

Strženske žice za reparaturno vzdrževanje

Flux-Cored Wires for Maintenance by Repair Welding

R. Kejžar¹, ZRMK Ljubljana

M. Ogrizek, GRADIS - Strojno prometna operativa Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1995-10-04; sprejem za objavo - accepted for publication: 1995-12-22

V industriji se vsakodnevno srečujemo z obrabo in lomi najrazličnejših strojnih delov in orodij. S hitro zamenjavo poškodovanih delov delno ublažimo škodo zaradi izpada proizvodnje. Ekonomsko najprimerneje pa je, da poškodovane strojne elemente obnovimo. Razvite tehnike in tehnologije varjenja in navarjanja omogočajo sprotno popraviljanje poškodovanih ali obrabljenih elementov strojev in naprav tako kakovostno, da ima obnovljeni del celo boljše mehanske in tribološke lastnosti ter je pogosto vzdržljivejši od novega. Popraviljanje z varjenjem in navarjanjem je večinoma najgospodarnejši način vzdrževanja v industriji. Za reparaturno vzdrževanje so posebno perspektivne strženske žice. So univerzalen dodajni material. Izdelamo jih lahko praktično za vse namene varjenja in navarjanja v industriji. Združujejo prednosti ročno obločnega varjenja z oplaščenimi elektrodami s prednostmi polavtomatskih in avtomatskih postopkov varjenja v zaščitnih medijih. Varjenje in navarjanje s strženskimi žicami je zato zanesljivo in produktivno, zvari in navari pa so zelo kvalitetni. Gospodarnejša izdelava in podaljševanje dobe trajanja strojnimi elementom, napravam in delovnim sredstvom mora postati naša prvenstvena razvojna usmeritev.

Ključne besede: strženske žice, legiranje navara preko stržena - postopek MIG/MAG, strženske žice iz cevi in iz traku, kvaliteta in produktivnost navarjanja, obnavljanje obrabljenih strojnih delov z navarjanjem - vzdrževanje z navarjanjem

In industrial plants, wear and fracture of various machine parts and tools is a daily routine. Damage caused by stoppages on the production line can partly be diminished by a quick exchange of the parts damaged. The most cost-effective way is, however, to renovate the machine parts damaged. Welding and surfacing technologies already developed permit a prompt repair of damaged or worn-out machine elements on such a high-quality level that a part renovated may even have better mechanical and tribological properties and be often more wear-resistant than a new one. Repair carried out by welding and surfacing is in most cases the most cost-effective way of maintenance in industrial plants. For maintenance by repair welding, flux-cored wires seem to have very good prospects. They are a universal filler material. They can be manufactured for any welding and surfacing task in industrial plants. They combine advantages of manual arc welding with covered electrodes and of semiautomatic and automatic welding processes in shielding media. Welding and surfacing with flux-cored wires is, therefore, reliable and productive while welds and surfacings are of high quality. A more cost-effective manufacture and extension of life of machine elements, apparatuses and means of production should become our priority in development.

Key words: flux-cored wires, alloying of the surfacing by the core - MIG/MAG process, flux-cored wires in the form of a strip or a tube, quality and productivity in surfacing, renovation of worn-out machine parts by surfacing - maintenance by surfacing

1 Prednosti strženskih žic

Strženske žice združujejo prednosti ročno obločnega varjenja z oplaščenimi elektrodami s prednostmi polavtomatskih in avtomatskih postopkov varjenja z golimi žicami v zaščitnih medijih (plinih ter pod žilindro in praškom).

Polnitev ima pri strženskih žicah iste naloge kot obloga pri oplaščenih elektrodah¹⁻⁴:

- pomaga vzdrževati električni oblok (vsebuje komponente, ki izboljšajo ionizacijo obloka)
- sodeluje pri oblikovanju vara (varilna žilindra tudi prepreči zlivanje kopeli vara po varjencu) ter
- uravnava potek metalurških reakcij med varjenjem (s komponentami v polnitvi dezoksidiramo in legiramo var ter ščitimo raztaljeno kovino pred oksidacijo).

Varjenje s strženskimi žicami je zato zanesljivo, zvari pa so zelo kvalitetni. Ker dovajamo električni tok na žico pri varjenju s strženskimi žicami enako kot pri varjenju z masivnimi žicami, je varjenje s strženskimi žicami zelo produktivno (glej sliko 1) ter ga lahko razmeroma enostavno avtomatiziramo.

Naše in tuje raziskave so pokazale, da so strženske žice univerzalen, zelo zanimiv in perspektiven dodajni material. Izdelamo jih lahko praktično za vse namene varjenja in navarjanja v industriji⁴⁻⁹.

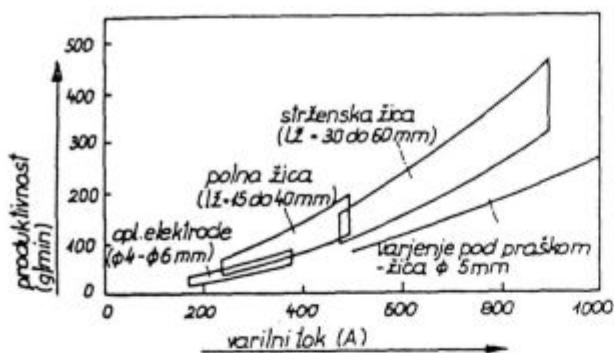
2 Boj proti obrabi z navarjanjem

2.1 Strženske žice za navarjanje

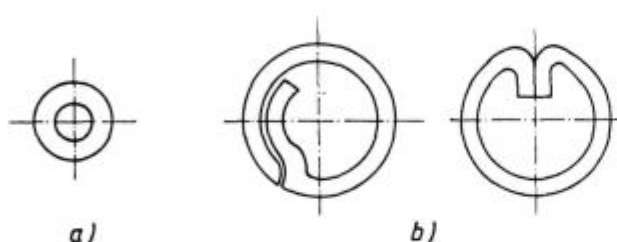
V industriji se vsakodnevno srečujemo z obrabo. Posledica je ogromna gospodarska škoda zaradi propadanja najrazličnejših delovnih sredstev, elementov strojev in naprav ter procesne opreme. Povečujejo jo pa še izpadi proizvodnje.

S hitro zamenjavo poškodovanih strojnih elementov lahko delno ublažimo škodo zaradi obrabe. Nemogoče oziroma predrago pa bi bilo, da bi imeli vse strojne dele, ki so izpostavljeni obrabi, stalno na zalogi. Znatno ceneje je, če obrabljene strojne elemente obnavljamo z navarjanjem. Razvite tehnike in tehnologije navarjanja omogočajo popraviljanje poškodovanih delov strojev in naprav tako kakovostno, da ima obnovljeni del 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

¹ Prof.dr. Rajko KEJŽAR, dipl.inž.kem.
Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij
1000 Ljubljana, Dimičeva 12



Slika 1: Vpliv varilnega toka na produktivnost pri obločnih postopkih varjenja
 Figure 1: Influence of welding current on productivity in arc welding processes



Slika 2: Videz presekov strženskih žic: a) strženska žica iz cevi, b) strženski žici iz traku (najpogostejša načina zvijanja traku v žico)
 Figure 2: Appearance of cross-sections of flux-cored wires: a) flux-cored wire made from a tube, b) flux-cored wire made from a strip (the two most frequent ways of folding a strip into a wire)

navarjanjem. Še bolj gospodarno pa je, če jih izdelamo iz cenejših žilavih jekel z navarjanjem obrabno odpornih prevlek¹⁰⁻¹⁹.

Za reparaturno vzdrževanje so posebno perspektivne strženske žice. Če z njimi varimo po postopku MIG/MAG, geometrija strojnih elementov skoraj ne vpliva na izvedbo popravila. Prednosti varjenja s strženskimi žicami pred varjenjem z masivnimi žicami po postopku MIG/MAG pa so še naslednje:

- večja produktivnost
- manjša nagnjenost k poroznosti varov (kvalitetnejši vari) in
- manj intenzivno uvarjanje v osnovo, kar je velika prednost, posebno pri navarjanju močno legiranih nanosov na konstrukcijska jekla.

Poznamo dve vrsti strženskih žic (slika 2).

Strženske žice iz cevi lahko izdelamo praktično povsem z enakimi dimenzijami kot iz masivne žice - do

ϕ 1,2 (1,0) mm. Njihova aplikacija na obstoječih varilnih strojih je tudi povsem enakovredna masivni žici. Nasprotno pa so strženske žice, izdelane iz traku, zelo občutljive pri pogonu na varilnih strojih zaradi nevarnosti odpiranja. Izdelava tankih dimenzij (pod ϕ 2,4 mm) in pobakritev je pri strženskih žicah iz traku problematična. Ker pa omogočajo skoraj neomejene možnosti legiranja, so posebno perspektivne za navarjanja ekstremno legiranih obrabno odpornih nanosov^{7-9,20,21}.

Proizvajalci dodatnih materialov ponujajo v svojih katalogih že zelo pester izbor strženskih žic za navarjanje. Glede na sestavo navarov (po skupinah zlitin, DIN 8555) smo nekaj najbolj zanimivih strženskih žic za navarjanje obrabno odpornih prevlek zbrali v tabeli 1.

Iz table 1 je razvidno, da so obrabno odporni navari zelo močno legirani. Le čisti navari prvih treh strženskih žic vsebujejo manj kot 20% legirnih elementov. Ker legiramo navar pri navarjanju s strženskimi žicami po postopku MIG/MAG praktično samo preko stržena, je izdelava strženskih žic iz cevi omejena na strženske žice za navarjanje manj legiranih navarov. Strženske žice za navarjanje močneje legiranih navarov pa so izdelane iz traku.

Pri uvajanju navarjanja s strženskimi žicami v reparaturno vzdrževanje smo imeli s stržensko žico FILTUB DUR 16 (FIPROM, Jesenice), ki ustreza žici z oznako FC-DUR 600 (tabela 1), zelo lepe uspehe.

2.2 Praktični primeri reparaturnega vzdrževanja z navarjanjem s strženskimi žicami

a) Navarjanje lopatic in strgal mešalnikov

Obrabljene robove lopatic in strgal v protitočnem mešalniku lahko navarjamo z oplaščenimi elektrodami ročno obločno ali s strženskimi žicami polavtomatsko po postopku MIG/MAG (slika 3).

b) Navarjanje žlice nakladača

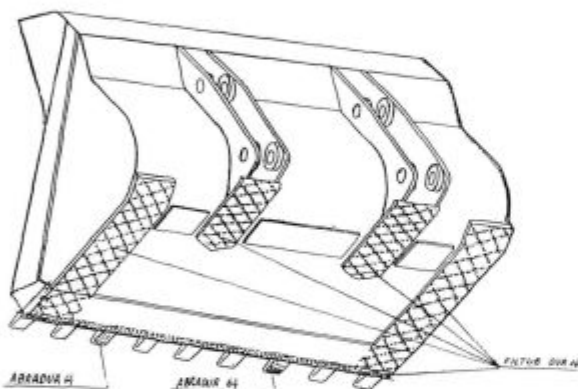
Tudi obrabljene robove in drsne ploskve žlice nakladača lahko obnovimo in zaščitimo pred obrabo z ročno obločnim navarjanjem z oplaščenimi elektrodami ali polavtomatsko po postopku MIG/MAG s strženskimi žicami. Ker so dolžine navarov in količina obrabno odpornega materiala, ki ga moramo navariti pri obnavljanju žlice nakladača, velike, je polavtomatsko navarjanje s strženskimi žicami nesporno znatno primernejše od

Tabela 1: Kemična sestava in koeficient obrabe za enoslojne in večslojne navare z izbranimi strženskimi žicami^{22,23}

Oznaka strženske žice (22)	Sk. zlitine (DIN 8555)	Kemična sestava čistega navara (%)								Koef. obr. (%)	
		C	Si	Mn	Cr	W	Mo	Ti	Nb	1. sloj	3. sloj
FC-DUR Mn 14	7	1,0	0,5	14,0	3,5	-	-	-	-	-	-
FC-DUR 600	3(4)	0,5	0,9	1,6	6,0	1,5	1,5	-	-	50	35
FC-DUR 56 TC	6(21)	2,0	0,3	1,5	7,0	-	1,5	5,0	-	7	2
FC-DUR 58	10(21)	4,5	0,8	1,0	28,0	-	-	-	-	5	0,5
FC-DUR 59	10(21)	5,0	0,5	0,7	23,0	-	-	-	7,0	0,5	0,3
FC-DUR 64	10(21)	5,5	0,7	0,8	23,0	2,0	7,0	-	7,0	0,3	0,25



Slika 3: Videz navarjenih robov lopatic in strgala (spodaj)
Figure 3: Appearance of surfaced blade edges and scraper edges (below)



Slika 4: Skica navarjenih delov žlice nakladača
Figure 4: Sketch of surfaced parts of a loader shovel

ročno obločnega navarjanja z oplasčenimi elektrodami (slika 1).

Pri praktičnem obnavljanju žlice nakladača VOLVO 4600 smo ugotovili, da je varjenje s stržensko žico FILTUB DUR 16 (ϕ 1,6 mm) v zaščiti CO₂ (postopek MAG) približno 5-krat hitrejše od varjenja z ustreznimi oplasčenimi elektrodami (E DUR 600, ABRADUR 64 - ϕ 5 mm). Obnovljeni robovi in z navarjanjem protio-brabno zaščitene drsne plošče (slika 4) so tudi pri praktični uporabi žlice pokazali dobro obrabno odpornost. Praktični preizkus je še v teku, vendar že dosedanja opazovanja nakazujejo, da bi bilo primerno obrabno obremenjene robove in drsne plošče tudi pri novih žlicah nakladačev oplemenititi z navarjanjem.

3 Sklep

Za reparaturno vzdrževanje je zelo perspektivno navarjanje obremenjenih robov in površin. Posebno polavtomatsko navarjanje s strženskimi žicami daje zelo

vzpodbudne rezultate. Če z njimi varimo v zaščiti plinov (postopek MIG/MAG), geometrija strojnih elementov skoraj ne vpliva na izvedbo popravila.

Strženske žice so univerzalen dodajni material. Združujejo prednosti ročno obločnega varjenja z oplasčenimi elektrodami s prednostmi polavtomatskih in avtomatskih postopkov v zaščitnih medijih. Varjenje in navarjanje z njimi je zato zanesljivo in produktivno, zvari in navari pa so zelo kvalitetni.

Pri uvajanju navarjanja s strženskimi žicami v reparaturno vzdrževanje smo imeli s stržensko žico FILTUB DUR 16 (SŽ-ŽJ, FIPROM Jesenice) zelo lepe uspehe. Obnavljanje obrabljenih robov in zaščita drsnih površin žlice nakladača je potekala približno petkrat hitreje s stržensko žico po postopku MAG, kot z oplasčenimi elektrodami ročno obločno. Praktično ugotavljanje kvalitete navarov še ni končano, vendar je že iz dosedanjih opazovanj obnovljenih robov in oplemenitenih drsnih površin razvidna zelo dobra obrabna odpornost navarov (po 345 obratovalnih urah na navarjeni žlici še ni opaziti sledi obrabe).

4 Literatura

- ¹ O. Morigaki, T. Matsumoto, Y. Takemoto: Development of basic type flux cored wire for high current CO₂ arc welding. *IIW Doc. XII-B-181-75*
- ² D. Lončar: Stanje i tendencije razvoja zavarivanja punjenim žicama u SSSR-u. *Zavarivanje*, 1975, 2, 58-62
- ³ F. Matsuda, M. Ushio, T. Tsuji, T. Mizuta: Arc characteristics and metal transfer of flux-cored electrode in GMA welding. *Transactions of JWRI*, 9, 1980, 1, 39-46
- ⁴ R. Kejžar: Desoxydationsvorgänge in der Schweissnaht beim Schweißen mit Fülldrähten. *DVS Berichte*, 42, 1976, 247-264 Deoxidation processes by welding with cored wires. *IIW Doc. 212-365-76*
- ⁵ I. K. Pohodnja, V. N. Šlepakov: State of flux-cored wire-production in the USSR. *IIW Doc. XII-B-274-79*
- ⁶ B. E. Paton, N. M. Voropaj: Aktivne elektrodne žice za mehanizirano elektroločno zavarivanje. *Zbornik referatov "Dodatni materijali za zavarivanje"*, Sarajevo 1983, 141-146
- ⁷ 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
- ⁸ G. Rihar: Razvoj strženskih žic za navarjanje. *Varilna tehnika*, 34, 1985, 4, 95-97
- ⁹ J. Tušek: Predlog razvrstitve strženskih žic. *Varilna tehnika*, 43, 1994, 4, 107-113
- ¹⁰ N. Vukelić: Reparaturno obnavljanje istrošenih in polomljenih strojnih elemenata. *Zbornik referatov "OMO 81"*, Split 1981, 327-342
- ¹¹ Weld Surfacing and Hardfacing. The Welding Institute Abington, 1980
- ¹² H. Uetz: Abrasion und Erosion. Carl Hanser Verlag München Wien, 1986
- ¹³ R. Kejžar: Razvoj varilnih postopkov obnavljanja in oplemenitenja površin. *Strojniški vestnik - Tribologija*, 31, 1985, 7-8, 179-183
- ¹⁴ 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*, Helsingor 1989, 26-36
- ¹⁵ R. Kejžar: Produktivno navarjanje orodij. *Strojniški vestnik - Tribologija*, 36, 1990, 10-12, 217-220
- ¹⁶ R. Kejžar: Navarjanje močno legiranih nanosov na konstrukcijska jekla. *Varilna tehnika*, 41, 1992, 4, 96-101
- ¹⁷ R. Kejžar: Platiranje konstrukcijskih jekel z navarjanjem. *Kovine, zlitine, tehnologije*, 28, 1994, 1-2, 95-100
- ¹⁸ R. Kejžar: Produktivno navarjanje obrabno odpornih prevlek. *Gradbeni vestnik*, 43, 1994, 6-8, 181-185

¹⁹ R. Kejžar: Wear-resistance of built-up claddings. *Proceedings of the international conference on the joining of materials, JOM-7*, Helsinki 1995, 261-272

²⁰ J. Begeš: Strženske žice - nov dodajni material za polavtomatsko varjenje. *Varilna tehnika*, 34, 1985, 2, 35-39

²¹ I. Lakota: Strženske žice nov proizvod Železarne Jesenice. *Varilna tehnika*, 42, 1993, 2, 45-51

²² Dodajni materiali za varjenje. Katalog Železarne Jesenice, 1991

²³ Fülldräthe für die Auftragschweissung. Soudometal/Interweld