

ANALISIS SAMBUNGAN LAS GTAW COPPER-NICKEL (CuNi) TERHADAP NICKEL-CHROMIUM IRON STEEL (FeCrNi) ALLOYS

GTAW WELDING JOINT ANALYSIS OF COPPER-NICKEL(CuNi) TO NICKEL- CHROMIUM IRON STEEL (FeCrNi) ALLOYS

A. Yudia Bakti¹, Surasno²

¹Balai Besar Logam Mesin, Jl. Sangkuriang No.12 Bandung

²Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Jl. Sangkuriang No.14 Bandung

Email: ¹yudiabakti@yahoo.co.id, ²surasno2005@yahoo.co.id

Diterima: 29 Oktober 2014

Direvisi: 20 November 2014

Disetujui: 23 Desember 2014

ABSTRAK

Sambungan las *dissimilar metal CuNi-FeCrNi Alloys* mempunyai permasalahan pada penetrasi dan sifat mekanis. Telah dilakukan rancangan pengelasan logam paduan *CuNi-FeCrNi* dengan parameter *Heat input* (2145 s.d 4680) J/cm untuk menghasilkan sambungan las yang baik tanpa cacat-cacat las. Hasil pengelasan menunjukkan penetrasi logam las yang baik pada sisi *bevel* dan arah vertikal, struktur makroskopis penampang sambungan las tidak terdapat cacat-cacat las, sifat-sifat mekanis: kekuatan tarik 46,56 kg/mm², keuletan 31,25%, reduksi penampang 33,10%, dan lokasi patah di *fusionline* las CuNi tidak terdapat cacat las. Dari hasil uji bending tidak ditemukan retak. Nilai kekerasan di HAZ CuNi berkisar antara 128,3-137,9 VHN, di logam las (Weld Metal) antara 177-195 VHN, dan di HAZ FeCrNi berkisar antara 195-210 VHN. Hasil sambungan las berupa struktur *dendritic* dengan bentuk butir *epitaxial* di sekitar *fusion line*. Sambungan las CuNi-FeCrNi telah menunjukkan hasil pengelasan GTAW yang baik dan dapat digunakan pada pemakaian sambungan las peralatan penukar panas di industri.

Kata kunci: *copper nickel, nickel-chromium iron steel, dissimilar metal, heat input*

ABSTRACT

The problems of dissimilar metal CuNi-FeCrNi Alloys are penetration and mechanical properties. In order to get a good quality of welding, the welding of CuNi-FeCrNi Alloys has been designed using heat input 2145 to 4680 J/cm. The results are good joint penetration on wide bevel and vertical joints, the structure of welding joint area has no imperfection and mechanical properties of welded metal are better than the base metal. The mechanical properties are tensile strength 46.56 kg/mm², elongation 31.25%, reduction of area 33.10%. Fracture area in fusion line weld of CuNi has no defect. Besides, bending test result has shown no crack. In addition, the hardness values are in the range of 128.3-137.9 VHN on the CuNi HAZ, 177-195 VHN on Weld Metal, and 195-210 VHN on HAZ of FeCrNi. Based on the results above, the welding of CuNi-FeCrNi Alloys could be applied in joining heat exchanger equipment in industries.

Keywords: *copper nickel, nickel-chromium iron steel, dissimilar metal, heat input*

PENDAHULUAN

Penelitian yang dilakukan pada sambungan las *pipe, tube, dan fitting* bahan *CuNi Alloys UNS C71500* [1] pada baja *FeCrNi Alloys* [2] dengan proses las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) ditujukan untuk mendapatkan sifat mekanik (kekuatan tarik, bending, dan kekerasan) dan karakteristik metalografi (struktur makro dan mikro). Hal ini karena pada pengelasan logam *dissimilar metal* masih cenderung timbul cacat

retakan di fusi las dan porositas di deposit las. Sambungan las *dissimilar metal* berkaitan dengan interaksi antara *Weld Metal* (WM) dan *Base Metal* (BM) ketika proses las yang melibatkan pemanasan dan pendinginan dapat mempengaruhi perubahan struktur mikro pada *Heat Affective Zone* (HAZ) dan *Weld Metal*. Sehingga akan terjadi perubahan sifat fisik, sifat mekanik, dan karakteristik struktur mikro [3]. Faktor-faktor kegagalan las pada *dissimilar weld metal* untuk bahan *CuNi Alloys* dan *FeCrNi Alloys* di-

antaranya: kondisi rapuh akibat kandungan timah hitam (Pb) atau Belerang (S), oleh karena itu kadar Pb pada proses sambungan *dissimilar metal* harus serendah mungkin (0,01 %) [4]. Kontaminasi belerang (*Sulfur*) dari pelumas yang melekat pada permukaan logam harus dihindari dengan melakukan pembersihan pada permukaan sambungan las, sedangkan untuk menghindari retakan selama proses pengelasan, kandungan *Phosfor (P)* pada *filler metal* diharapkan lebih rendah dari 0,02% [4]. Masalah pokok pada sambungan las *CuNi Alloys* adalah pengotor yang biasanya akan memberikan reaksi ke logam lasan sehingga memungkinkan terjadinya retakan dan atau porositas. Unsur pengotor pada proses fabrikasi *CuNi Alloys* walaupun sulit dihindari tetapi harus dijaga serendah mungkin, ketika proses dilusi *CuNi Alloys* yang cenderung menyerap gas O₂, H₂ dan N₂. Porositas akan timbul jika gas ini masuk dan terjebak dalam proses pembekuan logam lasan. Akan tetapi hal ini dapat dihindari dengan penggunaan paduan *filler metal* yang ditambahkan bahan deoksidan, seperti Titanium (Ti) dan Mangan (Mn) [4].

Pemilihan *filler metal* untuk proses las GTAW pada sambungan *dissimilar metal* ditentukan oleh kelarutan logam yang dapat dikontrol tanpa terbentuk senyawa intermetalik.

Kesesuaian logam induk perlu diperhatikan untuk menentukan pilihan parameter las yang menghasilkan kelarutan minimum dan sifat-sifat yang diinginkan dari kedua logam yang dilas. Fenomena dilusi pada kedua logam yang disambung harus dijaga. Caranya dengan mengatur stabilitas *heat input* yang optimal sehingga menghasilkan ikatan metalurgi dan penetrasi logam las ke *base metal* secara optimal. Pengaruh pencairan unsur Cr dan Ni yang terjadi di antara *filler* dan *base metal FeCrNi Alloys* perlu diperhatikan dengan cara mengontrol *heat input* dan *shielding gas*.

Kinerja parameter las penentu *heat input* untuk menghasilkan fusi las yang baik (melibatkan fasa cair dan padat) pada sambungan las bahan berbeda, dapat dianalisis secara kuantitatif dengan uji mekanik, misalnya dengan pengujian kekerasan.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian pengelasan *dissimilar metal CuNi Alloys UNS C71500* dan baja karbon *FeCrNi Alloys*, dengan bahan kandungan komposisi kimia sebagaimana pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Baja Karbon *FeCrNi Alloys*

No	Unsur	Hasil Uji	Standar JIS G 4102
1	Karbon (C)	0,13	0,12-0,18
2	Silikon (Si)	0,19	0,15-3,5
3	Mangan (Mn)	--	0,35-0,65
4	Fosfor (P)	0,089	0,030 mak
5	Belerang (S)	0,0047	0,030 mak
6	Nikel (Ni)	3,39	3,0-3,5
7	Khrom (Cr)	2,77	0,7-1,00
8	Besi (Fe)	Sisa	Sisa

Tabel 2. Komposisi Bahan *CuNi Alloys*

Unsur	Hasil Uji	Standar JIS C 7150 P
Timah hitam (Pb)	--	0,05 mak
Besi (Fe)	1,13	0,40 – 1,0
Seng (Zn)	--	0,50 mak
Mangan (Mn)	0,88	0,2 – 1,0
Nikel (Ni)	27,14	29,0 – 33,0
Tembaga (Cu)	Sisa	Sisa

Penelitian sambungan las *dissimilar metal* pada bahan *CuNi Alloys UNS C71500* baja *FeCrNi Alloys* menggunakan proses las GTAW parameter las *Heat Input* sebagaimana pada Tabel 3 [5]. Tujuan penelitian ini adalah mengamati: kedalaman penetrasi, sifat mekanik, karakteristik metalografi pada tepi sambungan las logam *CuNi Alloys*, logam baja *FeCrNi Alloys* dan deposit las (all weld metal). *Design welding single V* dengan melakukan *beveling* pada tepi-tepi logam sudut sisi 30°, mesin las yang digunakan harus dalam keadaan berfungsi baik,

gas *shielding* yang digunakan type gas argon UHP (99,997%), Permukaan logam pelat sambungan yang akan dilas maupun *filler metal* dibersihkan dari kotoran debu atau minyak pelumas supaya tidak terjadi kontaminasi pembentuk porositas.

Untuk mengukur kekuatan sifat mekanik dilakukan pengujian mekanik meliputi: uji tarik, dan uji kekerasan lokasi logam las, logam dilusi, logam HAZ dan bahan induk antara *CuNi Alloys* dan *FeCrNi Alloys*,

Tabel 3. Parameter Las Proses GTAW

Metal	<i>CuNi Alloys</i> dan <i>FeCrNi Alloys</i>
Jenis pengelasan	GTAW
Elektroda	EWTh2
Diameter elektroda	2,4 mm
<i>Filler metal</i>	ER Cu-Ni
Diameter <i>filler</i>	2 mm
Arus pengelasan	<i>Root pass</i> (65-90)A, <i>fillerpass</i> (90-120)A
Tegangan busur	11- 13 Volt
Jenis arus listrik	DC (input)
Polaritas	DCEN/DCSP
Gas pelindung	Argon 99,997% (UHP)
<i>Flow rate gas</i>	12 l/menit
<i>Backing gas</i>	12 l/menit

Uji bending dilakukan untuk mengukur kekuatan dan keuletan sambungan las. Hasil uji bending harus baik, akan tetapi bilamana terjadi retakan tidak boleh melebihi 3,2 mm, persyaratan ASME Sec IX [6].

Pengujian metalografi, struktur struktur makro untuk mengamati kedalaman penetrasi kearah vertikal dan ke samping serta kemulusan sambungan las, dengan persyaratan tidak boleh ada cacat akibat las, pengamatan mikrostruktur untuk mengetahui fasa yang terjadi pada *base metal*, HAZ dan *weld metal*.

Sedangkan parameter *Heat Input*, HI dihitung berdasarkan [6]:

$$HI = \frac{I.V.60}{v} \text{ (J/cm)} \dots (1)$$

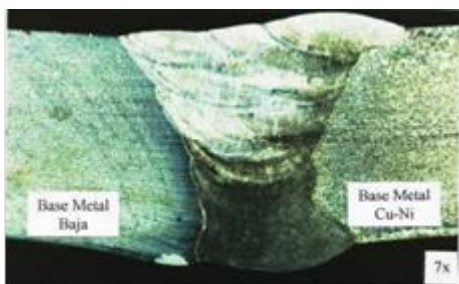
dimana V=tegangan, arus *I*, kecepatan las, *v* berkisar antara 15 s.d 18 cm/min untuk sisi akar las, dan kecepatan las 18 s.d 20 untuk *filler pass* dan *cupping pass*. Berdasarkan rumus (1)

perhitungan tersebut nilai HI adalah 2145 s.d 4680 J/cm.

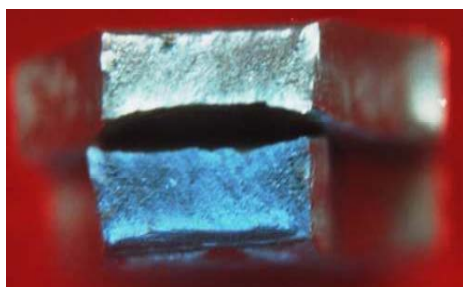
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji komposisi kimia bahan dengan *metode Spectrometri* pada *CuNi Alloys* terdapat perbedaan nilai prosentasi komposisi dibandingkan terhadap standar (JIS C7150), unsur besi (Fe) lebih tinggi 1,13% dan Nickel lebih rendah 27,14%. Unsur-unsur pokok tembaga (Cu) dan nickel (Ni) sesuai standar. Dan unsur tambahan besi (Fe) dan mangan (Mn) mendekati standar. Sedangkan hasil uji komposisi kimia pada baja *FeCrNi Alloys* dengan metode spektrometri sesuai dengan JIS G 4102 (Tabel 1), komposisi unsur 3,39% Ni akan memberikan pengaruh sifat keuletan dan ketangguhan bahan meningkat, sedangkan unsur 2,77% Cr akan memberikan nilai kekerasan tinggi.

Hasil pemeriksaan visual pada sambungan las sisi muka maupun sisi akar las, *ripple* las sepanjang sambungan las rata tidak terdapat cacat-cacat las: porositas, *under cut*, *slag*, dan *lack of penetration*. Hasil uji makroskopik bentuk penampang bidang permukaan sambungan las baik, tidak terdapat cacat-cacat: *lack of fusion*, *lack of penetration*, *slag*, porositas, maupun *undercut*. Hasil las yang baik (Gambar 1) ditunjukkan dengan penetrasi pada akar las baik, dilusi yang baik, dan perpaduan seragam dari kedua bahan yang disambung oleh *filler metal*.



Gambar 1. Struktur Makro Sambungan Las



Gambar 2. Penampang Patahan *ductile* Hasil Uji Tarik

Hasil uji tarik pada sambungan las *Weld Metal* = 46,56 kg/mm² lebih tinggi dari pada kekuatan tarik logam paduan *CuNi Alloys* (40 kg/mm²) akan tetapi lebih rendah dari pada logam baja *FeCrNi Alloys* 60 kg/mm². Lokasi patah terjadi di sambungan las dengan nilai elongasi 31,25% dan reduksi penampang 33,10% yang menunjukkan sifat *ductile* (Gambar 2). Permukaan bidang patahan mengecil dan miring akibat beban tarik dan geser, patahan membentuk sudut 45°, di daerah garis fusi (*fusion line*) antara logam las dan bagian logam paduan tembaga *CuNi Alloys*. Hasil pengelasan dikategorikan baik karena putus diluar logam las dan nilai kuat tariknya 46,56 kg/mm² lebih tinggi dari pada base metal *CuNi Alloys*.

Tabel 4. Hasil Uji Tarik Sambungan Las

Lebar x tebal, mm	19,3x7,9
Luas penampang, mm ²	152,47
Panjang ukur, mm	32
Beban uji, kg	7100
Panjang setelah patah, mm	42
Lebar x tebal setelah patah, mm	17x7
Luas setelah patah, mm ²	119
Kekuatan tarik <i>CuNi Alloys</i> ^{*)} , kg/mm ²	40
Kekuatan tarik <i>FeCrNi Alloys</i> ^{*)} , kg/mm ²	62
Kekuatan tarik sambungan las, kg/mm ²	46,56
Lokasi patah	<i>Weldment</i>
Reduksi penampang, %	33,10
Perpanjangan, %	31,25

^{*)} Standar spesifikasi material

Pengujian bending dilakukan pada *specimen* uji bending hingga membentuk huruf U [6]. Ketika sambungan las ini dibengkokkan, maka terjadi perubahan bentuk akibat tegangan tarik dan tegangan tekanan sedangkan pada sumbu material bersifat netral. Bagian rapuh akan retak sedangkan bagian ulet tidak akan retak. Hasil uji bending tidak terjadi retakan, menunjukkan bahwa logam las tersambung sempurna tidak ada inklusi pada HAZ maupun *weld metal* yang dapat memicu timbulnya retakan, sehingga sifat rapuh dan ulet tidak berpengaruh terhadap gaya tarik maupun gaya tekan (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil Uji Bending

Panjang spesimen	22,5 mm
Lebar spesimen	3,5 mm
Luas bidang spesimen	78,75 mm ²
Beban uji maksimum	2.671 kg
Tegangan bending	33,9 kg/mm ²
Hasil uji	Tidak terjadi retakan

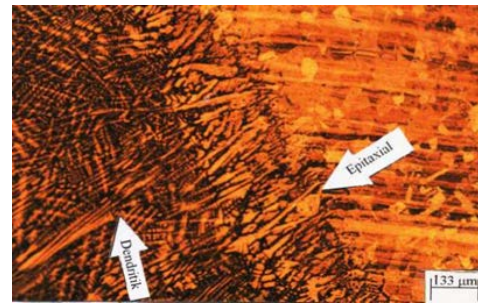
Nilai kekerasan baja *FeCrNi Alloys* di *Base Metal (BM Ni-Cr)* 204 s.d 266 VHN lebih tinggi daripada logam las *Weld Metal ER Cu-Ni* 177 s.d 195 VHN dan *CuNi Alloys* di *Base Metal (BM Cu-Ni)* 148 s.d 156 VHN, perbedaan hasil uji kekerasan dari masing-masing lokasi ditunjukkan pada Tabel 5. Pada paduan baja *FeCrNi Alloys* terjadi mekanisme penguatan akibat fasa kedua *pearlite (alpha+Fe₃C)* selain

itu ada unsur *Chrom (Cr)*, semakin tinggi kandungan yang terdapat pada bahan ini maka bahan ini akan semakin keras. Sedangkan pada bahan *CuNi Alloys* tidak terjadi mekanisme seperti itu. Pada bahan *CuNi Alloys* hanya terjadi mekanisme penguatan larut padat substitusi. Daerah HAZ di bahan *CuNi Alloys* ini menunjukkan nilai kekerasan yang lebih rendah dari pada logam dasarnya. HAZ nya hanya mengalami pertumbuhan butir yang diikuti oleh proses pendinginan relatif rendah (lambat), sedangkan daerah logam las adalah daerah *melting* mengalami pendinginan relatif cepat sehingga terjadi pengerasan biasanya strukturnya *dendritic*. Dan pada *weld metal* terjadi pelarutan unsur-unsur dari bahan *CuNi Alloys*, baja *FeCrNi Alloys* dan unsur *filler metal*.

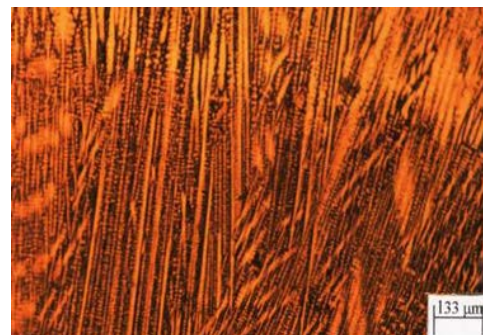
Tabel 6. Hasil Uji Kekerasan

BM FeCrNi (VHN)	HAZ FeCrNi (VHN)	WM ER CuNi (VHN)	HAZ CuNi (VHN)	BM Cu-Ni (VHN)
254	220	195	128,3	152,4
266	220	177	128,3	152,4
237	220	191	128,3	148,6
232	233	179	131,4	148,6
248	233	179	134,6	156,4
237	230	179	134,6	156,4
237	230	182	137,9	156,4
220	210	182	137,9	154,8
220	210	182	137,9	154,8
207	213	182	137,9	154,8
204	213	182	137,9	148,6

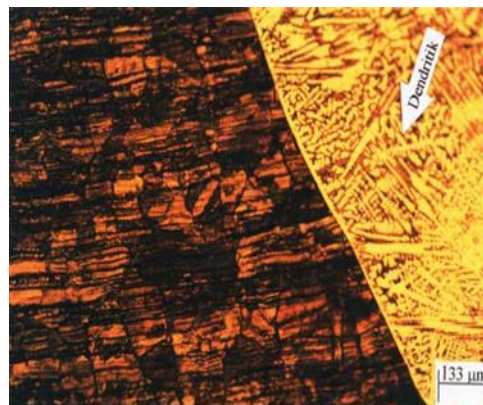
Hasil pengamatan mikroskopis pada daerah logam las struktur yang terbentuk adalah *dendritic* atau struktur pohon terjadi sel satuan unit *FCC* (Face Centre Cubic) disebabkan oleh proses pendinginan cepat akan terbentuk segregasi penyebab ketidak homogenan struktur. Pada daerah *fusion line* struktur yang terbentuk adalah *dendritic dan epitaxial*. Struktur *epitaxial* terbentuk karena adanya kontak dengan tempat yang mempunyai komposisi bahan yang sama. Laju pertumbuhan struktur lebih cepat dari pada laju pengintian oleh proses pendinginan cepat dari perubahan temperatur tinggi ke rendah. Pada daerah *fusion line* baja *FeCrNi Alloys* struktur mikro yang terbentuk adalah *dendritic*, dan fasa HAZnya *ferrite dan pearlite*.



Gambar 3. Lokasi *Fusion Line CuNi Alloys* dan Logam Las



Gambar 4. Struktur Mikro *Weldment*



Gambar 5. Lokasi *Fusion Line Baja FeCrNi Alloy*

KESIMPULAN

Sambungan las *dissimilar metal CuNi-FeCrNi Alloys* dapat dilakukan dengan menggunakan metoda GTAW. Hasil pengelasan menunjukkan penetrasi weld metal yang baik pada sisi *bevel* dan arah *vertical*. Struktur makroskopis penampang sambungan las tidak terdapat cacat-cacat las. Pengujian kekuatan tarik menghasilkan patah pada *weld metal* di daerah *fusion line CuNi* dan merupakan patahan *ductile*.

Kekuatan tarik 46,56 kg/mm², keuletan 31,25%, reduksi penampang 33,10%. Hasil uji bending menunjukkan tidak terdapat retak. Nilai kekerasan: di HAZ CuNi antara 128,3-137,9 VHN, di *Weld Metal* antara 177-195 VHN, dan di HAZ FeCrNi antara 195-210 VHN. Nilai kekerasan tertinggi ada pada *base metal* FeCrNi dan nilai kekerasan terendah pada daerah HAZ CuNi. Struktur *dendritic* dengan bentuk butir epitaksial terbentuk pada *weld metal* dan daerah *fusion line*. Sedangkan pada *fusionline* FeCrNi adalah *dendritic* dengan fasa kearah *base metal* berupa ferit dan perlit. Sambungan las CuNi-FeCrNi Alloys telah menunjukkan hasil yang baik dan dapat digunakan pada pemakaian sambungan las peralatan penukar panas di Industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] JIS Handbook, 1995, *Non-Ferrous Metals and Metallurgy*, Japanese Standards Association.
- [2] JIS Handbook, 1995, *Ferrous Metal and Metallurgy*, Japanese Standards Association.
- [3] Wiryosumarto, Harsono dan Okumura, Tohsie, 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT Pradnya Paramita, Jakarta. Hal. 29-33.
- [4] Deoxidized Copper Alloys No. 189 Description 03 Agustus 2007 p. 1., <http://www.weldcotemetals.com>, diakses Desember 2014
- [5] Standar Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products, 2010, *American Society for Testing Metals*, an American National Standard P 5, 6, 41, 48, 49.
- [6] ASME SEC IX, 2013, *Welding, Brazing, and Fusing Qualification*, Boiler and Pressure Vessel Code. P 90.
- [7] Welding Handbook, 2007, *Welding Processes*, part 2, 9th Edition, Volume 3, American Welding Society, USA.
- [8] Welding Handbook, 2003, *Metals and Application*, part 3, 9th Edition, Volume 1, American Welding Society. USA.
- [9] J.R. Davis, Davis & Associates, *Hardfacing, weld Cladding, and Dissimilar Metal Joinning, Brazing and Soldering*, ASM International Handbook Committee, Volume 6, sixth printing, USA, P 822-828.
- [10] Grantken Hicken, 2003, Sandia National Laboratory, *Gas Tungsten Arc Welding, Brazing and Soldering*, ASM International Handbook Committee, Volume 6, sixth printing, USA. P190-194.