

# Oplemenitenje površin z navarjanjem in metalizacijo

## Refinement of Working Surfaces by Surfacing and Metallization

R. Kejžar, ZRMK Ljubljana

Postopki navarjanja in metalizacije omogočajo, da izdelamo iz posebnih obrabno odpornih jekel in zlitin le tiste obremenjene ploskve in robove, ki se med obratovanjem obrabljajo zaradi mehanskih in toplotnih obremenitev. Pri oplemenitenju jekel z navarjanjem in metalizacijo je izredno pomembno, da je nanos kvalitetno spojen z osnovo. Kvalitetno spajanje dosežemo pri navarjanju s taljenjem osnovnega materiala, pri metalizaciji pa z difuzijo. Pri metalizaciji problema razredčenja metaliziranega sloja ni. Ta problem je posebno izrazit pri navarjanju močno legiranih prevlek na konstrukcijsko jeklo. Zaradi mešanja navara z osnovnim materialom moramo močno legirane prevleke praviloma navarjati na konstrukcijsko jeklo večslojno. Navarjanje pod legiranimi aglomeriranimi praški pa omogoči, da že enoslojno dobimo željeno sestavo navarjenega sloja tudi kadar navarjamo na konstrukcijsko jeklo. Razredčenje navara, ki ga povzroči taljenje osnovnega materiala ter odgorevanje legiranih elementov, moramo nadomestiti z legiranjem navara preko legiranega aglomeriranega praška.

Pri navarjanju pod legiranimi aglomeriranimi praški je sestava enoslojnega navara odvisna tako od intenzivnosti taljenja aglomeriranega praška (kovin v prašku) in osnovnega materiala (uvar), kot tudi od hitrosti odtaljevanja varilne žice.

Razmerje med odtaljeno varilno žico in kovinami, ki pridejo v navar iz varilnega praška, določa izkoristek varjenja  $\eta$  in sestavo čistega vara. Sestava enoslojnih navarov pa je razen od izkoristka varjenja  $\eta$  odvisna tudi od taljenja osnovnega materiala, na kar odločilno vplivajo varilni parametri in temperatura predgretja osnovnega materiala. Pogoji za doseganje kvalitetnih in pravilno legiranih navarov je strogo spoštovanje predpisane tehnologije navarjanja, če platiramo konstrukcijska ali nizkolegirana orodna jekla z navarjanjem pod legiranimi aglomeriranimi praški.

Pri metalizaciji in enoslojnem navarjanju posebnih obrabno odpornih jekel maksimalno izkoristimo drage in pogosto uvozne tehnične kovine, saj je celoten nanos praktično enake sestave in kvalitete ter ga zato lahko v celoti izkoristimo, po obrabi ali uničenju pa ponovno obnovimo. Metalizacija je primerna za platiranje manj obremenjenih površin s tanjšimi prevlekami. Navarjeni sloji pa so običajno debelejši ter namenjeni oblaganju bolj obremenjenih površin in robov.

Surfacing and metallization processes permit that only those surfaces and edges which are subject to mechanical and thermal stresses are made of special wear-resistant steels or alloys.

In refining of steels by surfacing and by metallization, it is extremely important that the deposited layer is well joined to the parent metal. In surfacing, quality joining can be achieved by melting of the parent metal, while in metallization, it is achieved by diffusion. In metallization, there is no problem of dilution of the metallized layer. This problem is strongly evident in surfacing of high alloyed layers on a structural steel. Because of mixing of the surfacing with the parent metal, high alloyed claddings should be, as a rule, surfaced on a structural steel in several layers. Surfacing in alloyed agglomerated powders permits to obtain a required composition of the surfaced layer already in the first layer even when surfacing is performed on a structural steel. Surfacing dilution, caused by melting of the parent metal as well as by the loss of alloying elements, should be compensated by alloying of the surfacing with alloyed agglomerated powder.

In surfacing with alloyed agglomerated powders, the composition of a one-layer surfacing depends on the intensity of melting of the agglomerated powder (metals in powder) and of the parent metal (penetration) as well as on the burn-off rate of the welding wire.

The ratio between the melted welding wire and the metals which come into the surfacing from the welding powder determines the welding efficiency  $\eta$  and the composition of the deposited metal. On the other hand, the composition of one-layer surfacings depends on the welding efficiency  $\eta$  as well as on the melting of the parent metal, which is all together strongly influenced by welding parameters and preheating temperature of the parent metal. In case of cladding structural or low-alloy tool steels by surfacing with alloyed agglomerated powders, the prerequisite for achieving correctly alloyed surfacings of good quality is strict implementation of the surfacing technology prescribed.

In metallization and in one-layer surfacing of special wear-resistant steels, expensive and mostly imported technical metals should be exploited to the maximum, as the complete deposition is of practically the same composition and quality and can be as such exploited completely, and after wear or destruction it can be renewed. Metallization is suitable for cladding of surfaces which are less subject to wear by thinner layers. Surfaced layers are usually thicker and suitable for cladding surfaces and edges which are more subject to wear.

## 1 Uvod

Postopki navarjanja in metalizacije omogočajo, da izdelamo iz posebnih obrabno odpornih jekel in zlitin le tiste obremenjene ploskve in robove, ki se med obratovanjem obrabljajo zaradi mehanskih in toplotnih obremenitev (1-5).

Pri oplemenitenju jekel z navarjanjem in metalizacijo je izredno pomembno, da je nanos kvalitetno spojen z osnovno. Kvalitetno spajanje dosežemo pri navarjanju s taljenjem osnovnega materiala, pri metalizaciji pa z difuzijo. Pri metalizaciji problema razredčenja metaliziranega sloja ni. Ta problem je posebno izrazit pri navarjanju močno legiranih prevlek na konstrukcijsko jeklo. Zaradi mešanja navara z osnovnim materialom moramo močno legirane prevleke praviloma navarjati na konstrukcijsko jeklo večslojno (glej tabelo 1).

## 2 Perspektive navarjanja pod legiranimi aglomeriranimi varilnimi praški

Navarjanje pod legiranimi aglomeriranimi varilnimi praški omogoča, da že enoslojno dobimo željeno sestavo navarjenega sloja tudi kadar navarjamo na konstrukcijsko jeklo. Razredčenje navara, ki ga povzroči taljenje osnovnega materiala ter odgorevanje legiranih elementov, moramo nadomestiti z legiranjem navara preko legiranega aglomeriranega praška (6).

Pri navarjanju pod legiranimi aglomeriranimi varilnimi praški pogosto uporabljamo nelegirane varilne žice—navar legiramo preko varilnega praška, ki vsebuje vse legirne elemente za legiranje navara. Legiranih aglomeriranih praškov pa ni priporočljivo izdelovati z dodajanjem težko taljivih kovin v prahu. Tudi večje količine ferovalframa niso priporočljive. Pri navarjanju močno legiranih slojev na konstrukcijsko jeklo bomo dobili kvalitetne in homogene navare brez kovinskih vključkov, če bomo del legiranih elementov (predsem volfram) legirali v navar tudi preko varilne žice (7-9).

Pri navarjanju pod legiranimi aglomeriranimi varilnimi praški je sestava enoslojnega navara odvisna tako od intenzivnosti taljenja aglomeriranega praška (kovin v prašku) in osnovnega materiala (uvar), kot tudi od hitrosti odtaljevanja varilne žice (10-13).

Razmerje med odtaljeno varilno žico in kovinami, ki pridejo v navar iz varilnega praška, določa—ob upoštevanju odgorevanja dezoksidantov in legiranih elementov—sestavo čistega vara. Razmerje med navarom (odtaljena žica + kovine iz legiranega aglomeriranega praška) in odtaljeno varilno žico imenujemo izkoristek varjenja  $\eta$ . Ta je močno odvisen od vsebnosti kovin v varilnem prašku in izbire varilnih parametrov (glej tabelo 2).

Iz tabele 2 je lepo razvidno, da so izkoristki varjenja  $\eta$  pri navarjanju pod taljenimi in nelegiranimi aglomeriranimi praški okoli 100%-ni, pri legiranih aglomeriranih praških pa odvisno od vsebnosti kovin v prašku znatno preko 100%-ov.

Pri legiranih aglomeriranih praških je izkoristek varjenja  $\eta$  zelo odvisen tudi od razmerja med napetostjo in jakostjo varilnega toka. Zvišanje varilne napetosti povzroči taljenje večje količine varilnega praška ter s tem tudi intenzivnejše legiranje navara preko praška in zvišanje izkoristka varjenja  $\eta$ .

Sestava enoslojnih navarov je razen od izkoristka varjenja  $\eta$  odvisna tudi od taljenja osnovnega materiala, na kar odločilno vplivajo varilni parametri in temperatura predgrevanja  $T_p$  (glej tabelo 3).

Iz tabele 3 je razvidno, da imajo najpomembnejši vpliv na taljenje osnovnega materiala, ki ga opisujemo s “% uvara”; sestava praška in razmerje med varilno napetostjo in jakostjo varilnega toka ter temperatura predgreja osnovnega materiala. Pri varjenju z nelegiranimi aglomeriranimi praški je delež uvara praviloma višji kot pri varjenju z legiranimi aglomeriranimi praški. Zviševanje jakosti varilnega toka “% uvara” povečuje, zviševanje napetosti pa zmanjšuje. Vpliv varilnih parametrov je še posebno izražen pri navarjanju pod legiranimi aglomeriranimi praški. Pri njih je “% uvara” skoraj obratno sorazmeren z izkoristkom varjenja  $\eta$ . Neskladja lahko razložimo z upoštevanjem dejstva, da temperatura predgrevanja osnovnega materiala  $T_p$  znatno poveča taljenje osnovnega materiala (% uvara) ter da podobno vendar manj izrazito vpliva tudi počasnejše varjenje ( $v_{varj}$ ). Oboje—temperatura predgreja in počasnejše varjenje—pa povzročita tudi nekoliko intenzivnejše taljenje varilnega praška ter pri uporabi legiranih aglomeriranih praškov malenkostno povečanje izkoristka varjenja  $\eta$ .

Iz tabele 3 je razvidno, da s pravilno izbiro varilne žice in legiranega aglomeriranega praška za navarjanje ter varilnih parametrov glede na temperaturo predgrevanja osnovnega materiala lahko dobimo željeno sestavo in kvaliteto enoslojno navarjene močno legirane prevleke na izbranem konstrukcijskem ali cenemem nizkolegiranem orodnem jeklu. Vidimo pa tudi, kako pomembno je, da se strogo držimo postavljene tehnologije navarjanja—izbranih varilnih parametrov in temperature predgrevanja—ki zagotavlja pravilen izkoristek varjenja  $\eta$  in “% uvara” za doseganje izbrane sestave enoslojnega navara.

Navarjanje z legiranimi žicami daje boljše rezultate—tako glede kvalitete (navari nimajo kovinskih vključkov W, Mo ali FeW) kot tudi glede produktivnosti  $v_T$  in porabe energije  $C_E$  (glej tabelo 4). Še boljše rezultate pa smo dobili pri navarjanju s trojno elektrodo<sup>14 in 15</sup>.

## 3 Tribološko testiranje navarjenih in metaliziranih slojev

Pri metalizaciji in enoslojnem navarjanju posebnih obrabno odpornih jekel maksimalno izkoristimo drage in pogosto uvožene tehnične kovine, saj je celoten nanos praktično enake sestave in kvalitete ter ga zato lahko v celoti izkoristimo, po obrabi ali uničenju pa ponovno obnovimo.

Uporabnost izbranih metaliziranih in navarjenih prevlek smo tribološko testirali. Kemične sestave so podane v tabeli 5, rezultati tribološkega testiranja pa v tabeli 6.

Obremenitve 2000 N metalizirani sloji ne prenesejo—metalizirani sloj se prične luščiti. Iz tabele 6 je razvidna znatno višja obrabna odpornost metaliziranih in navarjenih slojev v primerjavi z nenavarjenim vzorcem (kolo žerjava). Presenetljiva je tudi majhna obraba tirnice, ki je v kontaktu z navarjenim vzorcem (16). Razložimo jo lahko z nizkim koeficientom trenja, ki se med obratovanjem zelo počasi spreminja (glej sliko 1).

## 4 Zaključek

Pri metalizaciji in enoslojnem navarjanju močno legiranih prevlek na konstrukcijska in cenena malegiranana orodna jekla je celoten nanos praktično povsem enake sestave in kvalitete ter ga zato lahko v celoti izkoristimo.

Enoslojno navarjanje močno legiranih jekel na nelegirano ali malo legirano osnovo omogočajo legirani aglomerirani varilni praški. Razredčenje navara, ki ga povzroči

**Tabela 1.** Potrebno število navarjenih slojev pri navarjanju na konstrukcijsko jeklo (pogoj:  $\%Me_n \geq 0.95\%Me_{ev}$ ; legiranje navara samo preko legirane varilne žice).

| Postopek navarjanja                                       | TIG        | R. obl.    | MIG        | EPP        |
|-----------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| % uvara (K)                                               | 10–30(0.2) | 20–40(0.3) | 30–50(0.4) | 50–70(0.6) |
| Potrebno število slojev<br>$n = \frac{\log 0.05}{\log K}$ | 1.86(2)    | 2.49(3)    | 3.27(4)    | 5.86(6)    |

\* Razredčenje navara z osnovnim materialom računamo po naslednjih enačbah:

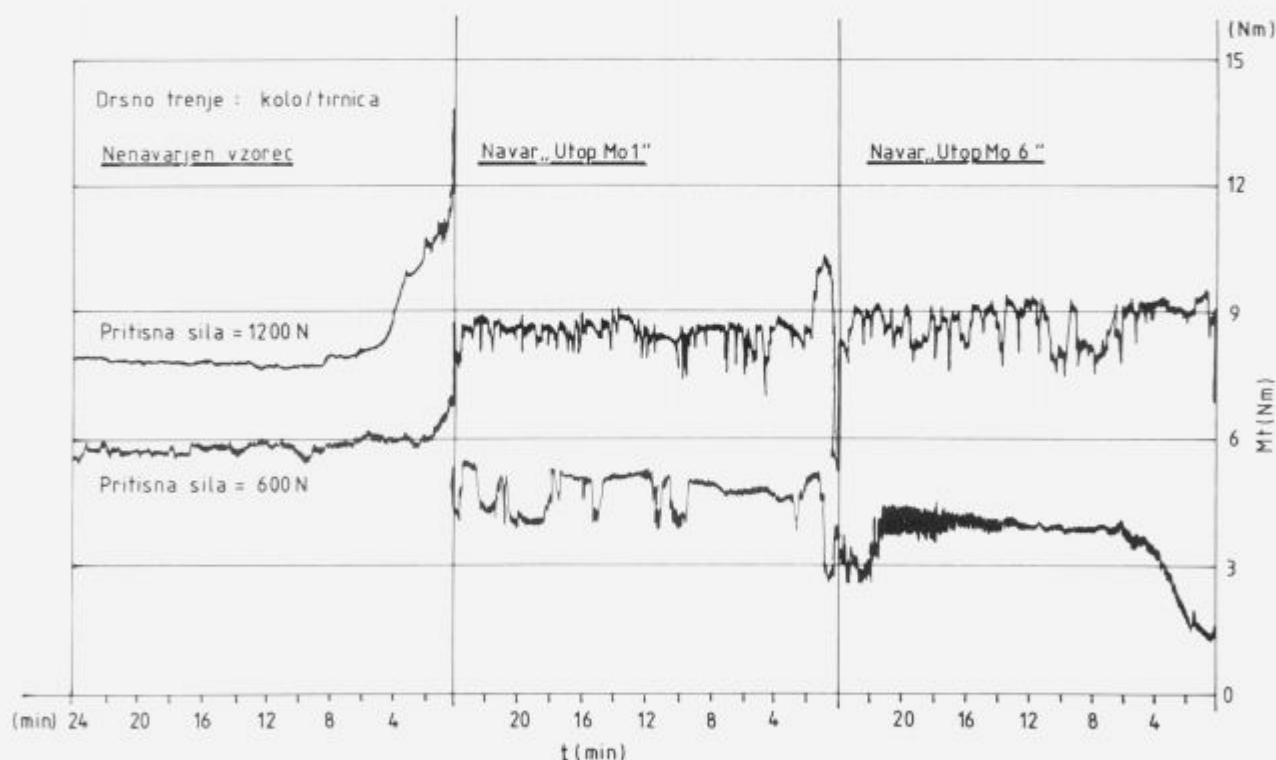
- sestavo navara

$$\%Me_n = \%Me_{ev} - K^n(\%Me_{ev} - \%Me_{OM})$$

- potrebno število navarjenih slojev pri pogoju:  $\%Me_n \geq 0.95\%Me_{ev}$  (kemijska sestava zgornjega navarjenega sloja odstopa od sestave čistega vara oz. sestave legirane varilne žice največ 5%)

$$n = \frac{\log(0.05 \cdot \%Me_{ev}) - \log(\%Me_{ev} - \%Me_{OM})}{\log K}$$

$$n = \frac{\log 0.05}{\log K} \quad (\text{pri navarjanju na konstrukcijsko jeklo})$$



**Slika 1.** Spreminjanje momenta trenja med obratovanjem pri obremenitvah 600 in 1200 N.

**Figure 1.** Changing of frictional moment during operation at loads of 600 and 1200 N.

taljenje osnove ter odgorevanje legirnih elementov, nadomestimo z legiranjem navara preko legiranega aglomeriranega praška. Legiranje navara in taljenje osnovnega materiala pa je pri navarjanju pod legiranimi aglomeriranimi praški zelo odvisno od varilnih parametrov in temperature predgretega osnove. Pogoj za doseganje kvalitetnih in pravilno legi-

ranih navarov je strogo spoštovanje predpisane tehnologije navarjanja pod legiranimi aglomeriranimi praški.

Metalizacija je primerna za platiranje manj obremenjenih površin s tanjšimi prevlekami. Navarjeni sloji pa so običajno debelejši ter namenjeni oblaganju bolj obremenjenih površin in robov.

**Tabela 2.** Vpliv sestave varilnega praška, varilne žice in varilnih parametrov na izkoristek varjenja  $\eta$ , produktivnost  $v_T$  ter porabo energije  $C_E$  in varilnega praška  $C_p$ .

| Varilna žica / Varilni prašek                                     | I (A) | U (V) | $v_{žice}$ (cm/s) | $\eta$ (%) | $v_T$ (g/s) | $C_E$ (Wh/g) | $C_p$ (g/g var) | $G_{z1}$ (g/g var) |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------------------|------------|-------------|--------------|-----------------|--------------------|
| EPP2. $\phi$ 3/EP 35<br>(nelegirana žica/<br>taljeni prašek)      | 400   | 35    | 4.2               | 98         | 2.12        | 1.84         | 1.43            | 0.72               |
|                                                                   | 650   | 35    | 6.1               | 98         | 3.35        | 1.89         | 1.27            | 0.69               |
|                                                                   | 750   | 45    | 6.2               | 98         | 3.37        | 2.78         | 1.62            | 1.22               |
| EPP2. $\phi$ 3/100 SM<br>(nelegirana žica/<br>nelegirani agl.pr.) | 450   | 35    | 3.4               | 98         | 1.59        | 2.76         | 2.30            | 1.45               |
|                                                                   | 570   | 34    | 4.8               | 101        | 2.40        | 2.24         | 1.36            | 0.80               |
|                                                                   | 650   | 42    | 4.8               | 101        | 2.52        | 3.01         | 2.07            | 1.33               |
| EPP2. $\phi$ 3/100 SM<br>(legirana žica/<br>nelegirani agl.pr.)   | 470   | 35    | 3.5               | 100        | 2.21        | 2.06         | 1.47            | 1.04               |
|                                                                   | 650   | 35    | 6.1               | 103        | 3.41        | 1.86         | 0.87            | 0.54               |
|                                                                   | 660   | 46    | 4.6               | 97         | 2.81        | 3.00         | 2.27            | 1.57               |
| EPP2. $\phi$ 3/U Mo1<br>(nelegirana žica/<br>legirani agl.pr.)    | 420   | 35    | 3.0               | 118        | 2.00        | 2.04         | 2.50            | 1.26               |
|                                                                   | 660   | 35    | 5.6               | 110        | 3.33        | 1.93         | 0.90            | 0.41               |
|                                                                   | 660   | 46    | 4.8               | 142        | 3.94        | 2.14         | 2.00            | 0.94               |
| EPP2. $\phi$ 3/BM 2<br>(nelegirana žica/<br>legirani agl.pr.)     | 460   | 35    | 3.4               | 189        | 3.42        | 1.31         | 1.99            | 0.90               |
|                                                                   | 620   | 33    | 4.9               | 120        | 3.33        | 1.71         | 1.12            | 0.55               |
|                                                                   | 680   | 42    | 5.0               | 158        | 4.33        | 1.83         | 2.02            | 0.98               |
| BRM2. $\phi$ 3/BM 2<br>(legirana žica/<br>legirani agl.pr.)       | 470   | 35    | 3.4               | 166        | 3.58        | 1.35         | 1.91            | 0.82               |
|                                                                   | 680   | 35    | 6.1               | 121        | 4.55        | 1.45         | 0.77            | 0.38               |
|                                                                   | 680   | 45    | 4.9               | 151        | 5.22        | 1.63         | 1.75            | 0.89               |

EPP 2 nelegirana žica (0.1% C; 0.1% Si; 1.0% Mn; osnova Fe)

BRM 2 legirana žica (0.9% C; 4.0% Cr; 5.0% Mo; 6.5% W; 1.9% V; osnova Fe)

EP 35 taljeni varilni prašek

100 SM nelegirani aglomerirani varilni prašek

UMo1 legirani aglomerirani prašek za navarjanje

BM2 močno legirani aglomerirani prašek za navarjanje

## 5 Literatura

- E. Pertender, E. Noninger (Prevod L. Knez): "Borba proti obrabi z varjenjem", Varilna tehnika, Ljubljana, 23 (1974) 3/3, 67/71.
- "Weld Surfacing and Hardfacing" The Welding Institute, Abington, 1980.
- R. Kejžar: "Održevanje navarivanjem", Održevanje mašina i opreme—OMO 9 (1980) 9, 499/503; "Building-up by Welding Maintenance", Proceedings of 5th European Maintenance Congress, Opatija, 1980, 345/367.
- R. Kejžar: "Razvoj varilnih postopkov obnavljanja in oplemenitenja", Strojniški vestnik—Tribologija, Ljubljana, 31 (1985) 7/8, 179/184.
- R. Kejžar: "Platiranje strojnih elementov z navarjanjem za zaščito proti obrabi", Strojniški vestnik—Tribologija, Ljubljana, 34 (1988) 7/9, 139/142.
- R. Kejžar: "Perspektive aglomeriranih praškov", XXXVIII. Posvet o metalurgiji in kovinskih gradivih, Portorož/Ljubljana 1987, 87/98.
- R. Kejžar: "New Perspectives of Cladding by Submerged Arc Building-up", Proceedings of International Conference on Welding Technology in Developing Countries—Present Status and Future Needs, Roorkee, 1988.
- 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.
- 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: "Quality of Surface Coating by Submerged Arc Welding", International Conference on Surface Engineering: Current Trends and Future Prospects, Toronto, 1990.
- R. Kejžar: "Produktivno navarjanje orodij", Strojniški vestnik, Tribologija, Ljubljana 36 (1991) 10/12, 217/220.
- R. Kejžar: "Refinement of Working Surfaces by Submerged Arc Hardfacing", Proceeding of the International Conference on the Joining of Materials, JOM 5, Helsingor, 1991, 117/126.
- R. Kejžar: "Legirani aglomerirani praški za posebna navarjanja", Rudarsko-metalurški zbornik, Ljubljana, 38 (1991), 2, 275/290.
- J. Tušek: "Študij procesov pri varjenju in navarjanju pod praškom z dvojno in trojno elektrodo", Magisterij na FS Ljubljana 1987.
- V. Kralj, J. Tušek: "Some Findings and Characteristics about the Submerged Arc Welding with Parallel Wires", IJW Doc. 212-695-88.
- A. Vesel, R. Kejžar, L. Kosec, J. Vižintin: "Kvaliteta navarjenih tekalnih koles žarjavov", Poročilo ZRMK za URP C2-1528-227-90, "Konstruiranje delovnih strojev in motorjev", Ljubljana 1990, 1/26.

**Tabela 3.** Vpliv varilnih parametrov in temperature predgrevanja ( $T_P$ ) na taljenje osnovnega materiala (% uvara) in sestavo enoslojnih navarov pri navarjanju pod nelegiranimi in legiranimi aglomeriranimi praški.

| Varilna žica / Varilni prašek                                     | I (A) | U (V) | $T_P$ (°C) | $v_{varj}$ (m/h) | $\eta$ (%) | Uvar (%) | C (%) | Cr (%) | Mo (%) | V (%) | W (%) |
|-------------------------------------------------------------------|-------|-------|------------|------------------|------------|----------|-------|--------|--------|-------|-------|
| EPP2, $\phi$ 3/100 SM<br>(nelegirana žica/<br>nelegirani agl.pr.) | 650   | 35    | 400        | 25               | 97         | 81       | 0.10  | 0.45   | 0.22   | -     | -     |
|                                                                   | 620   | 33    | 20         | 20               | 96         | 68       | 0.09  | 0.41   | 0.20   | -     | -     |
|                                                                   | 570   | 34    | 150        | 25               | 101        | 58       | 0.09  | 0.43   | 0.20   | -     | -     |
|                                                                   | 450   | 35    | 20         | 25               | 98         | 56       | 0.10  | 0.43   | 0.19   | -     | -     |
| BRM2, $\phi$ 3/100 SM<br>(legirana žica/<br>nelegirani agl.pr.)   | 640   | 35    | 400        | 25               | 97         | 68       | 0.31  | 1.43   | 1.60   | 0.32  | 1.90  |
|                                                                   | 630   | 34    | 150        | 20               | 101        | 64       | 0.33  | 1.60   | 1.80   | 0.41  | 2.21  |
|                                                                   | 650   | 35    | 150        | 25               | 103        | 56       | 0.34  | 1.66   | 1.85   | 0.44  | 2.28  |
|                                                                   | 470   | 35    | 20         | 25               | 100        | 50       | 0.34  | 1.67   | 1.87   | 0.44  | 2.28  |
| EPP2, $\phi$ 3/BM 2<br>(nelegirana žica/<br>legirani agl.pr.)     | 640   | 34    | 400        | 25               | 136        | 63       | 0.36  | 1.72   | 1.84   | 0.59  | 1.93  |
|                                                                   | 610   | 33    | 20         | 20               | 139        | 60       | 0.55  | 2.82   | 3.12   | 1.19  | 3.45  |
|                                                                   | 620   | 33    | 150        | 25               | 120        | 56       | 0.32  | 1.76   | 1.82   | 0.75  | 2.09  |
|                                                                   | 460   | 35    | 20         | 25               | 189        | 47       | 0.88  | 4.61   | 5.44   | 2.27  | 6.04  |
|                                                                   | 460   | 38    | 400        | 30               | 239        | 43       | 1.45  | 7.66   | 5.95   | 2.73  | 9.21  |
| BRM2, $\phi$ 3/BM 2<br>(legirana žica/<br>legirani agl.pr.)       | 640   | 35    | 400        | 25               | 128        | 67       | 0.56  | 2.68   | 3.11   | 1.05  | 3.66  |
|                                                                   | 680   | 35    | 150        | 25               | 120        | 66       | 0.52  | 2.64   | 3.15   | 1.02  | 3.80  |
|                                                                   | 470   | 35    | 20         | 25               | 166        | 41       | 1.28  | 7.03   | 7.03   | 2.84  | 8.10  |
|                                                                   | 460   | 38    | 400        | 30               | 237        | 45       | 1.33  | 6.95   | 6.17   | 2.58  | 8.32  |

**Tabela 4.** Varilnotehnični podatki in kemične sestave enoslojnih prevlek pri platiranju konstrukcijskega jekla ( $T_P = 400^\circ\text{C}$ ) pod legiranim aglomeriranim praškom "BM2".

| Varilna žica / Varilni prašek | I (A)     | U (V) | $v_T$ (g/s) | $C_E$ (Wh/g) | $\eta$ (%) | Uvar (%) | C (%) | Cr (%) | Mo (%) | V (%) | W (%) |
|-------------------------------|-----------|-------|-------------|--------------|------------|----------|-------|--------|--------|-------|-------|
| EPP2, $\phi$ 3/BM 2           | 460       | 38    | 3.31        | 1.46         | 239        | 43       | 1.45  | 7.66   | 5.95   | 2.73  | 9.21  |
| BRM2, $\phi$ 3/BM 2           | 460       | 38    | 3.57        | 1.39         | 237        | 45       | 1.33  | 6.95   | 6.17   | 2.58  | 8.32  |
| EPP2, $\phi$ 2/BM 2           | 270/Zico* | 39    | 6.60        | 1.33         | 220        | 31       | 1.61  | 8.58   | 7.41   | 3.06  | 9.77  |

\*navarjanje s trojno elektrodo—tremi žicami EPP2,  $\phi$  2 mm**Tabela 5.** Kemična sestava izbranih metaliziranih slojev in enoslojno navarjenih prevlek.

| Dodajni material (prevleka) | C (%) | Si (%) | Cr (%) | V (%) | Mo (%) | W (%) |
|-----------------------------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|
| Metalizirani sloji:         |       |        |        |       |        |       |
| S 2                         | 0.09  | -      | 13.5   | -     | -      | -     |
| PŽ-70                       | 0.16  | -      | 0.2    | -     | -      | -     |
| Navari:                     |       |        |        |       |        |       |
| U2R (Utop Mo1)              | 0.52  | 0.57   | 7.0    | 0.8   | 1.7    | -     |
| UMo 6R (Utop Mo6)           | 0.62  | 0.81   | 6.7    | 2.0   | 1.7    | 1.2   |

**Tabela 6.** Rezultati tribološkega testiranja obrabe po 24 minutnem poizkusu (200 obr./min.)

| Prevleka            | Obraba v $10^{-4}$ g (pri naslednjih obremenitvah) |        |        |         |        |        |
|---------------------|----------------------------------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Vrsta obrabe        | Kotaljenje                                         |        |        | Drsenje |        |        |
| Obremenitev         | 600 N                                              | 1000 N | 1200 N | 600 N   | 1000 N | 1200 N |
| Metalizirani sloji: |                                                    |        |        |         |        |        |
| S 2                 | -                                                  | 1609   | 2165   | -       | 972    | -      |
| PŽ - 70             | -                                                  | 1584   | 2153   | -       | 802    | -      |
| Navari:             |                                                    |        |        |         |        |        |
| Utop Mo 1           | 30                                                 | 118    | 135    | 95      | 203    | 218    |
| (tirmica)           | 1268                                               | 2454   | 2541   | 98      | 218    | 276    |
| Utop Mo 6           | 25                                                 | 40     | 121    | 90      | 122    | 241    |
| (tirmica)           | 179                                                | 681    | 842    | 83      | 219    | 302    |
| Nenavarjen vzorec:  |                                                    |        |        |         |        |        |
| Kolo žerjava        | 2673                                               | 3881   | -      | 3320    | 5139   | 6082   |
| (tirmica)           | 327                                                | 1375   | -      | 685     | 1442   | 2189   |