

Prednosti navarjanja s strženskimi žicami

Advantages of Surfacing with Cored Wires

R. Kejžar¹, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

Prejem rokopisa - received: 1996-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-04-21

Strženske žice združujejo prednosti ročnega obločnega varjenja z oplaščenimi elektrodami s prednostmi polavtomatskih in avtomatskih postopkov varjenja z masivnimi žicami v zaščitnih medijih - plinih in pod praški. Izdelujemo jih po dveh postopkih:

a) z vlečenjem polnjenih cevi in

b) z zvijanjem traku v žleb, ki ga polnimo s kovinami in minerali, ter nadaljnjim oblikovanjem žice.

Strženske žice iz cevi so praktično povsem enakih dimenzij kot masivne. Tudi njihova uporabnost na varilnih napravah (MIG/MAG in EPP) je povsem enakovredna masivnim žicam. Nasprotno pa so strženske žice iz traku zelo občutljive pri pogonu na varilnih strojih, ker obstaja nevarnost odpiranja zavite žice in iztresanja stržena v cevnem paketu (božirju), kar vodi do neenakomernega podajanja in zaustavljanja žice med varjenjem. Naprave za varjenje s strženskimi žicami iz traku morajo imeti poseben pogon. Zaradi zelo enostavne uporabe so strženske žice iz cevi zelo primerne za varjenja in navarjanja v industriji. Z deležem stržena, ki zavzema pri omenjenih žicah okoli 30% preseka, dosežemo zelo dobre rezultate tudi pri navarjanju bolj obremenjenih obrabno odpornih prevlek.

Ključne besede: strženske žice iz cevi in traku, nelegirane in legirane cevi, legiranje navara preko stržena in preko legirane cevi, oksidacijsko-redukcijski procesi, vnos kisika - ΔO_2 (g/g vara), odgor dezoksidantov in legirnih elementov

Cored wires combine advantages of manual arc welding with covered electrodes and those of semiautomatic and automatic welding processes with solid wires in various shielding media, i.e. gases and fluxes. They are produced in two ways, i.e.:

a) by drawing filled-in tubes and

b) by folding of a metal strip into a U-form which is to be filled with metals and minerals, and by subsequent shaping of the wire.

Cored wires have practically the same diameters as solid wires. Their applicability to welding devices (MIG/MAG and SAW) is equal to solid wires. Cored-wires, however, are very sensitive to the feeding technique of welding machines because there is a risk of opening of the folded wire and of pouring out of the core into the hose package, which leads to a nonuniform feeding and finally to a stand-still during welding. Devices for welding with cored wires should have a separate feeding device for wires made of a strip. Owing to a very simple application, cored wires made of a tube are very suitable for welding and surfacing in industry. With a filling ratio of 30% with the above-mentioned wires, very favourable results are obtained also in surfacing of stronger loaded, wear-resistant claddings.

Key words: flux-cored wires in the form of a tube or of a strip, unalloyed and alloyed tubes, alloying of the surfacing by the core and by the alloyed tube; oxidation-reduction processes, oxygen input - ΔO_2 (g/g weld metal), burn - off of deoxidation agents and alloying elements

1 Uvod

V prizadevanjih za znižanje stroškov, ki vsakodnevno nastajajo zaradi obrabe mehansko, korozijsko in toplotno obremenjenih delov strojev in naprav v industriji, ima navarjanje zelo pomembno vlogo. Razvite tehnike in tehnologije navarjanja omogočajo popraviljanje poškodovanih delov strojev in naprav tako kakovostno, da ima obnovljeni strojni element celo boljše mehanske in tribološke lastnosti ter je vzdržljivejši od novega. Vse pogosteje se v industriji uveljavlja praksa, da obrabno obremenjene površine in robove novih strojnih delov, naprav in orodij oplemenitimo z navarjanjem. Še bolj gospodarno pa je, če jih izdelamo iz cenejših žilavih jekel in na obremenjene ploskve in robove navarimo obrabno odporne prevleke¹⁻⁷.

Močno taljenje osnove je s stališča navarjanja pomankljivost večine obločnih, še posebno pa produktivnejših polavtomatskih in avtomatskih postopkov varjenja. Zaradi mešanja (razredčenja) navara z osnovnim materialom moramo navarjati večslojno. Omenjeno pomankljivost lahko odpravimo z dodatnim legiranjem na-

vara preko elektrodne obloge, varilnega praška in stržena ter s tehniko navarjanja z večžično elektrodo⁷⁻¹⁵.

Strženske žice so univerzalen in zelo perspektiven dodajni material za obnavljanje poškodovanih in obrabljenih ter oplemenitenje novih strojnih elementov, naprav in orodij z varjenjem in navarjanjem. Združujejo prednosti oplaščenih elektrod za ročno obločno varjenje s prednostmi masivnih žic za polavtomatska in avtomatska varjenja v zaščitnih medijih - plinih in pod praški - in brez zaščite. Če z njimi varimo polavtomatsko po postopku MIG/MAG, geometrija poškodovanih in obrabljenih delov strojev in naprav skoraj ne vpliva na izvedbo popravila^{16,17}.

2 Opis in izdelava strženskih žic

Strženske žice izdelujemo po dveh postopkih:

a) z vlečenjem polnjenih cevi,

b) z zvijanjem traku v žleb, ki ga polnimo s kovinami in minerali, ter nadaljnjim oblikovanjem žice.

Strženske žice iz cevi so praktično povsem enakih dimenzij kot masivne. Tudi njihova uporabnost na varilnih napravah (MIG/MAG in EPP) je povsem enakovredna masivnim žicam. Nasprotno pa so strženske žice, ki so zvite iz traku, zelo občutljive pri pogonu na varilnih strojih, ker obstaja nevarnost odpiranja zaradi stiskanja žice

¹ Prof. dr. Rajko KEJŽAR, dipl.inž.kem.
Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani
AŠkerčeva 6, 1000 Ljubljana

med pogonskimi kolesci, kar ima za posledico iztresanje stržena v cevem paketu (božirju), ki povzroči zaustavljanje in neenakomerno podajanje žice med varjenjem. Naprave za varjenje s strženskimi žicami iz traku morajo zato imeti poseben pogon žice¹⁸⁻²⁰.

Zaradi enostavne uporabe so strženske žice iz cevi primernejše za varjenja in navarjanja v industriji kot tiste, ki so izdelane z zvijanjem iz traku. Uporabimo jih lahko brez težav na obstoječih varilnih napravah. S pravilno izbiro dimenzij in kvalitete cevi pa jih tudi lahko izdelamo skoraj za vse potrebe navarjanja v industriji.

2.1 Legiranje navara preko stržena

Sestava stržena ter masno razmerje med strženom in cevjo odločilno vplivata na sestavo navara, ki pa je odvisna tudi od dezoksidacijskih procesov v kapljici in

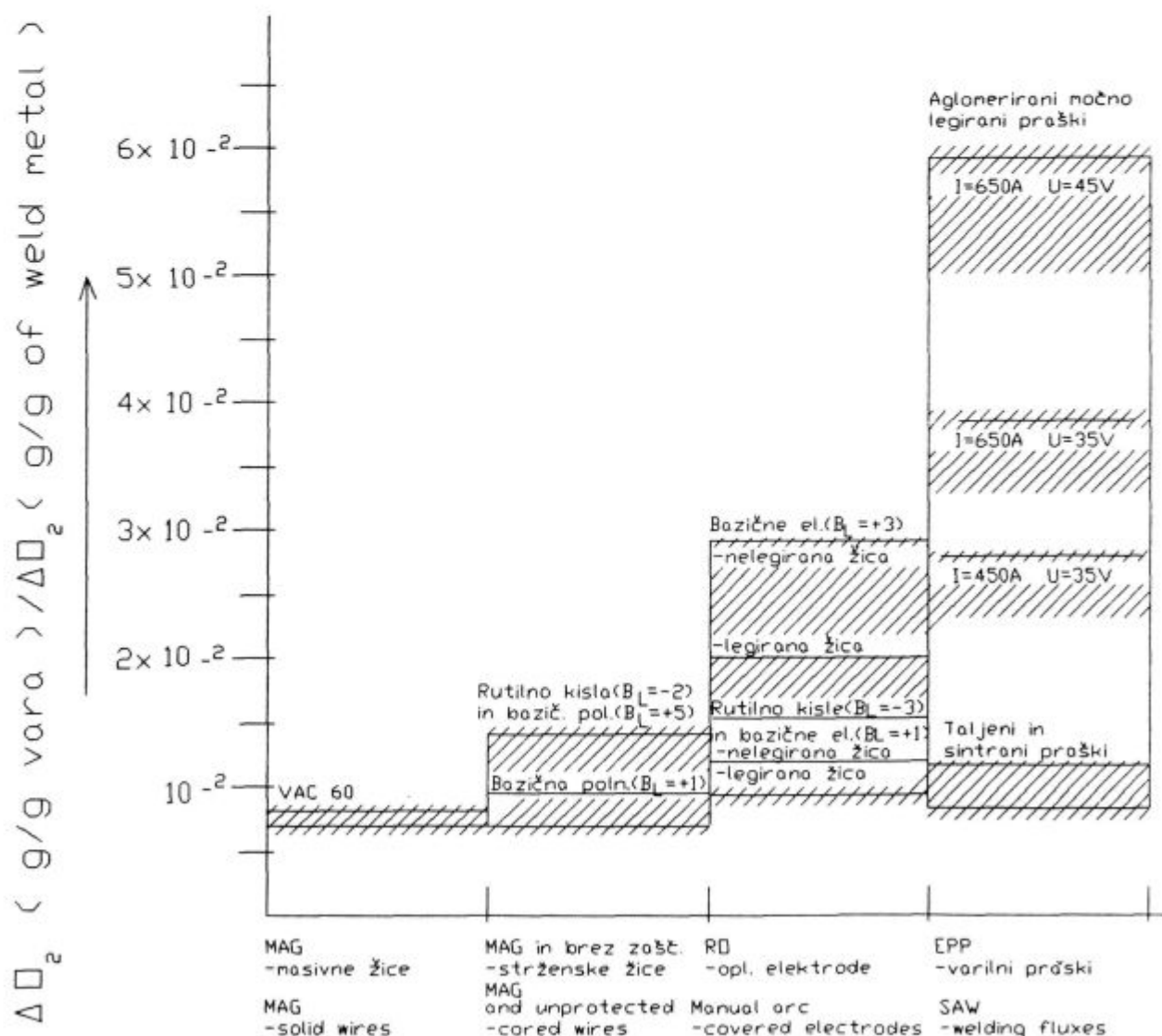
talini vara. Oksidacija dezoksidantov in legirnih elementov med varjenjem poteka le s kisikom, ki pride iz plinske faze v talino žlindre in vara, ter kisikom, ki vstopa v reakcije vzpostavljanja navideznega ravnotežja zaradi redukcije varilne žlindre²¹⁻²⁷.

Enačba vzpostavljanja navideznega ravnotežja:

$$a_{[O]} = \frac{a_{(FeO)}}{K_{Fe} \cdot a_{[Fe]}} = \frac{a_{(MnO)}}{K_{Mn} \cdot a_{[Mn]}} = \sqrt{\frac{a_{(SiO_2)}}{K_{Si} \cdot a_{[Si]}}} =$$

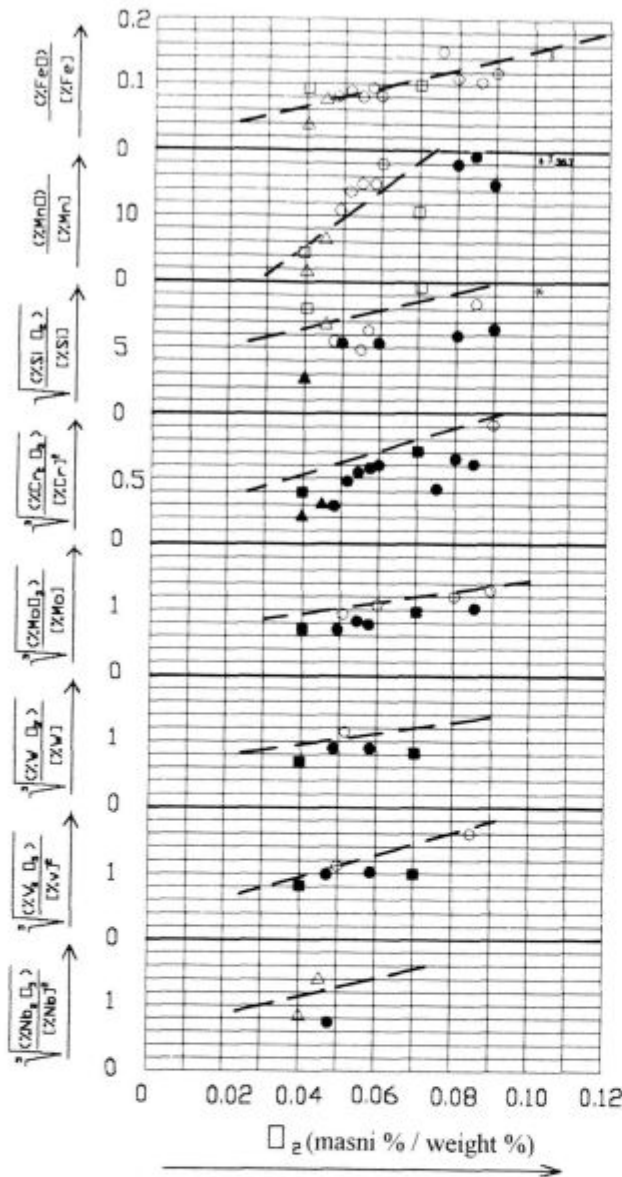
$$= \sqrt[3]{\frac{a_{(Cr_2O_3)}}{K_{Cr} \cdot a_{[Cr]}^2}} = \sqrt[3]{\frac{a_{(MoO_3)}}{K_{Mo} \cdot a_{[Mo]}}} = \sqrt[5]{\frac{a_{(V_2O_5)}}{K_V \cdot a_{[V]}^2}} = \frac{P_{[CO]}}{K_C \cdot a_{[C]}}$$

Vnos kisika " ΔO_2 (g/g vara)" iz plinske faze in žlindre v var je tesno povezan z velikostjo odtaljenih kapljic (reakcijska površina) ter s količino in bazičnostjo varilne žlindre (slika 1).



Slika 1: Diagram vnosa kisika " ΔO_2 (g/g vara)" pri obločnih postopkih varjenja

Figure 1: Diagram of the oxygen input " ΔO_2 (g/g of weld metal)" in arc welding processes



Slika 2: Diagrami porazdelitve elementov med žlindro in varom pri obločnih postopkih varjenja

x* MAG; masivna žica (VAC 60)

o• MAG; strženske žice

Δ▲ Ročno obločno; oplaščene elektrode

□■ EPP; varilni praški

(*•▲■, močna dezoksidacija - legiranje)

Figure 2: Distribution diagrams of elements between the slag and the weld metal in arc welding processes

x* MAG; solid wire (VAC 60)

o• MAG; cored wires

Δ▲ Manual arc; covered electrodes

□■ SAW; welding fluxes

(*•▲■, strong deoxydation - alloying)

Na osnovi podatkov o vnosu kisika " ΔO_2 (g/g vara)" in porazdelitvi elementov med žlindro in varom (slika 2), ki temelji na reakcijah vzpostavljanja navideznega ravnotežja, lahko vnaprej ocenimo sestavo navara pri izbrani sestavi stržena in masnem deležu stržena v strženski žici.

Stržen sestavljajo mineralne in kovinske komponente. Enakomerno sestavo zagotovimo le, če fino zmlete komponente stržena dobro premešamo in granuliramo. Pri približno enaki velikosti zrn bo potekalo polnjenje cevi brez težav - ne bo prišlo do zbijanja granulata v cevi. Poroznost granulata in stržena pa je takoj po polnjenju cevi razmeroma velika (okoli 40%).

Pri cevastih strženskih žicah (npr.: FILTUB DUR 16; strženska žica za navarjanje SŽ-ŽJ, FI PROM - Elektrode, Jesenice) je zaradi poroznosti granulata in stržena po polnjenju cevi masni delež stržena le 12 do 13 odstoten, čeprav je delež površine notranjega prereza izbranih cevi;

$$S = \frac{\pi(r-2,5)^2}{\pi r^2} \cdot 100 = 38\%$$

(dimenzije cevi: ϕ 13 mm, debelina stene cevi ca. 2,5 mm).

Sestavo čistega vara in nastajajoče varilne žilindre izračunamo (oz. ocenimo) po naslednjih enačbah:

$G_{M.K} = \Sigma$ mineralnih komponent (kalcit, jedavec, rutil, volastonit....vodno steklo)

$G_{kov.} = \Sigma$ kovinskih komponent (cev; kovine, zlitine, karbidi....grafit)

$$G_{Zl} = G_{M.K} + \Sigma \Delta G_{Me_xO_y} = \frac{G_{M.K} \cdot 100}{100 - \Sigma \Delta \% Me_xO_y}$$

$$G_v = G_{kov.} - \Sigma \Delta G_{Me} = G_{kov.} \cdot \eta$$

$$\text{Sestava vara: } \% Me = \frac{\Delta G_{Me} \cdot 100}{G_v}$$

$$\text{Sestava žilindre: } \% Me_xO_y = \frac{\Delta G_{Me_xO_y} \cdot 100}{G_{Zl}}$$

Legenda oznak:

$\Delta G_{Me_xO_y}$, $\Delta \% Me_xO_y$, $\% Me_xO_y$ in $M_{Me_xO_y}$ - sprememba mase in deleža izbranega oksida ter delež in molekularna masa izbranega oksida v žlindri

ΔG_{Me} in $\% Me$ - sprememba mase in delež izbranega elementa v čistem varu

$G_{M.K.}$, $G_{kov.}$, G_{Zl} in G_v - mase mineralnih in kovinskih komponent strženske žice ter nastajajoče varilne žilindre in čistega vara

η - izkoristek varjenja ($\eta = \frac{G_v}{G_{kov.}}$)

Opomba:

Izračunani "vnosi kisika" ΔO_2 (g/g vara) ter razmerja med vsebnostjo oksidov v žlindri in legirnih elementov v varu, to je "porazdelitev elementov"

Tabela 1: Kemijske sestave čistih varov in varilnih žlindre ter vnosi kisika " ΔO_2 (g/gvara)" za navarjanje s strženskimi žicami iz varjenih nelegiranih cevi

| Cev ϕ 13 mm Oznaka žice - legirni dodatki | Sestava vara | | | | | | | Sestava žlindre | | | | | | Gžl/Gv ΔO_2^* (g/gvara) |
|---|--------------|-----|-----|------|-----|-----|--------|-----------------|------|------|------|--------|--------------|------------------------------------|
| | %C | %Si | %Mn | %Cr | %Mo | %W | %V(Ti) | %SiO2 | %CaO | %FeO | %MnO | %Cr2O3 | %V2O5 (TiO2) | |
| I. (12 do 13 mas. % stržena) | | | | | | | | | | | | | | |
| FC DUR 600 - ferozlitine | 0,25 | 0,5 | 1,4 | 3,7 | 0,4 | - | - | 21 | 13 | 11 | 28 | 5 | - | 5,5 71/102 |
| FC DUR 600 - kovine in karbidi | 0,45 | 0,6 | 1,6 | 5,5 | 0,6 | - | - | 18 | 13 | 10 | 18 | 8 | - | 5,0 62/120 |
| II. (19 do 22 mas. % stržena) | | | | | | | | | | | | | | |
| FC DUR 600 - ferozlitine | 0,63 | 0,4 | 1,7 | 7,3 | 1,0 | - | 0,6 | 12 | 11 | 9 | 32 | 12 | 3 | 6,6 72/150 |
| FC DUR 56TC - kovine in karbidi | 1,60 | 0,3 | 1,3 | 7,0 | 1,4 | - | 3,9Ti | 8 | 10 | 7 | 19 | 7 | 27 (TiO2) | 6,2 90/170 |
| Utop Mo 6 - ferozlitine | 0,53 | 1,1 | 0,5 | 7,8 | 2,0 | 0,6 | 1,2 | 34 | 20 | 7 | 7 | 7 | 3 | 4,4 87/160 |
| III. (22 do 27 mas. % stržena) | | | | | | | | | | | | | | |
| BRM 2 - ferozlitine in karbidi | 0,88 | 0,7 | 0,4 | 5,0 | 4,5 | 5,6 | 1,8 | 32 | 19 | 7 | 6 | 5 | 4 | 5,2 81/160 |
| Fluxodur 62 (Abradur 58)** | 3,8 | - | 0,2 | 36,3 | - | - | - | - | - | 9 | - | 91 | - | 2,7 84/200 |

* - Prva številka prikazuje intenzivnost dezoksidacije brez upoštevanja ogljika, druga pa celotno vezanje oz. vnos kisika " ΔO_2 (g/g vara)"

** - Polnjenje cevi s Cr - karbidom. Ker ne pripravljamo granul, je masni delež stržena kar 42%. Nastaja pa težko taljiva žlindra (oz. produkt dezoksidacije), ki je vzrok vključkom v navaru.

Tabela 2: Ferita jekla (trakovi), primerna za izdelavo varjenih cevi za posebne strženske žice²⁸

| Oznaka jekla | % C | % Si | % Mn | % Cr | % Ti |
|----------------------------------|----------|------|------|-------|---------|
| a) Superferitno jeklo (x1 Cr 17) | 0,01 | | | 18 | |
| b) Feritni jekli: | | | | | |
| ACROM 1 extra (x 6 Cr 17) | pod 0,08 | | 1,0 | 16-18 | |
| ACROM 10 extra | pod 0,12 | | 1,0 | 23-26 | 0,3-0,5 |

Tabela 3: Kemijska sestava čistega vara in varilne žlindre ter vnos kisika " ΔO_2 (g/gvara)" za navarjanje s stržensko žico iz varjene legirane cevi kvalitete "ACROM 10 extra"

| Cev ϕ 13 mm Oznaka žice - legirni dodatki | Sestava vara | | | | | | | Sestava žlindre | | | | | | Gžl/Gv ΔO_2^* (g/gvara) |
|---|--------------|-----|------|-----|-----|-----|--------|-----------------|------|------|------|--------|--------------|------------------------------------|
| | %C | %Si | %Mn | %Cr | %Mo | %W | %V(Ti) | %SiO2 | %CaO | %FeO | %MnO | %Cr2O3 | %V2O5 (TiO2) | |
| III. (22 mas. % stržena) | | | | | | | | | | | | | | |
| FC DUR 64 (Abradur 66) | 4,9 | 0,7 | 21,0 | 5,8 | 2,0 | 0,9 | 5,5 | 23 | 12 | 5 | 12 | 2 | 6 | 5,1 83/160 |

Tabela 4: Nikljeve zlitine (trakovi), zanimive za izdelavo varjenih cevi za posebne strženske žice²⁹

| Oznaka Ni - zlitine | % C | % Cr | % Co | % Mo | % W | % Ti | % Al | % Nb | % Fe |
|---------------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Nimonic C.263 | 0,06 | 20,0 | 20,0 | 5,8 | | 2,2 | 0,45 | | 0,7 |
| Inconel X-750 | 0,04 | 15,5 | | | | 2,5 | 0,70 | 0,95 | 7,0 |
| Inconel 600 | 0,08 | 15,5 | | | | | | | 8,0 |
| Hastelloy C | 0,08 | 15,5 | 2,5 | 16,0 | 3,8 | | | | 5,5 |
| Udimet 500 | 0,08 | 18,0 | 18,5 | 4,0 | | 2,9 | 2,9 | | |

$$\sqrt{\frac{(\%Me_xO_y)}{[\%Me]^3}}$$

morajo ustrezati podatkom v diagramih na slikah 1 in 2.

V tabeli 1 so podane kemijske sestave čistih varov in varilnih žlindre za strženske žice, ki jih izdelamo iz nelegiranih cevi (0,06% C; 0,03% Si in 0,3 Mn) premera ϕ 13 mm z debelino stene:

I. -2,5 mm (S = 38%, masni delež stržena = 12 do 13%)

II. -1,9 mm (S = 50%, masni delež stržena = 19 do 22%) in

III. -1,6 mm (S = 57%, masni delež stržena = 22 do 27%).

Iz tabele 1 je razvidno, da pri izdelavi strženskih žic za navarjanje iz varjenih nelegiranih cevi ϕ 13 mm z debelino stene 2,5 mm lahko maksimalno legiramo navar z 9% legiranih elementov. Če pa uporabimo cevi s tanjšimi stenami (1,9 ali celo 1,6 mm), kar bo vzrok za večje težave pri izdelavi - vlečenje strženske žice do manjših

premerov (pod ϕ 1,6 mm) pa lahko legiramo navar že z okoli 15% (debelina stene = 1,9 mm) ali celo z 20 oz. 40% (debelina stene = 1,6 mm) legiranih elementov. Pri uporabi ferozlitin, ki so zaradi nižjih tališč primernejše, bo legiranje navara preko stržena nekoliko nižje (za najmanj 10%), navari pa bodo kvalitetnejši - brez neraztaljenih težko taljivih kovinskih in karbidnih vključkov.

2.2 Uporaba legiranih cevi

Za izdelavo strženskih žic za obrabno odporna navarjanja so zelo zanimive tudi varjene cevi, izdelane iz legiranih feritnih jekel - trakov (tabela 2).

Superferitno jeklo ima zelo dobre preoblikovalne lastnosti, kar je zelo pomembno pri vlečenju strženske žice do nižjih presekov (pod ϕ 1,6 mm). Feritno jeklo ACROM 10 extra pa je zanimivo zaradi visokega deleža kroma (25% Cr). Za legiranje navara večinoma zadostuje

že krom iz cevi, preostale legirne elemente pa legiramo v navar preko stržena (tabela 3).

Iz **tabele 3** je razvidno, da pri izdelavi strženskih žic za navarjanje iz varjenih legiranih cevi ϕ 13 mm z debelino stene 1,6 mm lahko legiramo v navar preko cevi in stržena preko 40% legiranih elementov. Problematično je edino legiranje visokih vsebnosti ogljika v navar. Z dodajanjem grafita v stržen se namreč masni delež stržena zelo hitro znižuje.

Z uporabo cevi iz čistega niklja ali nikljevih zlitin (**tabela 4**) lahko v obliki strženskih žic izdelamo tudi dodajne materiale za navarjanje najrazličnejših temperaturno in obrabno odpornih nanosov.

3 Sklep

Navarjanje s strženskimi žicami je produktivno, kvalitetno in zelo zanimivo za vzdrževalce. Če varimo po polavtomatskem postopku MIG/MAG, se brez težav prilagajamo geometriji varjenca. Posebno primerne so strženske žice, ki so izdelane z vlečenjem polnjenih varjenih cevi (cevaste strženske žice). Glede dimenzij in uporabe na varilnih napravah so povsem enakovredne masivnim žicam. Z legiranjem navara preko stržena in legirane cevi, pa jih lahko izdelamo praktično za vse potrebe navarjanja v industriji^{1,2,30-32}.

4 Literatura

- ¹ *Weld Surfacing and Hardfacing*. The Welding Institute Abington, 1980
- ² H. Uetz: *Abrasion und Erosion*. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1986
- ³ R. Kejžar: Razvoj varilnih postopkov obnavljanja in oplemenitenja površin. *Strojniški vestnik - Tribologija*, 31, 1985, 7-8, 179-183
- ⁴ R. Kejžar: Applicability of building-up processes to manufacture and restoration of tools. *Proceedings of the international conference on the joining of materials*, JOM-4, Helsingør, 1989, 26-36
- ⁵ R. Kejžar: Produktivno navarjanje orodij. *Strojniški vestnik - Tribologija*, 36, 1990, 10-12, 217-220
- ⁶ R. Kejžar: Navarjanje močno legiranih nanosov na konstrukcijska jekla. *Varilna tehnika*, 41, 1992, 4, 96-101
- ⁷ R. Kejžar: Platiranje konstrukcijskih jekel z navarjanjem. *Kovine, zlitine, tehnologije*, 28, 1994, 1-2, 95-100
- ⁸ R. Kejžar: Refinement of working surfaces by submerged arc hardfacing. *Proceedings of the international conference on the joining of materials*, JOM-5, Helsingør, 1991, 117-126
- ⁹ R. Kejžar: Hardfacing by submerged arc welding. *Proceedings of the 2nd international conference on tooling "Neue Werkstoffe und Verfahren für Werkzeuge"*, Bochum 1989, 301-314
- ¹⁰ R. Kejžar: Submerged arc surfacing with multiple - wire electrode and alloyed agglomerated fluxes. *Proceedings of the international conference on the joining of materials*, JOM-7, Helsingør, 1995, 273-279
- ¹¹ R. Kejžar: Razširjenje perspektive navarjanja močno legiranih nanosov. *Kovine, zlitine, tehnologije*, 29, 1995, 1-2, 113-116
- ¹² R. Kejžar: One-layer submerged arc surfacing of high-alloyed claddings with single and multiple electrodes and with alloyed agglomerated powders. *Proceedings of the international conference on the joining of materials*, JOM-6, Helsingør, 1993, 455-463
- ¹³ R. Kejžar: Some results referring to alloying of submerged arc surfacings in multiple electrode welding. *IIV/IIIS Madrid 1992*, Doc. 212-813-92 (15 strani)
- ¹⁴ J. Tušek, V. Kralj: Zavarivanje pod praškom s dvostrukom, trostrukom i četverostrukom elektrodom, *Zavarivanje*, 35, 1992, 2, pr. str. 77, str. 8
- ¹⁵ J. Tušek, V. Kralj: Submerged Arc Welding with Multiple - Wire Electrode. *Proceedings of the International Conference on the Joining of Materials*, JOM-6, Helsingør, 1993, 438-454
- ¹⁶ R. Kejžar: Razvoj dodajnih materialov v obliki strženskih žic (strženske žice - univerzalen dodajni material za varjenje, navarjanje, spajkanje in nabrizgavanje). *Varilna tehnika*, 33, 1984, 4, 104-108
- ¹⁷ G. Rihar: Razvoj strženskih žic za navarjanje. *Varilna tehnika*, 34, 1985, 4, 95-97
- ¹⁸ J. Tušek: Predlog razvrstitve strženskih žic. *Varilna tehnika*, 43, 1994, 4, 107-113
- ¹⁹ J. Begeš: Strženske žice - nov dodajni material za polavtomatsko varjenje. *Varilna tehnika*, 34, 1985, 2, 35-39
- ²⁰ I. Lakota: Strženske žice nov proizvod Železarne Jesenice. *Varilna tehnika*, 42, 1993, 2, 45-51
- ²¹ R. Kejžar: Vzpostavljjanje navidezne ravnotežja med žlindro in kovino pri dezoksidaciji jekla in varjenju. *Železarski zbornik*, 8, 1974, 4, 193-201
- ²² R. Kejžar: Vpliv dezoksidantov na vsebnost kisika v čistem varu in izkoristek Cr iz plašča pri elektroobločnem varjenju. *Železarski zbornik*, 9, 1975, 1, 19-27
- ²³ R. Kejžar: Prigor in odgor elementov (silicija in mangana) pri varjenju pod praškoma EP 10 in EP 50. *Železarski zbornik*, 9, 1975, 1, 11-17
- ²⁴ R. Kejžar: Desoxydationsvorgänge in der Schweissnaht beim Schweißen mit Fülldrähten. *DVS Berichte 42*, Düsseldorf 1976, 247-264
- ²⁵ R. Kejžar: Deoxidation processes by welding with cored wires. *IIV Doc. 212-365-76*
- ²⁶ R. Kejžar: Skupna izhodišča za izračunavanje enačb vzpostavljjanja navidezne ravnotežja med žlindro in varom pri varjenju z oplasnjenimi elektrodami. *Rudarsko-metalurški zbornik*, 1976, 4, 357-375
- ²⁷ R. Kejžar: Razvoj dodajnih materialov na osnovi zakonitosti poteka fizikalno kemičnih procesov med varjenjem. *Rudarsko-metalurški zbornik*, 1977, 1, 3-16
- ²⁸ R. Kejžar: Alloying Processes in Submerged arc Surfacing with Alloyed Agglomerated Fluxes. *IIV/IIIS Doc. 212-844-93*
- ²⁹ Toplo valjana pločevina. *Katalog Železarne Jesenice*, 1987
- ³⁰ D. Dobi: Superlegure na bazi niklja. *Zbornik svetovanja o sadašnji i budućoj proizvodnji specijalnih slitina u Željezari Ravne*, Kotlje 1989, 40 str.
- ³¹ Dodajni materiali za varjenje. *Katalog Železarne Jesenice*, 1991
- ³² Elektroden für die Auftragschweissung. *Fülldrähte für die Auftragschweissung*, 30-32, Soudometal/Interweld
- ³³ *Fülldraht-Elektroden nach dem Fluxofil-Verfahren*. Oerlikon