

## Lastnosti varov za varenje v zaščitni atmosferi CO<sub>2</sub>

Vzporedno z vedno večjo uporabo raznovrstnih jekel z višjo mejo raztezanja oziroma višjo trdnostjo za gradnjo raznih nosilnih konstrukcij, cevovodov in tlačnih posod mora iti tudi razvoj dodajnih materialov za varjenje teh jekel. Pri tem je potrebno stremeti za tem, da je z ozirom na tehnološke lastnosti jekel, kemijska analiza dodajnega materiala prirejena tako, da že pri čistem varu dosežemo odgovarjajoče minimalne lastnosti za trdnost in žilavost. Mehanske lastnosti spoja so seveda dodatno še odvisne od mešanja z osnovnim materialom, debeline pločevine ter tehnike varjenja (oblika spoja, količina vnešene toplote, način ohlajanja itd.). Vendar pa je poznavanje lastnosti čistega vara osnova za izbiro odgovarjajočega varilnega dodatnega materiala. Ker se v zadnjem času v varilstvu vedno bolj uvaja tudi tehnika varjenja v zaščitni atmosferi, a kot zaščitni plin pri nas pretežno še vedno uporabljamo CO<sub>2</sub>, smo na Raziskovalnem oddelku — Železarne Jesenice izvršili preiskave varov večjega števila različno legiranih varilnih žic (Tabela št. 1) prirejenih za uporabo

Tabela št. 1: Kemijska sestava varilnih žic

Vrsta žice legirane z	Štev.	KEMIČNA SESTAVA							
		C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	Mo	V
Mn	1	0,09	0,66	1,33	—	—	—	—	—
	2	0,10	0,70	1,55	—	—	—	—	—
	3	0,10	0,80	1,60	—	—	—	—	—
	4	0,09	0,90	1,65	—	—	—	—	—
	5	0,15	1,05	1,50	—	—	—	—	—
	6	0,16	1,06	1,80	—	—	—	—	—
	7	0,12	1,12	1,70	—	—	—	—	—
	8	0,10	1,15	1,75	—	—	—	—	—
	9	0,13	1,23	1,70	—	—	—	—	—
	10	0,08	1,10	2,00	—	—	—	—	—
Mo	11	0,10	1,05	1,35	—	—	—	0,32	—
	12	0,10	0,60	1,20	—	—	—	0,50	—
	13	0,11	0,80	1,45	—	—	—	0,54	—
Ni	14	0,08	0,60	1,80	—	—	1,00	—	—
	15	0,10	0,67	1,72	—	—	1,03	—	—
NiMo	16	0,08	0,50	1,80	—	—	1,10	0,36	—
	17	0,10	0,93	1,58	—	—	1,04	0,38	—
NiV	18	0,12	0,70	1,70	—	—	1,00	—	0,10
	19	0,10	0,97	1,57	—	—	1,00	—	0,11
NiCu	20	0,13	0,92	1,63	—	0,53	0,68	—	—
	21	0,09	0,80	1,55	—	0,47	0,50	—	—
NiMoV	22	0,10	0,90	1,63	—	—	0,53	0,30	0,12
	23	0,10	0,60	1,20	—	—	1,20	0,40	0,10
	24	0,12	0,90	1,45	—	—	1,00	0,50	0,13
NiCrMo	25	0,08	0,70	1,20	0,30	0,45	2,50	—	—

CO<sub>2</sub>. Poleg podanih analiznih sestav v tabeli št. 1 je sestava žic odgovarjala tudi zahtevam:

P maks. 0,02 %	Cu maks. 0,20 %
S maks. 0,02 %	Al maks. 0,02 %
Cr maks. 0,10 %	Sn maks. 0,02 %

Cilj je bil ugotoviti kakšne mehanske lastnosti dobimo pri uporabi CO<sub>2</sub> plina. Vari so bili izdelani z žicami dimenzije Ø 1,2 mm in pri varilnih pogojih:

Jakost toka:	180 A
Napetost toka:	26 V
Hitrost pomika žice:	6 m/min.
Pretok plina:	15 l/min.

Tabela št. 2: Kemijska sestava čistega vara

Vrsta žice legirane z	Štev.	KEMIČNA SESTAVA							
		C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	Mo	V
Mn	1	0,07	0,36	0,66	—	—	—	—	—
	2	0,08	0,35	1,00	—	—	—	—	—
	3	0,09	0,50	1,05	—	—	—	—	—
	4	0,08	0,60	1,12	—	—	—	—	—
	5	0,10	0,76	1,01	—	—	—	—	—
	6	0,10	0,71	1,20	—	—	—	—	—
	7	0,10	0,75	1,22	—	—	—	—	—
	8	0,08	0,68	1,18	—	—	—	—	—
	9	0,09	0,83	1,15	—	—	—	—	—
	10	0,05	0,67	1,25	—	—	—	—	—
Mo	11	0,10	0,66	0,98	—	—	—	0,30	—
	12	0,08	0,35	0,75	—	—	—	0,49	—
	13	0,09	0,45	0,97	—	—	—	0,54	—
Ni	14	0,07	0,32	1,25	—	—	0,98	—	—
	15	0,08	0,39	1,23	—	—	1,00	—	—
NiMo	16	0,06	0,13	0,72	—	—	1,08	0,36	—
	17	0,08	0,46	0,95	—	—	0,94	0,34	—
NiV	18	0,07	0,34	0,89	—	—	0,95	—	0,07
	19	0,07	0,55	1,08	—	—	0,95	—	0,10
NiCu	20	0,10	0,59	1,08	—	0,50	0,65	—	—
	21	0,08	0,55	1,10	—	0,45	0,48	—	—
NiMoV	22	0,10	0,61	1,17	—	—	0,45	0,25	0,12
	23	0,10	0,42	0,79	—	—	1,15	0,39	0,08
	24	0,10	0,70	1,11	—	—	0,98	0,50	0,12
NiCrMo	25	0,06	0,34	0,58	0,26	—	2,20	0,41	—

Vare smo preizkusili predvsem na mejo raztezanja, trdnost in žilavost do — 20°, to je za uporabo osnovnih visokotrdnih jekel in za orientacijo pri nadaljnjem delu.

Odgovarjajoči rezultati kemijskih in mehanskih lastnosti so podani v tabeli št. 3 in št. 4.

Tabela št. 3: Mehanske lastnosti čistega vara

Vrsta žice (debelina z)	Štev.	Meja razt. (kp/mm <sup>2</sup> )	Trdnost (kp/mm <sup>2</sup> )	Raztežak (L-Sd)(%)	Kontrakci. (%)	Žilavost V-Notch (kp/cm <sup>2</sup> )				
						20°	0°	-20°	-40°	-60°
Mn	1	44,2	55,6	22	44,5	10,5	8	6		
	2	45,4	57,4	26	65	13	10	8		
	3	44,7	56,5	25	63	11,5	8,5	6,5		
	4	45,5	55	25	65	12,5	9	6,5		
	5	49,4	62,5	28	64	13	9	6		
	6	53	64,2	20	44,5	10	9,5	8,5		
	7	45,5	60,3	25	65,2	11	9,5	6,5		
	8	45,5	57,5	25	66	9	8,5	6,5		
	9	50,5	64,5	26	62,5	10	7,5	5		
	10	48	62	26	45	11,5	7,5	5,5		
Mo	11	48	59	24	64	12,5	9,5	6,5		
	12	51,5	60	25	62	12,5	9	6,5		
	13	56	65,5	20	62,1	11,5	8,5	6,6		
Ni	14	45,5	58	25	64,5	14	7,5	6	5	2,5
	15	48,5	61,5	24	65	12,5	8	6,5	5	2,5
NiMo	16	48,5	60,3	23	64	11	6,2	5,1		
	17	54	66,9	21	63	10,5	8	5,5		
NiV	18	58	70	22	62	10	7	5,2	2,5	
	19	65	72,7	20	62	11,5	8	6,5	2,5	
NiCu	20	50,5	61,5	24	65	11,5	7,5	5,9	4,5	
	21	47,6	56,6	26	65	13	10	8,5	6,5	
NiMoV	22	63,6	74	20	58	9	6,5	4,5		
	23	67,5	72	20	58	9	6,5	4,5		
	24	69,5	84	20	56	6,5	4,75	4		
NiCrMo	25	64	71,6	21	58	10	5,5	3,7		

Podane vrednosti za mejo raztezanja in trdnost predstavljajo srednjo vrednost dveh dobljenih rezultatov. Vrednosti za žilavost so povprečje štirih dobljenih rezultatov in vrednosti za vodik so povprečje petih dobljenih rezultatov. Namen informacije je prikazati kakšne vrednosti dobimo pri uporabi CO<sub>2</sub> in na osnovi teh oceniti možnost uporabe za določene namene.

Od navedenih vrst varilnih žic smo v proizvodni program vključili žice legirane z »Mn«, »Ni« in »CuNi« z naslednjimi nazivi in povprečnimi analiznimi sestavami.

Povprečna analizna sestava:

	C	Si	Mn	Cu	Ni
1.) VAC 60	0,10	0,90	1,60	—	—
2.) VAC 60 Ni	0,09	0,70	1,70	—	1,05
3.) VAC 60 CuNi	0,40	0,85	1,50	0,50	0,50
4.) VAC 65	0,12	1,10	1,70	—	—

V stalni redni proizvodnji izdelujemo VAC 60. Ostale izdelujemo po posebnem naročilu.

Tabela št. 4: Kemijske in mehanske lastnosti čistega vara za uporabo pri nizkih temperaturah.

Vrsta žice	Kemična analiza						*	σ <sub>v</sub> (kp/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>m</sub> (kp/mm <sup>2</sup> )	L=5d (%)	Ψ (%)	Žilavost V-Notch (kp/cm <sup>2</sup> )					ml H <sub>2</sub> / 100 gr var
	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni						20°	0°	-20°	-40°	-60°	
žica č.var	0,09	0,90	1,65	/	/	/	V	45,5	55,0	25,0	65,0	12,5	9,0	6,5	—	—	1,5
	0,08	0,60	1,12	/	/	/	VS-5	—	—	—	—	—	6,5	—	—		
	—	—	—	—	—	—	VS-10	—	—	—	—	—	—	4,5	—	—	
Ni č.var	0,10	0,67	1,72	/	/	1,03	V	48,5	61,5	24,0	65,0	12,5	8,0	6,5	5,0	2,5	1,10
	—	—	—	—	—	—	VS-5	—	—	—	—	7,0	4,5	3,5	—	—	
	0,08	0,39	1,23	/	/	1,00	N	—	—	—	—	15,0	13,5	12,0	9,0	6,5	
—	—	—	—	—	—	—	NS-5	—	—	—	—	14,5	13,5	7,0	6,0	5,0	
CuNi č.var	0,13	0,92	1,63	0,15	0,53	0,68	V	50,5	61,5	24,0	65,0	11,5	7,5	5,9	4,5	3,0	1,30
	0,10	0,59	1,08	0,10	0,50	0,65	VS-5	—	—	—	—	9,0	7,5	5,5	—	—	

\* V : v varjenem stanju  
 VS-5 : v varjenem stanju + 5% starano  
 VS-10 : v varjenem stanju + 10% starano  
 N : napetostno odžarjeno pri 580°C  
 NS-5 : napetostno odžarjeno pri 580°C + 5% starano