

Kvaliteta abrazijsko odpornih navarov

Quality of Abrasion - Resistant Surfacing

Kejžar R.¹, V. Živkovič, ZRMK Ljubljana

Z navarjanjem lahko delovne površine in robove oplemenitimo - zaščitimo z obrabno odpornimi prevlekami. Manj produktivna navarjanja (navarjanje po TIG - postopku) so primerna za obnavljanje orodij. Za oplemenitenje daljših robov in ploskev pa so primernejši polavtomatski (MIG/MAG) in avtomatski (EPP) postopki navarjanja. Posebno zanimiva so enoslojna navarjanja močno legiranih prevlek z visokoproduktivnimi elektrodami in pod legiranimi aglomeriranimi praški. Razredčenje navara, ki je posledica taljenja osnovnega materiala, nadomestimo z dodatnim legiranjem navara preko elektrodne obloge oz. legiranega aglomeriranega praška. Predpogoj za kvalitetno oplemenitenje obrabno obremenjenih površin in robov je poznavanje triboloških mehanizmov obrabe. V gradbeništvu je najpogostejša abrazijska obraba, ki jo povzroča drsenje trdih predmetov in abrazijskih peskov po delovnih površinah in robovih (obraba zob bagrov in plugov, lopatic in strgal v mešalcih, polžev v stiskalnicah in slično). Rezultati raziskav triboloških mehanizmov obrabe morajo postati osnova za razvoj in izbiro dodajnih materialov in tehnologij navarjanja.

Ključne besede: oplemenitenje z navarjanjem, navarjanje obrabno odpornih prevlek, ročno obločno navarjanje z debelo oplaščenimi elektrodami (Abradur), navarjanje pod legiranimi aglomeriranimi praški, abrazijska obraba, tribološke preiskave (Amsler), relativna obraba

Working surfaces and edges can be finished, i.e. protected by wear-resistant claddings produced by surfacing. Less efficient surfacing processes are suitable for repairs of tools (TIG surfacing). In order to finish longer edges and surfaces, however, semi-automatic (MIG/MAG) and automatic (submerged arc) surfacing processes are more suitable. One-layer surfacing processes for high-alloyed claddings with high-efficiency electrodes and under alloyed agglomerated fluxes are of special interest. Dilution of the surfacing, which is due to fusion of the parent metal, is compensated for by additional alloying of the surfacing by means of the electrode coating and alloyed agglomerated flux respectively. A prerequisite for quality finishing of the surfaces and edges subject to wear is knowledge of tribologic mechanisms of wear. In construction engineering, abrasive wear is most frequent. It is caused by sliding of hard objects and abrasive sands along the working surfaces and edges (e.g. wear of teeth of excavators and blades, of spades and scrapers in mixing drums, of screws in presses etc.). Results of investigations of tribologic mechanisms of wear should become a basis of development and for choice of filler materials and surfacing technologies.

Key words: finishing by surfacing, surfacing of wear-resistant claddings, manual arc surfacing with thick-coated electrodes (Abradur), submerged arc surfacing with alloyed agglomerated fluxes, abrasive wear, tribologic investigations (Amsler), relative wear

1.0 Uvod

Z navarjanjem delovne površine in robove zaščitimo z obrabno odpornimi prevlekami. Najboljše rezultate pri obnovitvi in zaščiti obrabno odpornih površin in robov smo dosegli z enoslojnim navarjanjem, ki ga omogočajo debelo oplaščene močno legirane elektrode in legirani aglomerirani praški⁽¹⁻³⁾. Uporaba teh dodajnih materialov zagotovi, da že z enoslojnim

navarjanjem nanesemo na nelegirana in malolegirana ter cenena orodna jekla močno legirane prevleke. Razredčenje navara, ki ga povzroči taljenje osnovnega materiala ter odgorevanje legiranih elementov moramo nadomestiti z legiranjem navara preko elektrodne obloge oz. legiranega aglomeriranega praška^(1,5).

Postopki navarjanja omogočajo, da izdelamo iz posebnih obrabno odpornih zlitin le tiste obremenjene ploskve in robove, ki se med obratovanjem obrabljajo. Ker je delež navara v primerjavi s celotno napravo, strojnim elementom ali orodjem, večinoma majhen (pogosto pod 10 %), je ekonomično, da navarimo najkvalitetnejše obrabno odporne zlitine^(1,6-7).

¹ dr. mag. Rajko KEJŽAR, dipl. inž.
Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij
Dimičeva 12, 61000 Ljubljana

2.0 Abrazijsko odporni navari

2.1 Navarjanje z debelo oplasčenimi elektrodami "ABRADUR"

Debelo oplasčene elektrode "Abradur" so zanimive samo za navarjanje. V SZ-JZ, FI PROM - Elektrode, Jesenice so jih razvili za navarjanje delov, ki so izpostavljeni močni abrazijski obrabi. Primerne so za navarjanje lopat buldožerjev in plugov, vodil transportnih trakov, potisnih polžev stiskalnic, obremenjenih delov drobilcev in mešalcev ter vsipnih sistemov plavžev in peči za sitranje itd.⁽⁸⁾

Kovine in kovinske zlitine, ki so v elektrodni oblogi, pomembno vplivajo na izkoristek varjenja^(9,10) in ostale varilno tehnične karakteristike navarjanja (tabela 1).

Tabela 1: Parametri navarjanja in nekatere varilno tehnične karakteristike

Elektroda	I (A)	U (V)	η (%)	v_T (g/s)	C_T (g/Ah)	C_E (Wh/g)	P_{fl} (g/g ₀)	v_{var} (m/h)
Abradur 54; \varnothing 3,25mm	130	30	111	0,33	9,1	3,3	0,57	7,3
Abradur 58; \varnothing 4,00mm	160	25	185	0,54	12,2	2,0	0,26	5,7
Abradur 64; \varnothing 3,25mm	130	25	190	0,26	7,1	3,5	0,16	7,4
Abradur 66; \varnothing 3,25mm	130	28	219	0,32	8,8	3,2	0,26	5,2

Legenda oznak :

η - izkoristek varjenja v %

v_T - produktivnost navarjanja v g/s

C_T - talilna konstanta v g/Ah

C_E - poraba energije v Wh/g

P_{fl} - pokrivanje navara z žilindro v g_{fl}/g_{var}

v_{var} - hitrost varjenja v m/h

2.2 Kvaliteta enoslojnih navarov z elektrodami "ABRADUR"

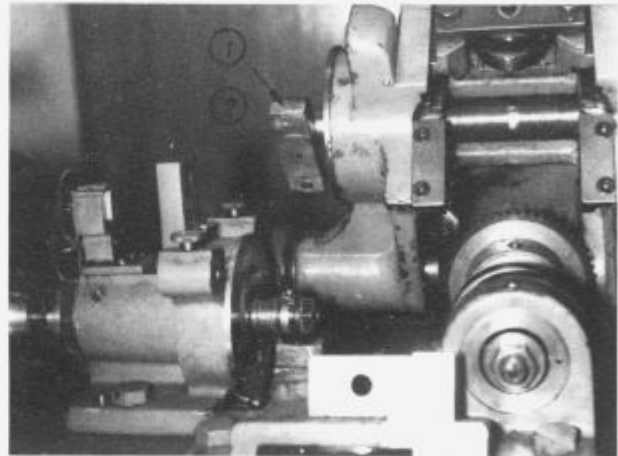
Sestava čistega vara je pri navarjanju z debelo oplasčenimi močno legiranimi elektrodami odvisna samo od sestave elektrodne žice in kovin, ki pridejo v navar iz elektrodne obloge (upoštevati pa moramo tudi procese dezoksidacije - odgor in prigor dezoksidantov in legiranih elementov). Na sestavo enoslojnega navara odločujoče vpliva tudi taljenje osnovnega materiala (% uvara), ki je močno odvisno od intenzivnosti obloka in temperature predgrevanja osnove "Tp". Iz **tabele 2** je razvidno, da že z enoslojnim navarjanjem z debelo oplasčenima elektrodama "Abradur 64 in 66" dobimo močno legirana navara^(9,10).

Tabela 2: Vpliv izkoristka varjenja " η " in temperature predgrevanja "Tp" na taljenje osnovnega materiala (konstrukcijsko jeklo: 0,17 % C, 0,24 % Si in 0,65 % Mn) in sestavo enoslojnih navarov

Elektroda	η (%)	T_p (°C)	uvar (%)	C (%)	Cr (%)	Nb (%)	Mo (%)	W (%)	V (%)
Abradur 54; \varnothing 3,25mm	111	20	35	0,36	6,2				
	111	500	45	0,32	5,2				
Abradur 58; \varnothing 4,00mm	185	20	20	2,9	25,6				
	185	500	25	2,7	24,0				
Abradur 64; \varnothing 3,25mm	190	20	18	5,7	19,7	5,7			
	190	500	22	5,5	18,7	5,5			
Abradur 66; \varnothing 3,25mm	219	20	16	5,0	18,5	5,0	5,0	1,7	0,84
	219	500	20	4,8	17,6	4,8	4,8	1,6	0,80

Namen navarjanja z elektrodami "Abradur" je zaščita abrazijsko obremenjenih delov pred obrabo. Osnovno merilo kvalitete enoslojnih navarov je njihova obrabna odpornost⁽¹¹⁾.

Koeficient obrabe oz. relativno obrabo navarov " ϵ " smo določali na tribometru "Amsler". Na **slikah 1 in 2** je prikazano določanje obrabe ter izgled navarjene ploščice (vzorec navara, ki mu določamo obrabo) in protikolesc (kolesček z navarjeno obrabno odporno površino v kvaliteti "BRM-2" in brus - "H10").

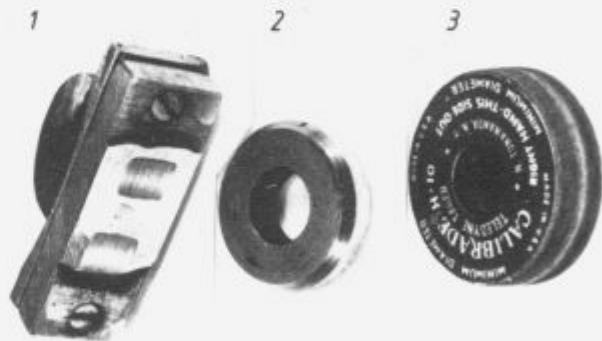


Slika 1: Detajl "Amslerja" - po testiranju. Navarjena ploščica je dvignjena.

- 1 - navarjena ploščica (vzorec)
2 - protikolesček

Figure 1: Detail of "Amsler" - after the test. The surfaced plate is lifted.

- 1 - surfaced plate (specimen)
2 - counter - wheel

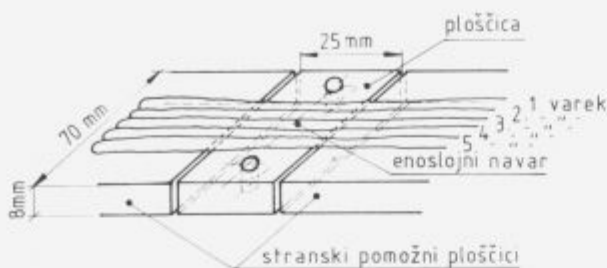


Slika 2: Izgled navarjene ploščice (vzorec navara) in obeh protikolesc 1 - navarjena ploščica na nosilcu, ki omogoča pritrditev na "Amsler" 2 - protikolesček z navarjeno obrabno odporno površino (BRM-2) 3 - protikolesček; brus (H 10)

Figure 2: Appearance of surfaced plate (specimen of surfacing) and both counter - wheels

- 1 - surfaced plate on the holder, that makes fixing to "Amsler" possible
2 - counter - wheel with built - up wear - resistant surface (BRM-2)
3 - counter - wheel; whetstone (H 10)

Vzorec za določanje obrabe enoslojnih navarov smo pripravili z navarjanjem petih varkov prečno preko ploščice iz izbranega jekla (glej **sliko 3**).



Slika 3: Shema priprave vzorca za določanje obrabe; enoslojni navar
Figure 3: Sheme of preparing specimen of wear determination; one layer surfacing

Rezultati določanja obrabe so za enoslojne navare z elektrodami "Abradur" na konstrukcijsko jeklo (0,17 % C; 0,24 % Si in 0,65 % Mn) podani v tabeli 3.

Tabela 3: Rezultati meritev obrabe enoslojnih navarov in njihov koeficient relativne obrabe "e"

Vzorec, ki mu določamo obrabno odpornost ploščica	1. Protikolesček (BRM 2) P ₀ =1000 N/cm; v=0,4 m/s; t=2 min		2. Protikolesček (brus-H10) P ₀ =200 N/cm; v=1,0 m/s; t=1 min	
	Obraba v mg	"e"	Obraba v mg	"e"
Primerjalna vzorca:				
konstrukcijsko jeklo	/		524,6; 620,5	
navar z el. EVB 50	17,4; /		378,7; 662,8	
Obrabno odporni navari:				
Abradur 54	13,0;	75	122,1; 122,2	21
Abradur 58	8,5; 2,8	32	135,0; 107,1	21
Abradur 64	2,4; 1,1; 1,9	10(6)	35,2; 39,7	6
Abradur 66	3,8; 1,2; 2,5	14(7)	43,5; 34,9	7

$$\text{Koeficient relativne obrabe "e"} = \frac{\text{Obraba navara (mg)} \cdot 100}{\text{Obraba primerjalnega vzorca (mg)}}$$

Kot primerjalni vzorec je konstrukcijsko jeklo primernejše od navara z elektrodo EVB 50. Pri navarjanju z varjenjem toplotno obdelamo (normaliziramo) predhodne varke. Posledica so lahko velike razlike v obrabni obstojnosti med zadnjim in predhodnimi varki (glej tabelo 3; konst. jeklo - odstopanje rezultatov le 15 %; navar z el. EVB 50 - odstopanje rezultatov 43 %).

Z uporabo brusa (H 10) kot protikolesčka smo dobili znatno boljše rezultate, kot v primerih, ko je bil protikolesček navarjen

z obrabno odporno prevleko BRM-2. Pri uporabi brusa dejansko ugotavljamo abrazijsko odpornost materialov. Tudi ponovljivost rezultatov je zelo dobra.

3.0 Zaključek

Za navarjanje obrabno odpornih nanosov so posebno primerne elektrode znamke "ABRADUR" (SŽ-ŽJ, FI PROM - Elektrode, Jesenice). Z debelo oplasčenima elektrodama Abradur 64 in 66, dobimo močno legirane in obrabno zelo odporne nanose že z enoslojnim navarjanjem na nelegirano ali malolegirano konstrukcijsko jeklo.

Predpogoj za kvalitetno oplemenitenje obrabno obremenjenih površin in robov je poznavanje triboloških mehanizmov obrabe. Abrazijsko obrabno odpornost navarov lahko razmeroma enostavno in hitro določimo na tribometru "AMSLER" (protikolesček: brus-H 10).

Rezultati raziskav triboloških mehanizmov obrabe morajo postati osnova za razvoj in izbiro dodajnih materialov in tehnologij navarjanja.

Literatura

- 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
- R. Kejžar: Platiranje strojnih elementov z navarjanjem pod praskom za zaščito proti obrabi. *Strojniški vestnik - Tribologija*, 34, 1988, 7-9, 139-142
- R. Kejžar: Oplemenitenje površin z navarjanjem in metalizacijo. *Kovine zlitine tehnologije*, 26, 1992, 1-2, 79-84
- R. Kejžar: Produktivno navarjanje orodij. *Strojniški vestnik - Tribologija*, 36, 1990, 10-12, 217-220
- R. Kejžar: Platiranje konstrukcijskih jekel z navarjanjem. *Kovine zlitine tehnologije*, 28, 1994, 1-2, 95-100
- Weld Surfacing and Hardfacing. The Welding Institute Abington, 1980
- A. Diebold: Verschleiss- und Korrosionsminderung. *Schweisstechnik*, 32, 1978, 7, 129/133
- Dodajni materiali za varjenje. *Katalog Železarne Jesenice*, 1991
- R. Kejžar: Navarjanje močno legiranih nanosov na konstrukcijska jekla. *Varilna tehnika*, 41, 1992, 4, 96-101
- R. Kejžar: Produktivno navarjanje obrabno odpornih prevlek. *Gradbeni vestnik-Informacije*, 43, 1994, 6-8, 181-185
- H. Uetz: Abrasion und Erosion, Carl Hanser Verlag München Wien 1986