

Legirani praški za navarjanje z večžično elektrodo

Alloyed Fluxes for Surfacing with Multiple - Wire Electrode

R. Kejžar¹, B. Kejžar, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani

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

Navarjanje pod legiranimi aglomeriranimi praški omogoča, da konstrukcijska nelegirana in malo legirana jekla enoslojno oplatenjo z močno legiranimi nanosi. Razredčenje navara, ki ga povzroči taljenje osnovnega materiala, in odgorevanje legiranih elementov nadomestimo z dodatnim legiranjem preko varilnega praška, ki je pri omenjenih navarjanjih tudi glavni nosilec legiranih elementov za legiranje navara. Z legiranimi aglomeriranimi varilnimi praški je priporočljivo navarjati z nizko jakostjo varilnega toka, kar zagotavlja minimalno taljenje osnove in minimalno odgorevanje legiranih elementov. Taka nastavitve varilnih parametrov (nizka jakost toka na žico pri razmeroma visoki varilni napetosti) je značilna za varjenje pod praškom z večžično elektrodo. Omenjeni postopek je zato v kombinaciji z močno legiranimi aglomeriranimi praški zelo primeren za enoslojno oplatenje konstrukcijskih jekel z močno legiranimi prevlekami. Struktura navarov pa je zaradi velike tališne kopeli grobo zrnata. Priporočljivo je, da navare izboljšamo še z dodatki nodulatorjev v dodajni material - legirani prašek za navarjanje.

Ključne besede: navarjanje, oplatenje z navarjanjem, legirani aglomerirani varilni praški, varjenje z večžično elektrodo, varilni parametri, % uvara, legiranje enoslojnih navarov, obrabna odpornost navarov

Submerged arc surfacing with alloyed agglomerated fluxes permits unalloyed and low-alloy structural steels to be surfaced in one layer of high-alloyed claddings. Surfacing dilution produced by fusion of the parent metal, and burn-off of alloying elements are substituted by additional alloying by means of a welding flux, which is, in the case of the above-mentioned surfacing processes, the main carrier of alloying elements for surfacing alloying. With alloyed agglomerated fluxes, it is recommendable to surface with low current intensity which ensures a minimum fusion of the parent metal and a minimum burn-off of alloying elements. Such an adjustment of welding parameters (low current intensity per wire and comparatively high welding voltage) is characteristic for submerged arc welding with multiple - wire electrode. The above-mentioned process is, therefore, very suitable, in combination with high-alloyed agglomerated fluxes, for onelayer cladding of structural steels with high-alloyed claddings. The structure of surfacings is coarsegrained due to a large molten pool. It is recommended to improve surfacings by adding nodular powder to the filler material, i.e. alloyed surfacing flux.

Key words: building - up by welding, cladding by welding, alloyed agglomerated welding fluxes, welding with multiple-wire electrode, welding parameters, % of penetration, alloying of one layer surfacings, wear resistance of surfacings

1 Uvod

Z razvojem legiranih aglomeriranih praškov je postalo navarjanje pod praškom zelo zanimivo za proizvajalce orodij, saj omogoča kvalitetno, produktivno in ekonomično enoslojno oplatenje nelegiranih in malolegiranih konstrukcijskih jekel z močno legiranimi nanosi. Sestava navara je odvisna od hitrosti odtaljevanja varilne žice ter taljenja legiranega varilne ga praška in osnovnega materiala. Razredčenje navara, ki ga povzroči taljenje osnove (konstrukcijskega jekla) in odgorevanje legiranih elementov, nadomestimo z dodatnim legiranjem preko legiranega aglomeriranega varilnega praška, ki je pri omenjenih navarjanjih tudi glavni nosilec legiranih elementov za legiranje navara¹⁻³.

2 Enoslojno navarjanje konstrukcijskega jekla pod legiranimi aglomeriranimi varilnimi praški

Enoslojno navarjanje konstrukcijskih jekel⁴⁻¹¹ je še posebej perspektivno tudi zato, ker je celoten enoslojni nanos skoraj enake sestave ter je zato tudi njegova obrabna odpornost po celotnem preseku - od temena do korena vara - ter od varka do varka zelo podobna (slika 1 in tabela 1).

Tabela 1: Kemična setava varkov enoslojnega nanosa pri navarjanju z enojno elektrodo EPP 2, ϕ 3 mm pod legiranim praškom 0-7 SM na konstrukcijsko jeklo (50% prekrivanje varkov; I = 450 A, U = 40 V, v = 30 m/h)

Varek	prvi	drugi	tretji	četrti	deseti
% C	0,45	0,50	0,51	0,51	0,51
% Mn	0,80	0,83	0,83	0,84	0,84
% Cr	4,23	5,01	5,15	5,18	5,18
% Mo	0,34	0,40	0,41	0,42	0,42

Sestavo varkov izračunamo po enačbi (1):

$$\% Me_n = (1-K) \cdot \% Me_{ev} + 0,4 \cdot K \cdot \% Me_{n-1} + 0,6 \cdot K \cdot \% Me_{OM} \quad (1)$$

Legenda oznak:

% Me_{ev}, % Me_{OM}, % Me_n in % Me_{n-1} - odstotni delež izbranega elementa v čistem varu, osnovnem materialu ter varkih "n" in "n-1".

K - koeficient mešanja

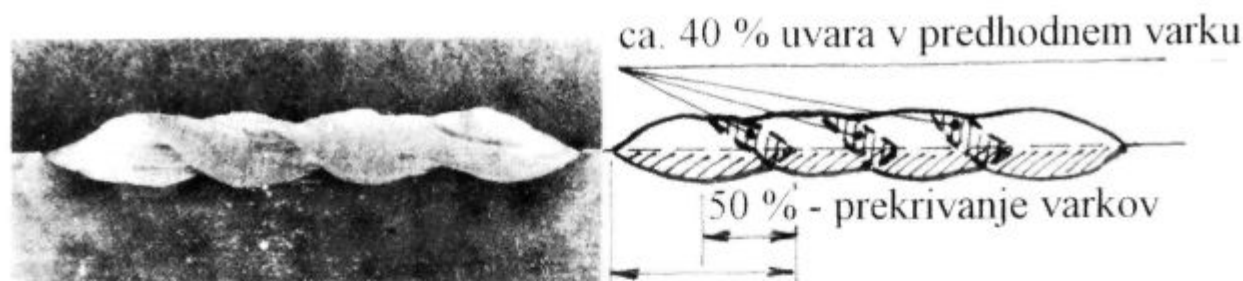
n - varek (- prvi, - drugi ...)

Pri enoslojnem navarjanju z večžično elektrodo pa so legirani nanosi na konstrukcijskem jeklu še bolj homogeni (slika 2 in tabela 2).

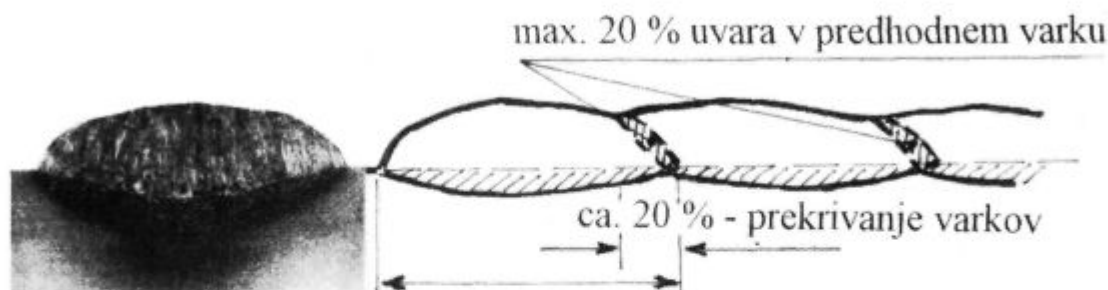
Sestavo varkov izračunamo po enačbi (2):

$$\% Me_n = (1-K) \cdot \% Me_{ev} + 0,2 \cdot K \cdot \% Me_{n-1} + 0,8 \cdot K \cdot \% Me_{OM} \quad (2)$$

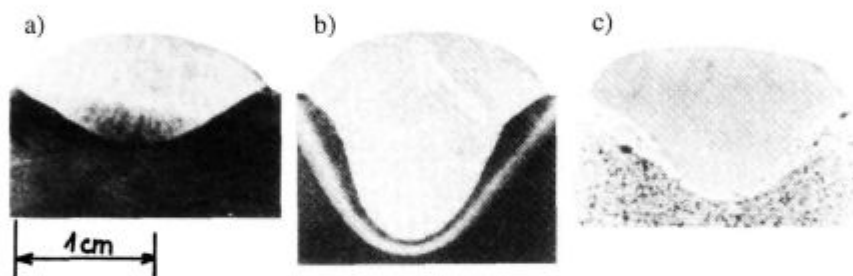
¹ Prof. dr. Rajko KEJŽAR, dipl.inž.kem., Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana



Slika 1: Presek enoslojnega nanosa pri navarjanju z enojno elektrodo
 Figure 1: Appearance of one - layer cladding section by surfacing with one-wire electrode



Slika 2: Presek enoslojnega nanosa pri navarjanju s trojno elektrodo
 Figure 2: Appearance of one-layer cladding section by surfacing with triple - wire electrode



Slika 3: Preseki enoslojnih navarov pri navarjanju z enojno žico EPP 2, ϕ 3 mm pod legiranim praškom 0-7 SM:
 a) $I = 450$ A, $U = 40$ V; b) $I = 650$ A, $U = 35$ V; c) $I = 650$ A, $U = 45$ V
 Figure 3: Appearance of one-layer building - up sections in submerged arc surfacing with single electrode EPP 2 ϕ 3 mm and with alloyed flux 0-7 SM: a) $I = 450$ A, $U = 40$ V; b) $I = 650$ A, $U = 35$ V; c) $I = 650$ A, $U = 45$ V

Tabela 2: Kemična sestava varkov enoslojnega nanosa pri navarjanju s trojno elektrodo VAC 60, ϕ 1,6 mm pod legiranim praškom 0-7 SM na konstrukcijsko jeklo (20 % prekrivanje varkov; $I = 185$ A/žico, $U = 44$ V, $v = 15$ m/h)

Varek	prvi	drugi	tretji	četrti	deseti
% C	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55
% Mn	1,14	1,16	1,16	1,16	1,16
% Cr	7,05	7,33	7,34	7,34	7,34
% Mo	0,62	0,65	0,65	0,65	0,65

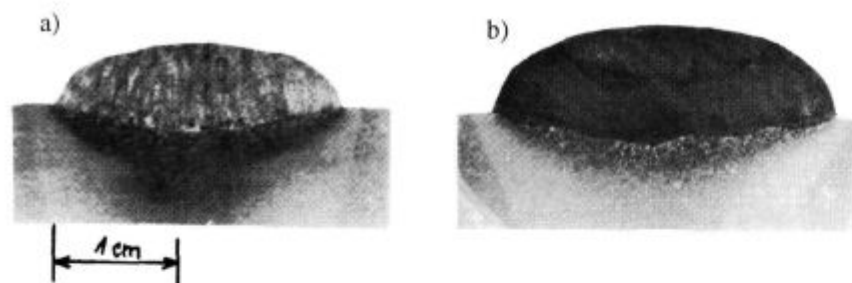
Zelo dobra homogenost enoslojnih navarov zagotavlja maksimalno izkoriščanje dragega, močno legiranega obrabno ali korozijsko odpornega nanosa.

Z legiranimi aglomeriranimi praški je priporočljivo navarjati z nizko jakostjo varilnega toka, kar zagotavlja minimalno odgorevanje legiranih elementov^{3,8} in minimalno taljenje osnove (slika 3).

Nizka jakost varilnega toka na žico pri razmeroma visoki varilni napetosti pa je značilna za varjenje pod praškom z večkratno elektrodo. Ta postopek je zato v kombinaciji z močno legiranimi aglomeriranimi praški zelo primeren za enoslojno oplatenje nelegiranih in nizkolegiranih konstrukcijskih jekel z močno legiranimi prevlekami (slika 4 in tabela 3).

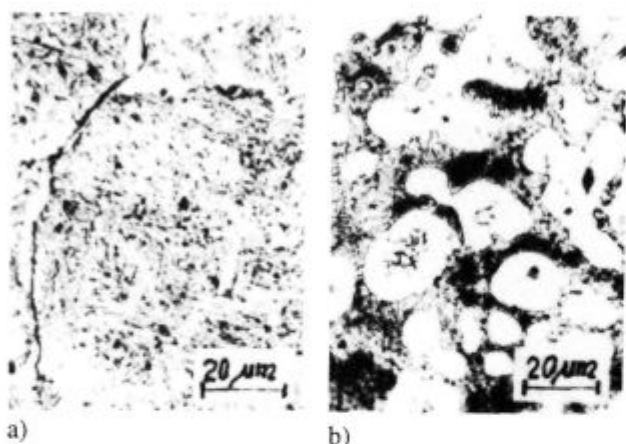
Tabela 3: Kemijski sestavi enoslojnih navarov s trojno žico VAC 60, ϕ 1,6 mm pod legiranimi praškoma 0-7 SM in BM-2 na konstrukcijsko jeklo (0,17% C; 0,24% Si in 0,65% Mn)

Varilni prašek	I/žico (A)	U (V)	C (%)	Si (%)	Mn (%)	Cr (%)	V (%)	Mo (%)	W (%)
0-7 SM	185	44	0,54	0,65	1,14	7,05	-	0,62	-
BM-2	185	44	1,26	1,08	0,51	8,34	0,85	7,17	9,89



Slika 4: Preseki enoslojnih navarov pri navarjanju s trojno žico VAC 60, ϕ 1,6 mm pod legiranima praškoma: a) 0-7 SM in b) BM-2 ($I = 185$ A/žico in $U = 44$ V)

Figure 4: Appearance of one - layer building - up sections in submerged arc surfacing with triple electrode VAC 60 ϕ 1,6 mm and with alloyed fluxes: a) 0-7 SM and b) BM-2 ($I = 185$ A/wire and $U = 44$ V)



Slika 5: Mikrostrukture navarov s trojno elektrodo VAC 60 pod legiranima praškoma: a) 0-7 SM in b) BM-2

Figure 5: Microstructures of the submerged arc surfacings made with triple electrode VAC 60 and with alloyed fluxes: a) 0-7 SM and b) BM-2

Struktura enoslojnih navarov z večžično elektrodo pod legiranimi praški je zaradi velike talilne kopeli grobo zrnata. Visoka vsebnost karbidotvornih elementov v navaru (Cr, W in V - navari pod praškom BM-2; **tabela 3**) pa lahko postane vzrok za nastanek zelo neugodne mikrostrukture iz karbidnega eutektika in ferita (**slika 5**) ter slabe abrazijske odpornosti navarov (**tabela 4**).

Tabela 4: Rezultati trdot in meritev obrabe enoslojnih navarov s trojno elektrodo VAC 60, ϕ 1,6 mm pod legiranima aglomeriranimi praškoma 0-7 SM in BM-2

Varilni prašek	Trdota (HRC)	Obraba (Brus-H10; $P_N=200$ N/cm, $v=1$ m/s, $t=1$ min)		
		(mg)	povpr.	ϵ (%)
0-7 SM	57	142,6;259,9;138,1	179,7	31
BM-2	41	637,4;638,0;579,4	618,3	108

Obraba primerjalnega vzorca (konstrukcijsko jeklo): 513,6; 632,8 ... povpr. 573,2 mg

3 Sklep

Pri izdelavi legiranih praškov za navarjanje obrabno odpornih nanosov z večkratno elektrodo moramo posebno pozornost posvetiti legiranju ogljika. Njegova vsebnost mora biti glede na količino karbidotvornih elementov v navaru dovolj visoka, da dobimo mikrostrukturo s karbidi v martenzitni osnovi, kar zagotovi tudi dobro abrazijsko odpornost navarov. Priporočljivo pa je, da navare še dodatno izboljšamo z dodatki nodulatorjev v dodajni material, to je v legirani prašek za navarjanje z večkratno elektrodo.

4 Literatura

- R. Kejžar: Perspektive aglomeriranih varilnih praškov. *Zbornik 38. posveta o metalurgiji in kovinskih gradivih*, Portorož / Ljubljana 1987, 87-98
- R. Kejžar: Legirani praški za posebna navarjanja. *Rudarsko metalurški zbornik*, 38, 1991, 2, 275-290
- R. Kejžar: Alloying processes in submerged arc surfacing with alloyed agglomerated fluxes. *IIV/IIS Glasgow 1993*, Doc. 212-844-93
- R. Kejžar: Izdelava rezilnih robov orodij z navarjanjem. *Kovine, zlitine, tehnologije*, 30, 1996, 3-4, 383-386
- R. Kejžar, L. Kosec, A. Lagoja: Perspektive navarjanja v orodjarstvu. *Kovine, zlitine, tehnologije*, 30, 1996, 5, 463-466
- R. Kejžar: Navarjanje močno legiranih nanosov na konstrukcijsko jekla. *Varilna tehnika*, 41, 1992, 4, 96-101
- 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
- R. Kejžar: Razširjene perspektive navarjanja močno legiranih nanosov. *Kovine, zlitine, tehnologije*, 29, 1995, 1-2, 113-116
- R. Kejžar: One-layer submerged arc surfacing of high-alloyed cladings 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
- 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