

Specialni dodajni materiali in elektrode

Special welding materials and electrodes

J. Rodič, K. Habijan, J. Dolenc, MIL-PP d.o.o., Ljubljana

A. Rodič, Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana

D. Sikošek, SIKO-ŽJ d.o.o. Jesenice

I. Kos, K. Zalesnik, METAL, Ravne

Rezultat projekta je razvoj nove napredne tehnologije horizontalnega kontinuirnega litja (HKL) za štiri značilne skupine dodajnih materialov za varjenje:

- palice sive litine
- palice zlitin na osnovi kobalta - stelitov
- kolobarji žice čistega niklja in nikelj-kromove zlitine
- kolobarji in palice zlitin na osnovi niklja in bakra.

Predstavljena je inovativna tehnološka pot od horizontalnega kontinuirnega litja preko FUHR-ovega hladnega valjanja do konvencionalnega hladnega vlečenja z vmesno toplotno obdelavo.

Opravljen so bile sistematične raziskave strjevalnih struktur in mikrostruktur v toku tehnološkega procesa za optimiranje parametrov litja in doseganje zahtevanih lastnosti proizvodov.

Ključne besede: dodajni materiali, elektrode, horizontalno kontinuirno litje palic in žice, siva litina, posebne zlitine.

The result of the project was a development of new advanced technology of horizontal continuous casting (HCC) for four characteristic groups of welding materials:

- rods of gray iron
- rods of cobalt base alloys - stellites
- coils of pure nickel and nickel-chromium wire
- coils and rods of nickel and copper base alloys.

There is presented innovative technological procedure from horizontal continuous casting over FUHR's system of cold rolling to conventional cold drawing with intermediate heat treatment.

Systematic metallographic research of solidified structures and microstructures obtained during technological procedure was a base for optimizing of casting parameters and for achieving of requested properties of products.

Key words: welding materials, electrodes, horizontal continuous casting of rods and wire, gray iron, special alloys

1 Uvod

V okviru projekta smo s sofinanciranjem Ministrstva za znanost in tehnologijo iz inovacijskega sklada razvili tudi novo zanimivo tehnološko pot v kombinaciji horizontalnega kontinuirnega litja kolobarjev, hladnega valjanja na Fuhr-ovi liniji in hladnega vlečenja z ustrežno vmesno

toplotno obdelavo.

Ta tehnologija je bila preizkušena na različnih zlitinah, od katerih predstavljamo najzanimivejšo Cu-Ni zlitino, poznano pod imenom MONEL 60 za gole žice in MONEL 190 za oplaščene elektrode.

Z raziskovalnim programom razvojnega projekta smo hoteli ugotoviti uporabnost in tehnološko-ekonomsko primernost nove tehnologije horizontalnega kontinuirnega litja (HKL) za proizvodnjo specialnih dodajnih materialov, ki smo jih razdelili v tri značilne skupine.

Za vsako skupino materialov smo izbrali tipične predstavnike in v nadaljevanju podajamo kratko predstavitev dosežkov projekta, ki ga je vodil J. Rodič.

2 Struktura projekta

Po raziskovanih materialih in razvoju proizvodov je bil projekt razdeljen na tri dele:

- Elektrode sive litine
- Zlitine na osnovi kobalta
- Zlitine na osnovi niklja

Za predelavne zlitine je bil projekt še posebej usmerjen k razvoju nove tehnološke poti predelave.

3 Elektrode sive litine

Osvojena je HKL tehnologija celotnega asortimenta in ponudba je naslednja:

gole palice MILVAL Φ 4, 6, 8, 10 mm MIL-PP
oplaščene elektrode VAL Φ 4, 6, 8 mm SŽ-FIPROM-ELEKTRODE

Standardi: DIN 8573G FeC-1 AWS A5.15-82 RCI

Kemijska sestava: 3,30% C 3,50% Si 0,40% Mn

Trdota vara je nad 200 HB.

Uporaba: Toplo plamensko in ročno obločno zvarjanje in navarjanje sive litine z lamelnim grafitom, temprane litine in spajanje sive litine z jeklom.

Varjenec je potrebno predgrevati na 600-700°C in zagotoviti počasno ohlajanje.

4 Zlitine na osnovi kobalta

V toku triletnega projekta je bila uspešno osvojena tehnologija horizontalnega kontinuirnega litja kobaltovih zlitin - stelitov.

Kakovost in zadovoljiva konkurenčnost je potrjena z izvozom v ZDA in 8 zapadnoevropskih držav.

Asortiment proizvodnega programa stelitnih dodajnih materialov za gole in oplaščene elektrode je naslednji:

Dimenzije: Φ 3,2 - 4 - 5 - 6 - 6,4 - 8 mm lito
 Φ 2,0 + 3,0 mm brušeno
Dolžine: 250 + 450 mm, 1 m, 2 m, 3 m, 4 m

Zlitine:	C%	Si%	Mn%	Cr%	Ni%	W%	Mo%	Co%
MILIT 6	1,25	1,4	0,5	28,5	1,2	4,75	-	61
MILIT 12	1,45	1,2	-	28,75	2	8,25	-	56
MILFOR 12	1,9	1,2	-	29	-	9	-	57
MILIT 1	2,5	1,2	0,5	30	2	13	0,5	50
MILIT 21	0,25	0,5	0,3	28	3	-	5,5	61
MILIT F	1,8	1,0	0,5	25	23	12	-	35

5 Zlitine na osnovi niklja

5.1 Plastično predelavne zlitine

Za raziskave in razvoj tehnologije je bila izbrana zlitina MONEL 60, ki je z razmerjem 30% Cu-70% Ni tipičen predstavnik številne skupine zlitin od čistega niklja do zlitin z najrazličnejšimi dodatki drugih legirnih elementov.

5.2 Plastično nepredelavne zlitine

To je skupina zlitin za navarjanje slojev odpornih proti obrabi na številne vrste orodij in konstrukcijskih delov.

Za raziskave smo izbrali zanimivo zlitino:

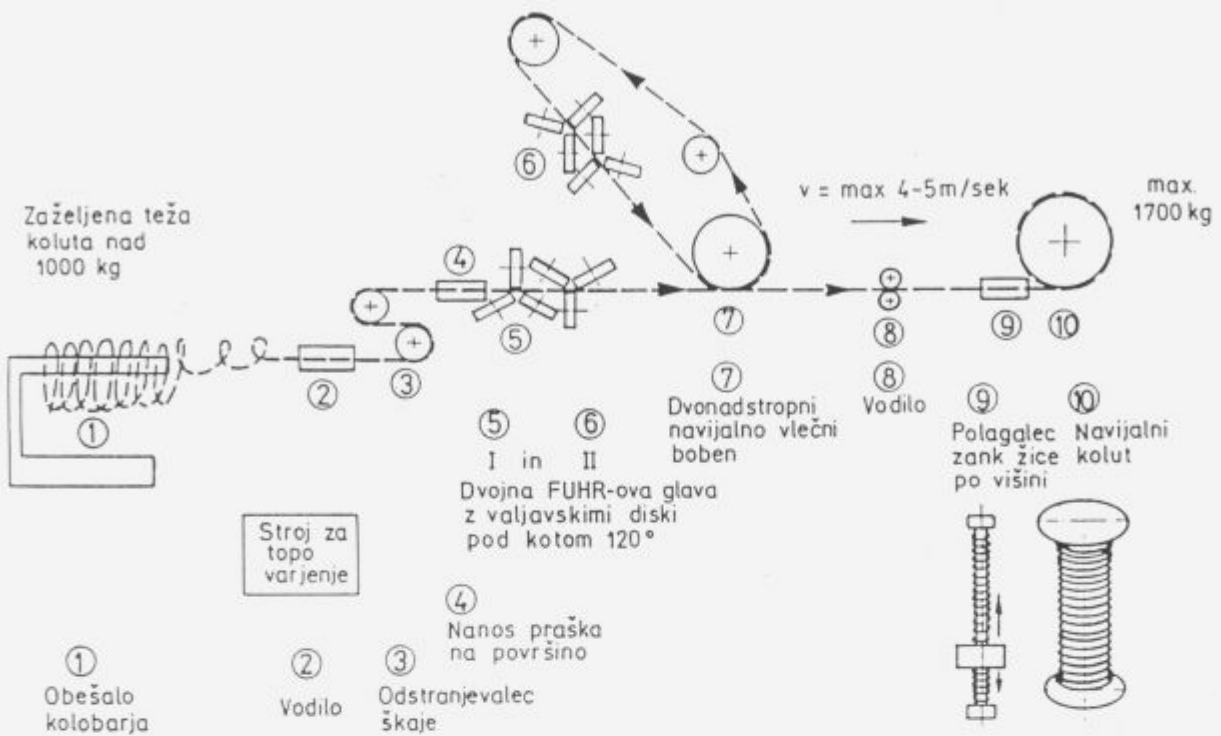
RNiCr-B 0,6% C 13% Cr 4% Si 4% Fe
3% B in ost. 75% Ni,

ki je zelo poznana zaradi ugodnih specifičnih lastnosti in se uporablja še v dveh variantah sestave.

6 Inovativna tehnološka pot za plastično predelavo HKL-žic plastično predelavnih zlitin

6.1 Posamezne faze tehnološke poti so:

1. HORIZONTALNO KONTINUIRNO LITJE (HKL) Φ 8 mm v kolobarjih
2. Sestavljanje kolobarjev s topim varjenjem
3. ZAČETNA PLASTIČNA PREDELAVA S HLADNIM VLEČNIM VALJANJEM NA FUHR-ovi LINIJI OD Φ 8 mm na Φ 5,8 mm (brez predhodne toplotne obdelave lite žice)
- MAKSIMALNA REDUKCIJA V ENEM HITREM PREHODU ZNAŠA ca. 47% IN JE UGODNO IZHODIŠČE ZA UČINKOVITO REKRISTALIZACIJO.
4. Previjanje kolobarjev s hladnim vlečenjem od Φ 5,8 mm na Φ 5,5 mm
5. TOPLOTNA OBDELAVA ZA REKRISTALIZACIJO HLADNO VALJANE ŽICE V KOLOBARJIH
6. KLASIČNO HLADNO VLEČENJE Z VMESNO REKRISTALIZACIJO IN FINALIZACIJO (individualno ali na industrijski kontinuirno žični liniji).



Shema 1. Shema hladnega valjanja s FUHR-ovim sistemom

Figure 1. Schematic of cold rolling with FUHR's system

6.2 Shema Fuhrove vlečno-valjavske linije

Možne so naslednje stopnje:

Varianta	Začetna dimenzija	I. dvojna glava	II. dvojna glava	Minimalni končni premer
A	Φ8 mm	Φ 8 → Φ 7,1	Φ 7,1 → Φ 5,8	Φ5,8 mm
B	Φ12 mm Φ8 mm	Φ12 → Φ 10 Φ 8 → Φ 7,1	Φ 10 → Φ 8 Φ 7,1 → Φ 5,8	Φ8 mm Φ5,8 mm

6.3 Preizkus tehnološke poti

Za preizkus celotne tehnološke poti smo izbrali zlitino MILMON 60 s sestavo:

0,03% C 1% Si 3,3% Mn 28% Cu 65% Ni 2% Ti 0,5% Al

Značilne mehanske lastnosti	Re N/mm ²	Rm N/mm ²	A%	Z%
HKL žica Φ 8 mm surova	380	540	38	38
Hladno valjana žica Φ 6 mm	720	810	12,5	48
Hladno valjana žica Φ 5,8 mm	-	900	2	22
Gašena 700°C	300	580	41	58
Gašena 1000°C	200	520	44	54

Za izvoz v ZDA smo izdelali industrijske količine golih elektrod **MONEL 60** Φ 4 mm (5/32"), Φ 3,2 mm (1/8") in Φ 2,4 mm (3/32"), laboratorijsko pa so na Jesenicah izdelali tudi oplasčene elektrode **MONEL 190** Φ 4 mm (5/32").

Začetno plastično predelavo s hladnim valjanjem surove HKL žice Φ 8 mm brez predhodne toplotne obdelave smo v industrijsko-proizvodnih pogojih uspešno preizkusili še z zlitinama **INCONEL 601** in **INCOLOY 135**

INCONEL 601	s sestavo	0,03% C	0,3% Si
0,5% Mn	23,5% Cr	59,5% Ni	0,25% Ti
1,6% Al	14% Fe		

INCOLOY 135	s sestavo	0,05% C	0,4% Si
2% Mn	29% Cr	36% Ni	3,75% Mo
	1,8% Cu	26% Fe	

7 Zaključek

Razvojne raziskave so izpolnile vsa pričakovanja in v toku projekta je bila kakovost novih proizvodov in tehnologije večkrat potrjena z izvozom na zahtevna zapadna tržišča.