

Prednosti uporabe novih sintetičnih repromaterialov pri izdelavi dodajnih materialov za varjenje

Advantages using the new synthetic materials in the manufacture of filler materials for welding

R. Kejžar, ZRMK Ljubljana

Idealne komponente aglomeriranih praškov so sintetični repromateriali: volastonit, monticelit, enstatit, Ca-aluminat in podobno. So nehigroskopični ter brez vlage in komponent, ki bi pri segrevanju do taljenja sproščale pline. Na osnovi sintetičnega volastonita smo razvili posebne aglomerirane praške za enostransko zvarjanje pločevin ter legirane aglomerirane praške za enoslojna navarjanja.

Sintetični repromateriali so zelo uporabni tudi kot dodatki aglomeriranim praškom in elektrodni oblogi. S sintetičnim volastonitom s povišano vsebnostjo alkalij zmanjšamo občutljivost bazičnih elektrod na pokljivost plašča pri sušenju ter izboljšamo varilno tehnične lastnosti elektrode — vžig in stabilnost obloka.

Posebno sintetični volastonit z dodatkom K_2O se je izkazal kot zelo zanimiva izhodna surovina pri izdelavi dodajnih materialov, ker zelo ugodno vpliva na izboljšanje varilnotehničnih lastnosti ter omogoča delno, v nekaterih primerih pa tudi popolno zamenjavo dragega K-vodnega stekla s cenejšim domačim Na-vodnim steklom, kar bo pocenilo proizvodnjo dodajnih materialov.

Ključne besede: aglomerirani praški, elektrodne obloge, novi sintetični materiali, sintetični volastonit s K_2O

Ideal components of agglomerated fluxes are synthetic materials for processing: wollastonite, monticellite, enstatite, Ca-aluminate etc. They are non-hygroscopic, vapourless and without components which would develop gases during the heating to the melting point. On the basis of synthetic wollastonite, special agglomerated fluxes have been developed for one-side welding of plates, as well as alloyed agglomerated fluxes for single-layer building-up.

The synthetic materials for processing are highly applicable also as additions to agglomerated fluxes and electrode coating. Synthetic wollastonite with increased alkali content reduces the susceptibility of basic electrodes to coat cracking during drying and technical and welding characteristics of the electrode are improved, which leads to a better arc ignition and arc stability.

Especially the synthetic wollastonite with K_2O addition proved to be a very prospective raw material in the manufacturing of filler materials due to its favourable influence on the improvement of welding properties and because it permits a partial, sometimes even a complete substitution of the expensive K-water glass with the cheaper domestic Na-water glass which will reduce the manufacturing costs of filler materials.

Key words: agglomerated fluxes, electrode coatings, new synthetic materials, synthetic wollastonite with K_2O

1 Sestava sintetičnih repromaterialov

Sintetične repromaterialne uporabljamo pri pripravi keramičnih mas za elektrodno oblogo in aglomerirani varilni prašek. Sestavljene so iz različnih sestavin, ki jih lahko razvrstimo v naslednje skupine:

1. sestavine, ki določajo sestavo varilne žilindre,
2. sestavine, ki povečujejo izkoristek varjenja,
3. dezoksidanti in legirni elementi,
4. plinotvorne komponente in plastifikatorji ter
5. veziva.

Sintetični repromateriali spadajo v skupino 1), to je med sestavine, ki določajo sestavo in s tem lastnosti varilne

žilindre. S sestavo sintetičnih repromaterialov se lahko skoraj poljubno prilagodimo zahtevam dodajnih materialov glede varilnotehničnih lastnosti, ki jih v veliki meri določa sestava varilne žilindre in so zato močno odvisne od sestave mineralnega dela elektrodne obloge oz. varilnega praška¹⁻⁷.

Sintetični repromateriali, ki jih uporabljamo pri proizvodnji dodajnih materialov, so izdelani s taljenjem izbranih surovin (apna, kalcita, dolomita, glinice...) pri temperaturi okoli 1500°C tako, da so vse higroskopične surovine (npr.: CaO) vezane v nehigroskopične silikate in aluminate.

V TD Ruše (Nekovine) smo polindustrijsko pripravili že vrsto zelo zanimivih sintetičnih repromaterialov

za proizvodnjo oplášenih elektrod in varilnih praškov. Posebno sintetični valostoniti in monticeliti, ki smo jih pripravili tudi z dodatki alkalijskih oksidov (glej tabeli 1 in 2 ter sliki 1 in 2) so v praksi zelo uporabni. Navadni sintetični volastonit, ki ga izdeluje TD Ruše, je že postal običajna surovina pri proizvodnji dodajnih materialov v Železarni Jesenice.

Tabela 1. Kemična sestava sintetičnih volastonitov in monticelitov (polindustrijsko smo jih izdelali v TD Ruše)

Sintetični mineral	SiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	FeO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
Volastonit	45	36	1	16	2	-	-
Volastonit z Na ₂ O	43	43	1	9	1	3	-
Volastonit z K ₂ O	47	46	-	3	-	-	4
Monticelit	35	30	15	19	1	-	-
Monticelit z Na ₂ O	34	26	19	16	1	4	-
Monticelit s K ₂ O	28	24	16	27	1	-	4

Tabela 2. Rezultati navlaževanja polindustrijsko izdelanih fino zmletih (pod 0.5 mm) sintetičnih volastonitov in monticelitov

Sintetični mineral	% vlage (vsebnost H ₂ O)			
	-po mletju	-po navlaž.*	-po sušenju	
			105°C	300°C
Volastonit	0,09	0,14	0,05	0
Volastonit z Na ₂ O	0,05	0,10	0,02	0
Volastonit s K ₂ O	0,07	0,08	0	0
Monticelit	0,08	0,09	0,02	0
Monticelit z Na ₂ O	0,05	0,05	0,03	0
Monticelit s K ₂ O	0,08	0,09	0,02	0

* 2 dni v vlažni komori

Iz tabele 2 je razvidno, da so polindustrijsko izdelani fino zmleti sintetični volastoniti in monticeliti praktično povsem nehigroskopični in zato zelo primerni za proizvodnjo dodajnih materialov za varjenje. Tudi v vlažni komori se praktično ne navlažijo - so idealni repromaterial za proizvodnjo visokoproduktivnih in legiranih varilnih praškov.

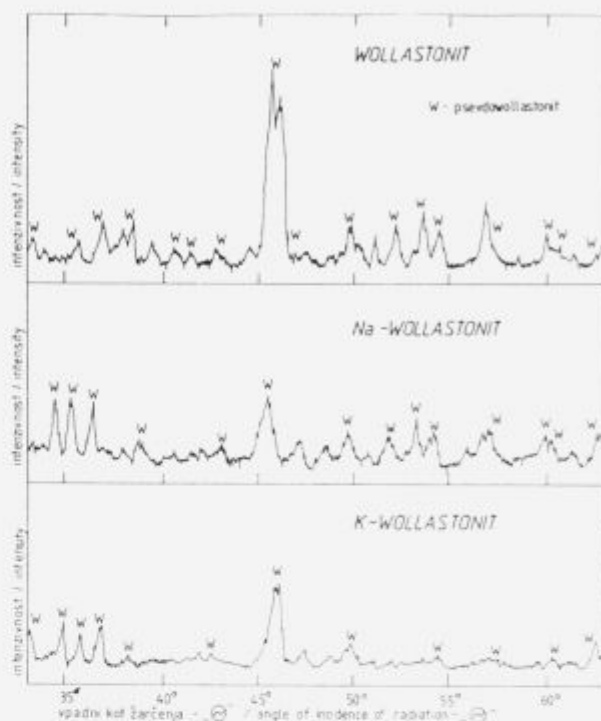
Iz slik 1 in 2 je razvidna mineraloška sestava polindustrijsko izdelanih sintetičnih volastonitov in monticelitov. Vzorce smo preiskali z rentgensko analizo v difraktometrijski tehniki na Philips aparaturi z žarkovjem CuK.

2 Uporaba sintetičnih repromaterialov pri proizvodnji oplášenih elektrod in varilnih praškov

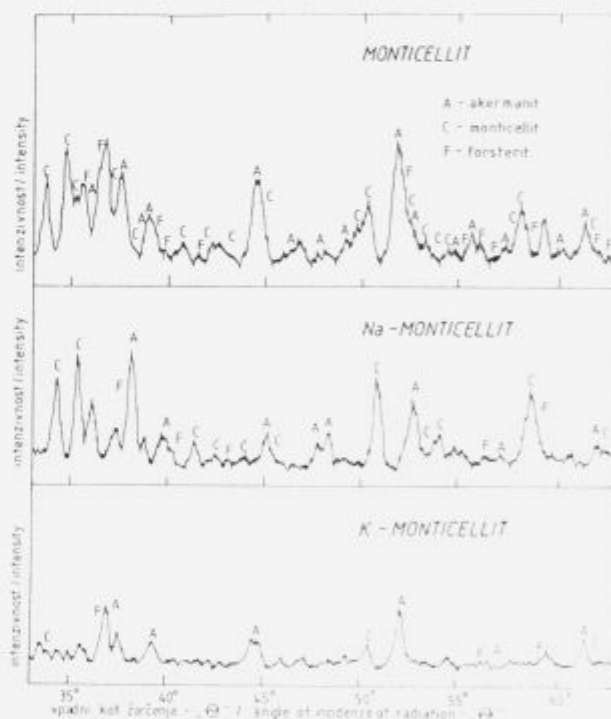
Osnovna naloga mineralnega dela elektrodne obloge in varilnega praška je tvorba žilindrine in plinske zaščite oddaljenih kapljic in raztaljene kopeli vara pred oksidacijo.

Pri varjenju pod varilnimi praški ščitita zvar pred oksidacijo le prašek in varilna žilindra. Mesto varjenja je popolnoma pokrito. Razvijanje plinov pod praškom je nezaželjeno, ker bi povzročilo odkrivanje taline zvara in vdor kisika (zraka) pod varilni prašek¹.

Pri varjenju z oplášenimi elektrodami pa tvorijo zaščito zvara pred oksidacijo in preprečujejo nastanek poroznosti:



Slika 1. Difraktogrami volastonitov.
Figure 1. Diffraction pattern of wollastonites.



Slika 2. Difraktogrami monticelitov.
Figure 2. Diffraction pattern of monticellites.

1. plini

- preprečujejo dostop kisika oz. zraka (plini nastajajo zaradi razpada kalcita — $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$, zgorevanja celuloze — $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x + 3\text{XO}_2 \rightarrow 5\text{XH}_2\text{O} + 6\text{XCO} \dots$)

Tabela 4. Vpliv uporabe Na- in K-sintetičnih mineralov pri izdelavi legiranega aglomeriranega praška "0-7 SM" na njegove varilno tehnične lastnosti

Žica: EPP 2, ϕ 3 mm Varilni prašek: 0-7 SM (različne sestave)	Varilni parametri				Teoretična sestava žlindre							Opombe
	J (A)	U (V)	η (%)	v_T (g/s)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaF ₂ (%)	
-osnovni	470	32	127	2.57	37.6	27.5	24.7	6.3	2.4	-	-	-vari lepo -žlindra dobro odstopa
-z več Na ₂ O	490	33	123	2.47	38.3	17.5	31.2	7.1	5.0	-	-	-vari zelo lepo -žlindra dobro odstopa
- z več Na ₂ O in MgO	480	33	122	2.47	32.3	26.7	23.7	11.5	4.8	-	-	-navar je ožji in višji -žlindra dobro odstopa
- z več Na ₂ O in dod. CaF ₂	470	34	119	2.40	29.3	27.2	20.6	11.9	4.6	-	5.5	-vari ostreje -pojavi se zapekanje žlindre
- z dod. K ₂ O	500	33	130	2.63	36.0	17.3	34.1	6.0	2.4	3.3	-	-vari zelo lepo (mehko) -žlindra dobro odstopa
- z dod. K ₂ O in več MgO	510	33	127	2.52	27.7	27.4	28.7	9.7	2.4	3.2	-	-navar je ožji in višji -žlindra dobro odstopa
- z dodatkom K ₂ O in CaF ₂	500	33	121	2.39	24.4	28.1	25.8	9.8	2.4	3.1	5.5	-vari zelo lepo in mehko -žlindra zelo lepo odstopa

Tabela 3. Delež oksidirane kovine (v odstotkih) po aglomeraciji izbrane kovine ali kovinske zlitine (2^h na temperaturi)

Kovina oz. kovinska zlitina	200 °C	300 °C	450 °C	650 °C
Fe (W 40.37)	0.3	1.1	7.0	28
FeSi	0	0	0	0
FeMn _{aff}	0.03	0.7	9.6	38
FeCr _{carb}	-0.27*	-0.49*	-0.70*	(1)
FeMo	0.03	0.7	3.0	33
FeW	0	0.2	1.2	21
FeV	0	0.1	1.5	70

* Zmanjšanje teže je posledica odgorevanja ogljika

- zvišani parcialni tlak ogljikovega monoksida (CO) zavira oz. prepreči oksidacijo ogljika in s tem nastanek plinske poroznosti zvarov.

2. žlindra

- prepreči dostop kisika (vdor zraka do raztaljenih kapljic in kopeli vara — s pokrivanjem tudi oblikuje zvar).

Dosedanje raziskave so pokazale, da so sintetični minerali zelo uporaben material pri izdelavi oplasnjenih elektrod. Delna zamenjava kalcita s sintetičnim volastonitom zelo ugodno vpliva na zmanjšanje občutljivosti oplasnjenih elektrod na pokljivost obloge pri sušenju, kar pomeni zmanjšanje izmeta pri proizvodnji. Hiba zamenjave kalcita s sintetičnim volastonitom pa je zmanjšanje plinske zaščite kopeli vara pred oksidacijo ter znižanje parcialnega tlaka ogljikovega monoksida nad talino vara, kar vpliva na potek reakcije: $C + O \rightarrow CO$ in pojav plinske poroznosti. Pri zamenjavi kalcita s sintetičnim volastonitom moramo paziti, da z zamenjavo ne spremenimo bistveno tudi plinske zaščite kopeli vara med varjenjem.

Pri proizvodnji visoko produktivnih in legiranih aglomeriranih varilnih praškov pa so postali sintetični minerali praktično nepogrešljiv repromaterial. Zaradi kovinskih dodatkov, ki jih ti aglomerirani varilni praški vsebujejo, jih smemo sušiti pri temperaturah okoli 350 do 650°C, da kovin v prašku ne oksidiramo (glej tabelo 3). To pa pomeni ostreje zahteve pri izbiri surovin — repromaterialov, ki morajo biti nehigroskopni in brez vlage ter komponent, ki bi pri segrevanju do taljenja sproščale pline⁸⁻¹⁰.

3 Prednosti dodatka alkalij

Med najpomembnejše naloge elektrodne obloge in varilnega praška spada poleg zaščite odtaljenih kapljic dodatnega materiala in kopeli vara pred oksidacijo tudi ionizacija obločne atmosfere, ki mora zagotoviti stabilen oblok med varjenjem. Na stabilnost varjenja vpliva prisotnost alkalij v obločni atmosferi. Prisotnost alkalij v elektrodni oblogi in varilnem prašku je običajno posledica uporabe Na- ali K-vodnega stekla kot veziva pri izdelavi omenjenih dodatnih materialov. Potrebne alkalije za ionizacijo in izboljšanje stabilnosti varjenja pa lahko dovedemo v dodatni material tudi s sintetičnimi repromateriali, ki vsebujejo alkalijske okside⁸⁻¹⁰.

Z uporabo sintetičnega volastonita z dodatkom K₂O pri izdelavi dodatnih materialov lahko vplivamo tudi na prisotnost večje količine kalijevih ionov v obloku med varjenjem, kar zelo ugodno vpliva na varilno tehnične lastnosti — oblok gori manj ostro in verjetnost zapekanja žlindre na zvar je manjša (glej tabelo 4).

Z uporabo K-sintetičnega volastonita pri izdelavi aglomeriranih varilnih praškov želimo že s sintetičnim repromaterialom vnesti v aglomerirani prašek zadosti kalijevega oksida, kar bo omogočilo, da pri izdelavi varilnih praškov uporabljamo samo ceneno domače Na-vodno steklo.

4 Zaključek

Dosedanje raziskave so pokazale, da so sintetični minerali zelo uporaben repromaterial pri izdelavi oplasnjenih elektrod in varilnih praškov. Delna zamenjava kalcita s sintetičnim

volastonitom ugodno vpliva na zmanjšanje občutljivosti opliščenih elektrod na pokljivost obloge pri sušenju, kar pomeni zmanjšanje izmeta pri proizvodnji. Hiba zamenjave kalcita s sintetičnimi minerali pa je zmanjšanje plinske zaščite vara. Zmanjšanje količine kalcita v oblogi bazično opliščene elektrode je zato omejeno.

Pri proizvodnji visokoproduktivnih in legiranih aglomeriranih varilnih praškov pa so postali sintetični minerali praktično nepogrešljiv repromaterial. Ker niso higroskopični in ne vsebujejo komponent, ki bi pri segrevanju do taljenja sproščale pline, so idealne sestavine aglomeriranih praškov, ki jih zaradi kovinskih dodatkov sušimo pri temperaturah okoli 350 do 650°C.

Posebno zanimivi so sintetični minerali z dodatkom kalijevih oksidov. Izboljšajo stabilnost obloka. Najbolj perspektivni pa so K-sintetični minerali. Že prvi poizkusi so pokazali, da izboljšajo kvaliteto aglomeriranim varilnim praškom (preprečijo zapekanje žlindre) ter omogočijo delno, v nekaterih primerih pa tudi popolno zamenjavo dragega K-vodnega stekla, ki ga je težko dobiti na tržišču, z bistveno cenejšim Na-vodnim steklom.

5 Literatura

- ¹ R. Kejžar in sodelavci: Razvoj novih sintetičnih repromaterialov za industrijo dodajnih materialov — I, II, in III. faza. Poročilo ZRMK za RP Sodobni anorganski materiali in tehnologije. Ljubljana 1987, 1988 in 1989.

- ² J. Savanovič: Varilne žlindre kot osnova za razvoj varilnih praškov. Magistrsko delo na Univerzi E.K. v Ljubljani, FNT VTOZD Montanistika, Odsek za metalurgijo (1990).

- ³ R. Kejžar: Vpliv elektrodne obloge na prenos kisika pri obločnem varjenju. *Varilna tehnika* 23 (Ljubljana 1974), št. 3/4, str. 49–55.

- ⁴ R. Kejžar: Vpliv dezoksidantov na vsebnost kisika v čistem varu in izkoristek Cr iz plašča pri elektroobločnem varjenju. *Žel. zb.* 9 (1975), št. 1, str. 19–27.

- ⁵ W. Hummitzsch: Temperatur, Metallübergang und Eigenschaften der Schlacken von unlegierten Schweißelektroden. *Schweissen und Schneiden* 13 (1961), št. 5, str. 187–195.

- ⁶ Becken: Werkstoffübergang bei Schweißelektroden. *Schweissen und Schneiden* 22 (1970), št. 11, str. 478–479.

- ⁷ Koch: *Handbuch der Schweißtechnologie Lichtbogenschweissen* (Dusseldorf 1961).

- ⁸ R. Kejžar: Perspektive aglomeriranih praškov. XXXVIII. Posvet o metalurgiji in kovinskih gradivih, Portorož/Ljubljana 1987, str. 87–98.

- ⁹ R. Kejžar: Sintetični minerali — idealne surovine aglomeriranih varilnih praškov. 41. posvet o metalurgiji in kovinskih gradivih, Portorož/Ljubljana 1990, str. 201–224.

- ¹⁰ R. Kejžar: Legirani aglomerirani praški za posebna navarjanja. *Rudarsko-metalurški zbornik*, Ljubljana 38 (1991), št. 2, str. 275–290.