sta njegova nizka toplotna prevodnost in nizek ionizacijski potencial, ki ob pogoju, da so drugi operativni parametri enaki, omogoča nižjo napetost loka s posledičnim vplivom na specifični toplotni prispevek, ki je neposredno povezana z napetostjo loka v sledečem razmerju (UNI EN 1011-1):

$$HI = k \cdot \frac{V \cdot I}{v_{avanzamento}} \cdot 10^{-3} \left[\frac{kJ}{mm} \right]$$

$$HI = k \cdot \frac{V \cdot I}{v_{\text{avanzamento}}} \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{mm}} \right]$$

kjer je:

- k = toplotna učinkovitost procesa (v primeru varjenja neprekinjene žice z animirano žično elektrodo in aktivno zaščitno mešanico plina UNI EN 1011-1 predpostavlja vrednost, enako 0,8);
- V = napetost loka [volt];
- I = moč toka [amper];
- V_{napredok} = moč napredka vira toplote [mm/s].

Kar zadeva toplotno prevodnost, velja argon za plin z nizko vrednostjo slednjega ($0,01772 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$); to pomeni tipično prodiranje le-tega "na prst", kar zaradi tveganja pomanjkanja fuzije ne dopušča možnosti hitrega varjenja. Ogljikov dioksid je inertni plin sobne temperature, vendar se disocira na temperaturne značilnosti loka ogljikovega monoksida (CO) in kisika (O), v skladu z naslednjo endotermno reakcijo:



kjer "q" pomeni endotermno reakcijo disociacije CO_2 , torej količino energije v obliki toplote, ki izhaja iz loka; reakcija disociacije je povratna, ko okoljski pogoji to dopuščajo.

Ti pogoji se uresničijo v bližini zvara in toplota disociacije nastane iz staljene kovine, kar povzroči povečanje penetracije, pri čemer se poveča možnost hitrosti napredovanja.

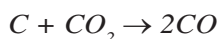
Uporaba tega plina pa vodi tudi k bolj nestabilnemu loku v primerjavi s tistim, ki je značilen za argon, ki zahteva višjo napetost, kar nadalje vpliva na moč specifične toplote, ki se sprosti ob vsakem varjenju.

Z vidika kemijske sestave raztaljenega območja je interakcijo CO_2 z zvarom mogoče pojasniti na več načinov, ki bodo kratko predstavljeni v nadaljevanju. Izpostavili smo že, da reakcija disociacije CO_2 vključuje prisotnost kisika v varilnem območju: zato lahko plin rezultira kot oksidacija zvarke, ki se pojavlja predvsem z

izgubo elementov, ki hitro oksidirajo na površini kabla.

Poleg tega lahko ogljikov dioksid učinkuje kot gorivo na zvarek, pri varjenju materialov, ki vsebujejo manj kot 0,07 % gljika.

Če je vsebina ogljikovega dioksida večja od te vrednosti, pride do spodaj opisane reakcije:



s posledično težnjo po zmanjševanju dekarbonizacije (kopeli) zvarke. Podobno kot pri CO_2 je tudi kisik aktiven plin, ki lahko povzroči reakcijo disociacije pri visokih temperaturah, ki jih doseže električni lok, kljub temu pa je eksotermnost reakcije nizka in ne povzroča znatnega vpliva.

Ta plin se ne dodaja zaradi njegove toplote, ampak za stabilnost loka, ki omogoča brizgalni lok (spray arc) in nastanek številnih drobnih kapljic, ki z visoko hitrostjo potujejo od žice do področja varjenja.

Opazen je pomemben vpliv na obliko kabla, ko kisik poveča površinsko napetost kovine, ko ta pride v stik s plinom; zato pride do znatnega zmanjšanja curka in marginalne gravure na strani kabla.

Trokomponentno mešanico Ar - CO_2 - O_2 z ravniho CO_2 med 5 in 15 % ter kisika med 0,5 in 3 % je mogoče razvrstiti v skladu z UNI EN ISO 14175: "Potrošni material za varjenje – Plini in plinske mešanice za varjenje, spajanje in podobne postopke" M24, zanjo bosta značilni dobra stabilnost loka in nizka stopnja brizganja ter projekcije, zaradi prisotnosti argona in kisika, istočasno pa bo omogočila vročo kopel in dober prodor zaradi prisotnosti ogljikovega dioksida.

2. Izvajanje testov na izdelku

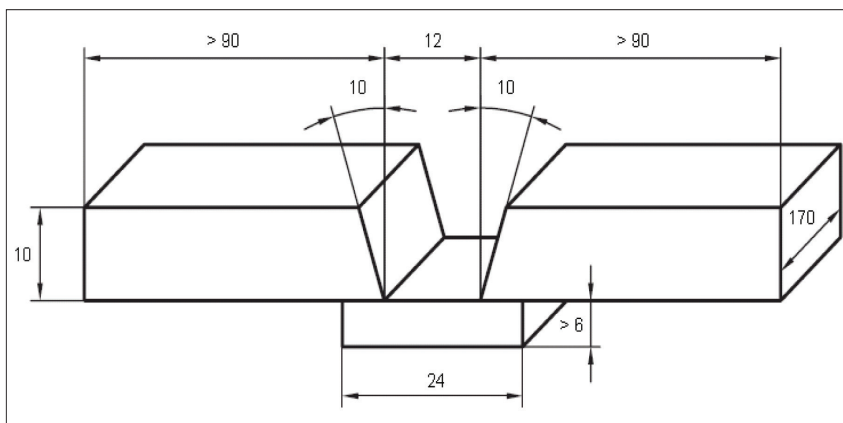
Kot že omenjeno, je namen članka zagotoviti bralcu informacije tako glede tehničnih kot operacijskih značilnosti izdelka v konkretnem primeru ternarne plinske mešanice Ferromaxx[®]7. S tem namenom sta bili izvedeni dve vrsti raziskav: odlagališče "vseh vrst varov" z namenom ocenitve vpliva proizvoda na mehanske in kemijsko-fizikalne

preostanka varov in testiranje varjenja po standardih UNI EN ISO 6947 PB z namenom ovrednotenja. sNujno je izpostaviti, da dobljeni rezultati, ki so predstavljeni v brošuri, ne bi imeli posebnega pomena, če jih ne primerjamo s podobnimi testi, opravljenimi z drugo vrsto plinske mešanice. Ker je mešanica Ferromaxx[®]7 namenjena varjenju ogljikovega jekla pod zaščito plina, se jo je primerjalo s plinsko mešanico, ki se pogosto uporablja pri varjenju teh materialov: aktivna mešanica UNI EN ISO 14175 M21, ki vsebuje 80 % argona in 20 % ogljikovega dioksida. Kar zadeva raziskave "vseh dodatnih materialov" (all weld metal), so bile opravljene v skladu z UNI EN ISO 15792-1: "Potrošni material za varjenje – Preskusne metode – 1. del: Testne raziskave za izvedbo testiranja uporabljene kovine za varjenje jekla, niklja in nikljevitih zlitin".

Geometrijske značilnosti za izvedbo omenjenih testov so prikazane na sliki 7. Sliki 8 in 9 prikazujeta rezultate testov potrošnega materiala, ki so bili opravljeni z mešanico zaščitnih plinov UNI EN ISO 14175 M21 in Ferromaxx[®]7. Testi so bili izvedeni v ravnem položaju z loputami enojnega V (single-V), kakor zahteva ustrezna zakonodaja, z uporabljeno žično elektrodo po normativu UNI EN ISO 14131 - AG 42 4 M G3Si1, ob uporabi analognih parametrov varjenja tako za izvedbo testa mešanice plina UNI EN ISO 14175 M21 kot tudi mešanice Ferromaxx[®]7, z namenom pridobitve določenih rezultatov glede na morebitne spremembe v vedenju usedlin, ki so posledica uporabe različnih mešanic plinov.

Tovrstni preizkusi, vedno izvedeni v skladu z UNI EN ISO 15792-1, so omogočili izvedbo tradicionalnih longitudinalnih raziskav glede odpornosti na temperaturo, ki jo določa žična elektroda ($-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ob upogljivosti in trdoti Vickers HV₁₀, v skladu z naslednjimi standardi:

- UNI EN ISO 6892-1: "Kovinski materiali – Preizkus oprijema – 1. del: Metoda preskušanja pri sobni temperaturi";
- UNI EN ISO 148-1: "Kovinski materiali – Udarni preskus na vzorcu



Slika 7 – Dimenzije preizkusne raziskave, izvedene v skladu z UNI EN ISO 15792-1

Charpy – 1. del: Metoda spektrometrom emisij. preskušanja”;

• UNI EN ISO 5173: "Testi na varjenju kovinskih materialov – Test upogljivosti”;

• UNI EN ISO 6507-1: "Kovinski materiali – Preskus trdote Vickers – 1. del: Metoda preskušanja”.

Na slikah 10 in 11 so predstavljeni poskusni testi, ki se uporabljajo za zgoraj navedene ustrezne teste, glede na raziskave, opravljene glede mešanice UNI EN ISO 14175 M21 in Ferromaxx®7.

Zanimivo bi bilo oceniti vpliv, ki ga ima ena ali druga mešanica plina na kemično sestavo končne usedline; zato so bili opravljeni testi vrednotenja kemične sestave usedline z optičnim

1.2 Mehanska odpornost

Tradicionalni testi vzdolžnega raztezanja spojnega območja (slika 12–13), ki so bili izvedeni z dvema različnima mešanicama varnostnega plina, so dali rezultate predstavljene v tabeli 1.

Analiza podatkov kaže na znatno izboljšanje značilnosti mehanske trdnosti usedline, ki nastane z mešanico plina Ferromaxx®7 v primerjavi z mešanico M21.

To bi lahko bila posledica nižjega odstotka CO₂ v plinski mešanici Ferromaxx®7 (7% v primerjavi z 20%

v mešanici M21), ki zaradi manjšega vnosa toplote na zvar, omejuje pojav povečanje zrna, ki sestavlja jeklo, s posledičnim izboljšanjem natezne trdnosti usedline. Kar zadeva velikost zrn in mehansko trdnost kovinskega materiala, zlasti pri povečanju elastičnosti, so povezani z inverzno proporcionalnostjo, kot narekuje spodaj opisani Patch-Hallov zakon:

$$\sigma_y = \sigma_0 + k \cdot \frac{1}{\sqrt{d}}$$

kjer:

• σ_y = ojačitev (popuščanje)

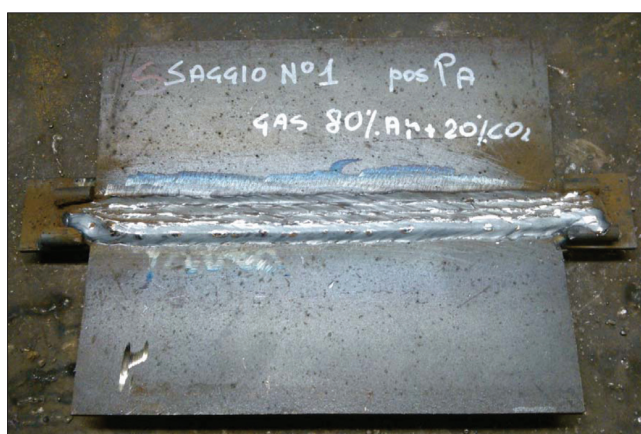
[MPa];

• σ_0 = ension konstanta materiala začetnega gibanja dislokacije (za jeklo je ta konstanta enaka vrednosti cca 70 MPa);

• k = Patch-Hallova konstanta (za jeklo je ta konstanta enaka vrednosti cca 0,74 MPa * rad (m));

• d = srednji premer zrn.

Tudi kar zadeva razteznost usedline, v korelaciji z vrednostjo odstotka raztezanja, ki nastane pri tradicionalnem testu, so rezultati spodbudni, saj je v obeh primerih moč opaziti precej visoke vrednosti (29% pri obeh izvedenih testih).



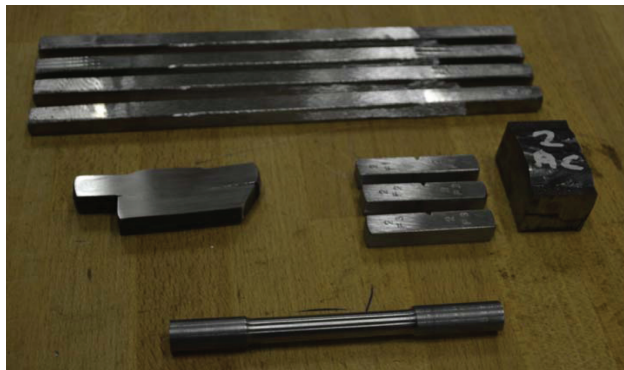
Slika 8 – Testiranje izvedeno z aktivno mešanico zaščitnega plina UNI EN ISO 14175 M21



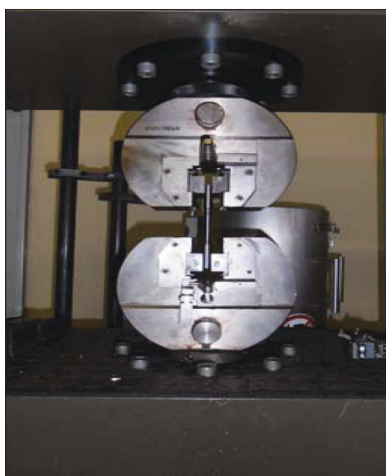
Slika 9 – Testiranje izvedeno z aktivno mešanico zaščitnega plina Ferromaxx®7



Slika 10 – Set za vrednotenje kemično-fizikalnih lastnosti testa, narejenega z mešanico plina UNI EN ISO 14175 M21



Slika 11 – Set za vrednotenje kemično-fizikalnih lastnosti testa, narejenega z mešanico plina Ferromaxx®7



Slika 12 - Izvajanje tradicionalnega longitudinalnega testa na testnem primerku "all weld metal"



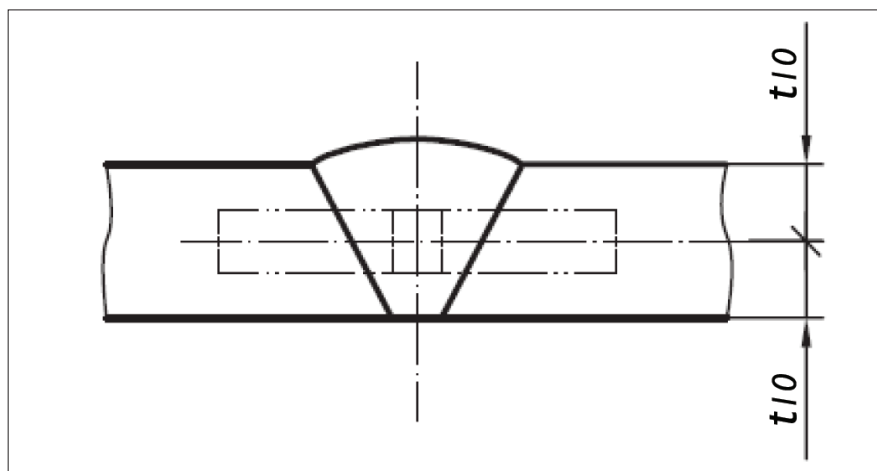
Slika 13 – Testni vzorci za tradicionalni longitudinalni preskus v spojeni točki

TABELA 1 – Rezultati tradicionalnega longitudinalnega preizkusa v staljeni točki

Raziskava	Popuščanje Rs [MPa]	Točka loma Rm [MPa]	Raztezek (%)
izvedena z mešanico M21	438,61	562,55	29
izvedena z mešanico Ferromaxx®7	490,39	591,13	29

TABELA 2 – Rezultati preizkusa odpornosti

Raziskava	Položaj prevzema	Debelina [mm]	Širina [mm]	Testna temperatura [°C]	Energija [J]	Povprečje [J]
izvedena z mešanico M21	KV v VWT 0/2	10,00	10,00	-40	81	82
	KV v VWT 0/2	10,00	10,00	-40	97	
	KV v VWT 0/2	10,00	10,00	-40	68	
izvedena z mešanico Ferromaxx®7	KV v VWT 0/2	10,00	10,00	-40	107	129
	KV v VWT 0/2	10,00	10,00	-40	124	
	KV v VWT 0/2	10,00	10,00	-40	156	



Slika 14 – Shema prevzema cevi za testiranje vzdržnosti trenja pri testu, realiziranem v "all weld metal"



Slika 15 – Vzorci, pridobljeni iz raziskave z mešanico plina Ferromaxx®7, uporabljeni za testiranje stranske upogljivosti

2.2 Odpornost na lomljenje

Raziskave odpornosti na trenje "vseh vrst kovin" so bile opravljene s preizkusom odpornosti/vzdržljivosti v skladu s standardi UNI EN ISO 148-1 na testnih izdelkih, pridobljenih v skladu z zgoraj navedenim evropskim standardom 15792-1 v položaju VWT 0/2. Slika 14 prikazuje diagram pridobivanja cevi na podlagi zgoraj navedenega normativa. Preskusi odpornosti so bili opravljeni pri temperaturi -40°C , kot zahtevajo standardi potrošnega materiala UNI EN ISO 14341-A. Vrednosti, pridobljene s preizkusi odpornosti, so predstavljene v tabeli 2. Glede na rezultate opravljenih testov odpornosti ima usedlina plinske mešanice Ferromaxx®7 bistveno večjo povprečno vrednost odpornosti v primerjavi s testi, opravljenimi s plinsko mešanico M21. Tudi v tem primeru je morda učinek zmanjšanja odpornosti posledica večje toplote zaradi dodatne

količine CO_2 , prisotnega pri mešanici M21; poleg tega, da ta plin destabilizira lok, zahteva varjenje z višjimi električnimi parametri, kar posledično zviša termični vnos, ki je značilen za varjenje. Poleg tega analiza rezultatov testiranja enosnih nateznih preizkusov kaže, da lahko ta procesa, v kombinaciji, vplivata na končno velikost zrn v staljeni točki, posledično pa se lahko zmanjša odpornost usedline.

2.3 Duktilnost materialov

Odpornost potrošnega materiala (duktilnost dodajnega materiala) je bila opravljena s testom stranske upogljivosti (slika 15–16), izvedenim v skladu s standardom UNI EN ISO 5173:2012. Test je potrdil, v kvalitativnem smislu, dobro odpornost raziskav, ki se je že pokazala v obliki odstotkovne

razteznosti med preizkusi vzdolžnega oprijema v staljeni točki.

2.4 Preizkus trdnosti

Preizkus trdnosti, izveden v staljeni točki, tako na realiziranem vzorcu z mešanico plinov M21 kot na vzorcu mešanice plinov Ferromaxx®7 (slika 17), ni izpostavil vrednosti, ki bi jih bilo treba upoštevati kot nenormalne; kot je moč videti iz podanih profilov trdote, so vrednosti, dobljene v obeh primerih, zelo podobne in nobene od teh ni mogoče izvesti ob prisotnosti metalurških struktur, ki niso uravnotežene. Na slikah 18 in 19 je prikazan profil trdote, opravljen na vzorcih z mešanico plinov M21 in Ferromaxx®7.



Slika 17 – Vzorec za izvedbo testa trdnosti pri raziskavi, opravljeni z mešanico plinov Ferromaxx®7

2.5 Kemična analiza

Kemična analiza vzorcev, izvedena z optičnim emisijskim spektrometrom (slika



Slika 20 – Optični emisijski spektrometer za kemično analizo vzorcev

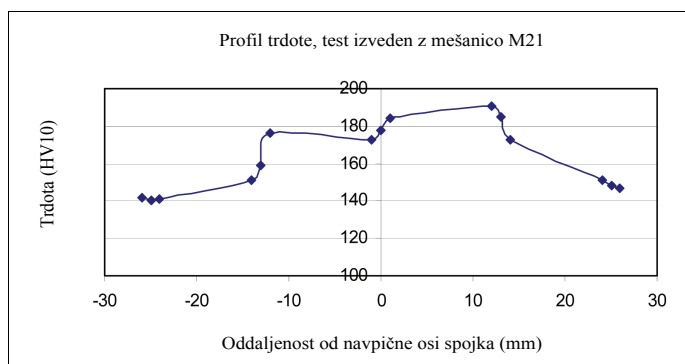
20) na višini 3 mm pod površino usedlin, ni pokazala nobenih posebnih odstopanj, ki bi jih bilo mogoče pripisati učinku različnih mešanic zaščitnega plina, s katerimi je bil izveden test/raziskava. Tabela 3 prikazuje rezultate kemične analize.

3. Operativne značilnosti: izkušnje varilcev

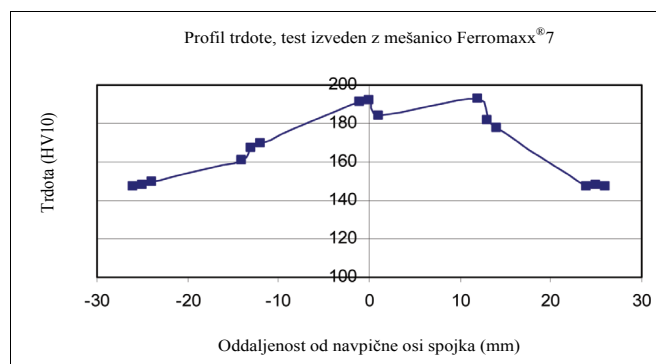
Kot smo že omenili, je poleg analize tehničnih značilnosti ključnega pomena tudi analiza konkretnega delovanja produkta.

S tem namenom so inženirji italijanskega

inštituta za varilstvo ("Istituto Italiano della Saldatura") opravili dva preizkusa varjenja debeline 10 mm, kot je predpisano s standardi UNI EN ISO 6947 PB, z namenom ugotoviti, kako se vede plinska mešanica Ferromaxx®7 v primerjavi s plinsko mešanico UNI EN ISO 14175 M21.



Slika 18 – Rezultati preizkusov trdote, izvedenih z mešanico plinov M21



Slika 19 – Rezultati preizkusov trdote, izvedenih z mešanico plinov Ferromaxx®7

TABELA 3 – Rezultati kemijskih analiz na vzorcih mešanice plinov M21 in Ferromaxx®7

Raziskava	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Cr %	Mo %	Ni %	V %	Cu %	Fe %
z mešanico M21	0,072	1,233	0,751	0,0144	0,0057	0,046	0,009	0,046	0,002	0,138	97,70
z mešanico Ferromaxx®7	0,068	1,201	0,724	0,0142	0,0062	0,045	0,009	0,047	0,0019	0,145	97,75

TABELA 4 – Specifikacija postopka varjenja (WPS), ki se uporablja za izvedbo testa z zmesjo plinov Ferromaxx®7

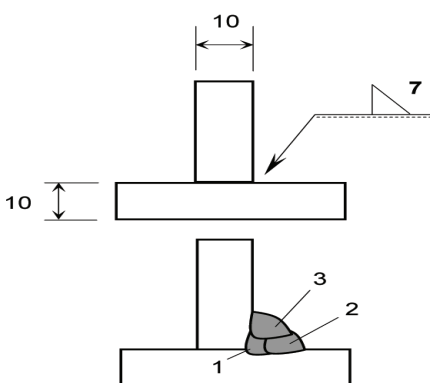
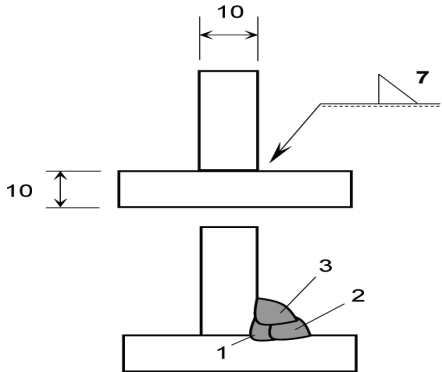
SPECIFIKACIJA VARILNEGA POSTOPKA			WPS N.		-			
			Rev.		-			
			Datum		-			
			WPAR		-			
			Standard		-			
Postopek varjenja		a)	135 - GMAW	b)	-	c)		
Tip		a)	ROČNO	b)	-	c)		
Spoj								
Vrsta spojev		T-Joint Fillet Weld						
Backing		Ni podatkov						
Backing material		Ni podatkov						
Priprava na varjenje		Bližnji kvadrat						
Način priprave in čiščenje		Naprava						
Osnovni material								
Spec. tip in stopnja		UNI EN 10025-2 S275JR						
do spec. tipa in stopnje		UNI EN 10025-2 S275JR						
Skupina št.		1						
do skupine št.		1						
Debelina		10 mm						
Zunanji premer		Ni podatkov						
Položaj varjenja		UNI EN ISO 6947 PB						
Varjenje materiala				Tehnika varjenja				
Specifikacija kovinskega polnila		AWS A5.18		String / weave beads		String		
Filer metal designation		ER70S-6		Velikost posode za plin		/		
Velikost		1,2 mm		Način čiščenja		Krtačenje in brušenje		
Proizvajalec		/		Način hrbtnega vrezovanja		Noben		
Blagovna znamka		/		Nihanje (oscilacija)		Noben		
Elektroda/čiščenje droga		NI POTREBNO ČIŠČENJE		Amplituda		Ni podatkov		
Zaščitni plin		Ferromaxx®7		Pogostnost		Ni podatkov		
Zasnova zaščitnega plina		UNI EN ISO 14175 M24		Stick – out (oddaljenost)		15 mm		
Hitrost pretoka		18 l/min		Pass (per side)		Večkratni		
Mešanica		90,5% Ar-7% CO ₂ -2,5% O ₂		Večkratna ali enojna elektroda		Enojna		
Drugo		Brez podatkov		Smer in kot varilne ročine		~ 15° prednja		
Predgrevanje in interpass								
Začetna temperatura				20 °C min				
Interpass temperatura				250 °C max				
Vzdrževanje predgrevanja				Noben				
Električne značilnosti								
Trenutne				Glej tabelo spodaj				
Polarnost				Glej tabelo spodaj				
Način kovinskega prenosa				Spray				
Vrsta in velikost volframove elektrode				Ni podatkov				
Razpon hitrosti odvajanja varilne žice				9,9 m/min				
Toplotna obdelava po varjenju in/ali staranje								
Temperaturno območje				Noben				
Čas čakanja				Noben				
Čas ogrevanja				Noben				
Čas ohlajanja				Noben				
Varilni parametri								
Tok	Postopek varjenja	Polnilo kovine		Trenutno		Napetost	Hitrost varjenja (mm/min)	Vnos toplote (kJ/mm)
1÷3	135	Oznaka EN	Velikost	Tip in polarnost	Amperi			
		G 42 4 M G3Si1	1.2 mm	DCEP	294	28	600	0.66

TABELA 5 – Specifikacija postopka varjenja (WPS), ki se uporablja za izvedbo testa z zmesjo plinov M21

SPECIFIKACIJA VARILNEGA POSTOPKA			WPS N.		-			
			Rev.		-			
			Datum		-			
			WPAR		-			
			Standard		-			
Postopek varjenja	a)	135 - GMAW	b)	-	c)			
Tip	a)	ROČNO	b)	-	c)			
Spoj								
Vrsta spojev	T-Joint Fillet Weld							
Backing	Noben							
Backing material	Ni podatkov							
Priprava na varjenje	Close square							
Način priprave in čiščenje	Naprava							
Osnovni material								
Spec. tip in stopnja	UNI EN 10025-2 S275JR							
do spec. tipa in stopnje	UNI EN 10025-2 S275JR							
Skupina št.	1							
do skupine št.	1							
Debelina	10 mm							
Zunanji premer	Ni podatkov							
Položaj varjenja	UNI EN ISO 6947 PB							
Varjenje materiala			Tehnika varjenja					
Specifikacija kovinskega polnila	AWS A5.18		String / weave beads	String				
Filer metal designation	ER70S-6		Velikost posode za plin	/				
Velikost	1,2 mm		Način čiščenja	Krtačenje in brušenje				
Proizvajalec	/		Način hrbtne vrezovanja	Noben				
Blagovna znamka	/		Nihanje (oscilacija)	Noben				
Elektroda/čiščenje droga	Noben		Amplituda	Ni podatkov				
Zaščitni plin	/		Pogostnost	Ni podatkov				
Zasnova zaščitnega plina	UNI EN ISO 14175 M21		Stick – out (oddaljenost)	15 mm				
Hitrost pretoka	18 l/min		Pass (per side)	Večkratni (Multiple)				
Mešanica	80% Ar-20% CO ₂		Večkratna ali enojna elektroda	Enojna				
Drugo	Noben		Smer in kot varilne ročine	~ 15° prednja				
Predgrevanje in interpass								
Začetna temperatura			20 °C min					
Interpass temperatura			250 °C max					
Vzdrževanje pregrevanja			Noben					
Električne značilnosti								
Trenutne			Glej tabelo spodaj					
Polarity			Glej tabelo spodaj					
Način kovinskega prenosa			Spray					
Razpon hitrosti odvajanja varilne žice			9,9 m/min					
Toplotna obdelava po varjenju in/ali staranje								
Temperaturno območje			Noben					
Čas čakanja			Noben					
Čas ogrevanja			Noben					
Čas ohlajanja			Noben					
Varilni parametri								
Tok	Postopek varjenja	Polnilo kovine		Trenutno		Napetost	Hitrost varjenja (mm/min)	Vnos toplote (kJ/mm)
1÷3	135	Oznaka EN	Velikost	Tip in polarnost	Amperi			
		G 42 4 M G3Si1	1,2 mm	DCEP	294			
						28	450	0,88



Slika 23 – Test, izveden po standardih UNI EN ISO 6947 PB z mešanico plinov Ferromaxx®7



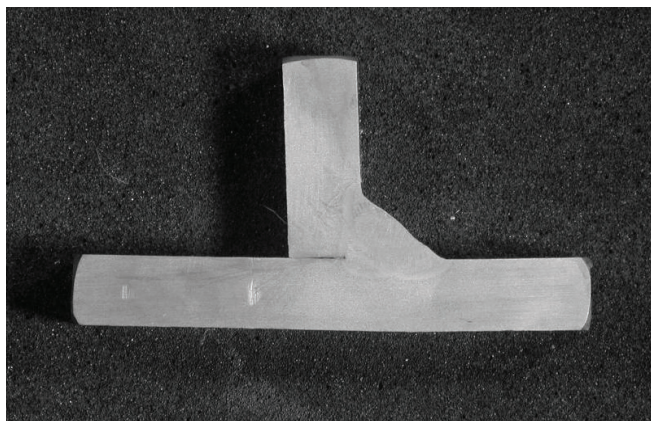
Slika 24 – Test, izveden po standardih UNI EN ISO 6947 PB z mešanico plinov UNI EN ISO 14175 M21

Pri raziskavah/testiranju je bila upoštevana predvsem hitrost napredka ob sočasnem prodiranju ter način brizganja in projekcije, ki so se razvile med varjenjem – torej vse značilnosti, ki se nanašajo na ocenjevanje višje ali nižje produktivnosti oziroma porabo potrošnega materiala. Na tabelah 4 in 5 so prikazane specifikacije za izvedbo tovrstnih raziskav z mešanico plinov Ferromaxx®7 in UNI EN ISO 14175 M21. Kar zadeva vzdrževanje hitrosti napredka, je bilo, kot je mogoče videti iz WPS, ob uporabi mešanice plina Ferromaxx®7 mogoče vzdrževati hitrost 600 mm/min, medtem ko je bila pri testu, izvedenem z mešanico plinov M21, hitrost približno 450 mm/min. Ti podatki sami po sebi ne zadostujejo, zato je nujno naslednje pojasnilo: v raziskavi/za testiranje uporabljeni električni parametri, se kažejo enaki za oba testna vara (kot je razvidno iz zgornje WPS specifikacije), tako da ne vplivajo na penetracijo kot funkcijo, kakor tudi ne na hitrost naraščanja intenzivnosti toka.

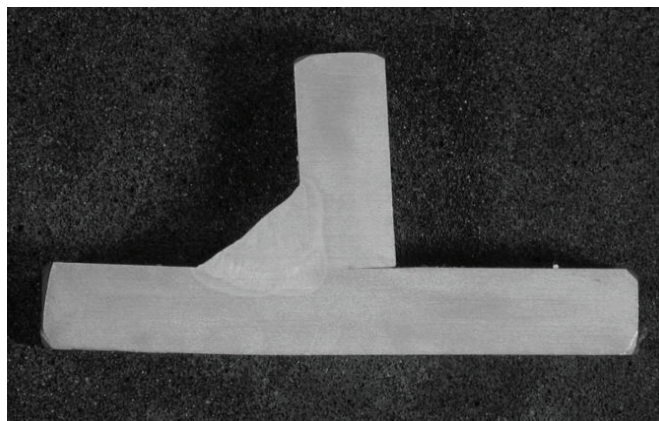
Na slikah 23 in 24 so predstavljeni rezultati testov, narejenih z mešanico plinov Ferromaxx®7 in UNI EN ISO 14175 M21. Kot je razvidno iz zgornjih slik, je kljub povečanju stopnje napredka za 17 %, uporabljenem za izvedbo testa z mešanico plinov Ferromaxx®7, tok vara dober, zvari pa so dobro spojeni pri strani (kar je morda posledica/rezultat vpliva na površinsko napetost zvara zaradi kisika v zaščitnem plinu).

Penetracija je bila ocenjena s pomočjo makrografične analize testov. Kot je razvidno iz slik 25 in 26, je tako v primeru preskusa, izvedenega z mešanico plinov Ferromaxx®7, kot tudi z mešanico M21 prodornost skoraj enaka. Na koncu je bil analiziran in ocenjen učinek zaščitnega plina na oblikovanje brizganja in projekcije, ki so se razvile med varjenjem, dejavniki, ki vplivajo na produktivnost, v smislu čiščenja varilne šobe in območja, ki meji na sam kabel. Za tovrstno oceno sta bili uporabljeni dve različni novi šobi:

ena za vsak opravljen test, po izvedbi le-tega pa so ju primerjali med seboj. Na slikah 27 in 28 je prikazano brizganje ob kordonih, ki jih tvorimo, kot tudi znotraj šobe varilne ročice, v obeh izvedenih testih/poskusih.



Slika 25 – Makrografija testa, izvedenega z mešanico plinov Ferromaxx®7



Slika 26 – Makrografija testa, izvedenega z mešanico plinov M21



Slika 27 – Videz šobe po spoju z mešanico plinov Ferromaxx®7



Slika 28 – Videz šobe po spoju z mešanico plinov M21

Sliki 27 in 28, ki sta zgolj informativne narave, kažeta na manjše število "projekcij" tako na spoju kot na šobi gorilnika v primeru testa, izvedenega z mešanico plinov Ferromaxx®7.

To ni presenetljivo, poleg tega manjši delež CO₂ in prisotnost manjše količine kisika omogočata večjo stabilnost električnega loka in prenos polnilnega materiala kot razpršilo (spray arc), ki ga je možno bolje nadzorovati.

Za konec članka in udobje bralca menimo, da je koristno, kot je tradicija te rubrike, da povzamemo rezultate vsakega testa/preizkusa, zato jih predstavljamo v spodnji tabeli.

Normativni rezultati

- [1] UNI EN ISO 14175:2008 "Dodajni materiali za varjenje – Plini in plinske mešanice za varjenje, taljenje in za postopke spajanja."
- [2] EN ISO 15792-1:2012 "Dodajni materiali za varjenje – Preizkusne metode – 1. del: Saggi di prova per la realizzazione di provette di tutto metallo di apporto di saldature di acciaio, nichel e leghe di nichel."
- [3] EN ISO 14341:2011 "Dodajni materiali za varjenje – Elektrodne žice in usedline varjenja za varjenje v loku z zaščitnim plinom nelegiranega jekla in drobnih zrn."
- [4] EN 1011-1:2009 "Varjenje – Priporočila za varjenje kovinskih materialov – 1. del: Splošne smernice za varjenje v loku."
- [5] EN ISO 6947:2012 "Varjenje in sorodni postopki – Pozicije varjenja."
- [6] EN ISO 6892-1:2009 "Kovinski materiali – Natezni preskus – 1. del: Testiranje pri sobni temperaturi."
- [7] EN ISO 148-1:2011 "Poskus odpornosti s Charpyjevim testom – 1. del: Metoda preskušanja."
- [8] EN ISO 5173:2012 "Škodljivi preskusi na zvarih kovinskih materialov – Test upogibanja."
- [9] EN ISO 6507-1:2006 "Kovinski materiali – Preskus trdote Vickers – 1. del: Metoda preskušanja."

Prostovoljna tehnična dokumentacija	Popolnost informacij	Predstavitveni katalog izdelka, ki je na voljo na spletni strani www.grupposapio.it , vsebuje elemente, ki pojasnjujejo njegovo delovanje in ključne značilnosti tako plinske mešanice kot jeklenke za njegovo shranjevanje.
	Kakovost informacij	Informacije so predvsem reklamnega značaja in omogočajo takojšnje razumevanje lastnosti in delovanje izdelka. Dokumentacija pa vsebuje tudi informacije in predloge glede operativnih parametrov uporabe.
	Tehnične značilnosti	Pravice potrošnega materiala in normativni sklic so posodobljeni in celovito opisani.
Pakiranje, označevanje in obvezne informacije	Pakiranje	Jeklenka Integra® je pozitivno ocenjena, saj omogoča lahko in varno avtonomijo pri uporabi.
	Označevanje	Označba na jeklenki Integra® je berljiva in vsebuje vse potrebne informacije.
	Varnostni list	Varnostni list, ki je lahko dostopen na spletu, obstaja v slovenščini.
Lastnosti dodatnega materiala	Odpornost zvarnega spoja na raztezanje	Testi glede maksimalne obremenitve, izvedeni na dodatnem materialu s tradicionalnim longitudinalnim preizkusom oprijema v skladu s standardom UNI EN ISO 6892-1 so pokazali večjo vzdržljivost v primeru varjenja z mešanico plina Ferromaxx®7 v primerjavi z varjenjem v atmosferi z 80% Ar - 20% CO ₂ ; zlasti obremenitve dosegajo vrednosti 591 MPa in 562 MPa.
	Duktilnost zvarnega spoja	Vsi testi glede bočne upogljivosti, izvedeni v skladu z UNI EN ISO 5173, so bili uspešno končani.
	Vzdržljivost zvarnega spoja	Udarni preskusi se izvajajo v skladu s predpisi UNI EN ISO 148-1 pri temperaturi -40 °C in so kot rezultat dali povprečne vrednosti 82 J za spoj, realiziran pod zaščito 80% Ar - 20% CO ₂ , in 129 J za spoj, realiziran z zaščitnim plinom Ferromaxx®7.
Funkcionalne in operativne značilnosti	Stabilnost loka	Spojna kopel je obvladljiva, s posledičnim izboljšanjem pravilnosti kordonskega spoja.
	Položaj varjenja	Enostavna upravljanje kopeli in stabilnosti loka omogočata ustrezen nadzor v položaju ISO 6947.
	Vedenje pri varjenju	Vedenje dodatnega materiala pri varjenju je zadovoljivo, posebej zanimivo je povečanje hitrosti napredka, ki jo dosežemo s prodorom v primerjavi z uporabo plinske mešanice M21.
	Pravilnost nastajanja vara	Vara nastaja pravilne oblike tako pri varjenju na ravninskem varu, kot tudi pri varjenju v položaju ISO 6947.