



ID0200117

TRANSFORMASI FASE DAN KEKERASAN PADUAN BAJA SS 316 L HASIL PELEBURAN DAN PERLAKUAN PANAS PADA TEMPERATUR TINGGI

Saeful Hidayat dan Djoko Hadi Prajitno
P3TKN-BATAN

ABSTRAK

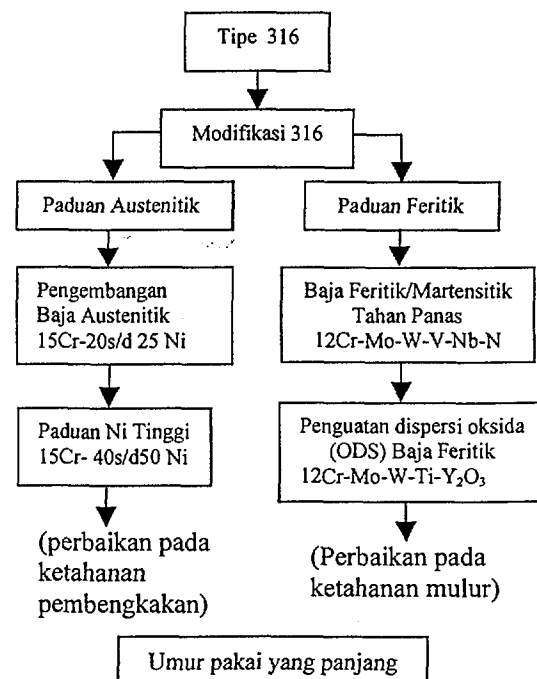
TRANSFORMASI FASE DAN KEKERASAN PADUAN BAJA SS 316 L HASIL PELEBURAN DAN PERLAKUAN PANAS PADA TEMPERATUR TINGGI. Telah dilakukan penelitian perlakuan panas pada temperatur tinggi paduan baja tahan karat SS 316 L hasil pengecoran. Paduan baja tahan karat SS 316 L dilebur dengan tungku busur listrik dalam atmosfer argon. Laku panas paduan hasil peleburan tersebut dilakukan dalam tungku tabung pada temperatur 1400°C dengan waktu 1/2, 1, dan 2 jam. Dari hasil pengamatan dengan mikroskop optik tersebut menunjukkan bahwa struktur mikro paduan baja tahan karat SS 316 L hasil pengecoran mempunyai struktur dendrit dengan fase utama ferit. Proses perlakuan panas baja tahan karat SS 316 L hasil pengecoran untuk waktu yang lebih lama akan menurunkan jumlah fase ferit diikuti dengan naiknya fase austenit. Proses perlakuan panas juga akan mendorong pembentukan batas butir fase austenit. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa waktu perlakuan panas yang lebih lama akan menaikkan harga kekerasan paduan baja tahan karat SS 316 L.

ABSTRACT

PHASE TRANSFORMATION AND HARDNESS OF SS 316 L STEEL CAST ALLOY AFTER HEAT TREATMENT AT HIGH TEMPERATURE. Heat treatment study of SS 316 L cast alloy at high temperature was conducted. The alloy of SS 316 L was melted by arc melting furnace in argon atmosphere. Heat treatment of SS 316 L casting alloy was carried out in tube furnace at 1400°C for period of 1/2, 1 and 2 hours. The optical microscopic characterization showed that SS 316 L cast has got dendritic micro structure with ferrite as the primary phase. After the heat treatment, the ferrite phase underwent gradual decrease followed by an increase of the austenite phase. The heat treatment process also resulted in the formation of the new grain boundary. The hardness examination revealed that for longer period of the heat treatment, the hardness of SS 316 L increased.

PENDAHULUAN

Baja tahan karat Austenit 316 L banyak digunakan dalam industri nuklir karena baja tersebut mempunyai sifat mekanik yang baik pada temperatur tinggi, mudah difabrikasi dan mempunyai ketahanan korosi yang baik [1,2]. Salah satu penggunaan baja tahan karat austenit 316 L adalah untuk pipa kelongsong bahan bakar reaktor pembiak cepat. Dalam pemakaiannya kelongsong tersebut akan mengalami tekanan dari dalam yang disebabkan oleh produk fisi dan mengalami iradiasi oleh neutron cepat. Kerugiannya baja tahan karat Austenit 316 L tersebut tidak tahan terhadap pengembangan gas walaupun mempunyai ketahanan mulur yang tinggi pada temperatur tinggi. Dilain pihak baja tahan karat feritik mempunyai ketahanan terhadap pengembangan gas yang tinggi tetapi mempunyai ketahanan mulur yang rendah. Untuk menaikkan ketahanan baja tahan karat Austenit 316 L terhadap pengembangan gas dan mulur pada temperatur tinggi maka baja tersebut perlu dimodifikasi. Pada Gambar 1 diperlihatkan diagram alir pengembangan baja tahan karat [3,4].



Gambar 1. Diagram alir pengembangan baja tahan karat

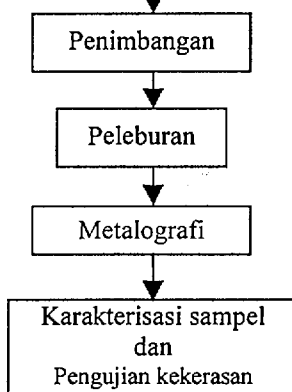
Pada makalah ini akan dibahas korelasi perubahan struktur mikro dan

kekerasan baja tahan karat austenit SS 316 L hasil peleburan logam sebelum dan setelah baja tersebut mengalami perlakuan panas pada temperatur tinggi. Penelitian ini merupakan tahap awal penelitian pengembangan baja tahan karat austenit SS 316 L, pada penelitian lanjutan akan diteliti modifikasi baja tahan karat austenit SS 316 L dengan menambahkan unsur padamu. Dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh proses pembuatan (peleburan, pemaduan dan perlakuan panas) pada karakter paduan.

PERCOBAAN/METODA KERJA

SS 316 L ditimbang sesuai dengan keperluan, kemudian dilebur dalam tungku busur listrik. Proses peleburan dilakukan dalam krusibel tembaga yang berpendingin air dalam lingkungan atmosfer argon. Diagram alir percobaan dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil peleburan berupa ingot kancing dengan dipotong menggunakan high speed diamond cutting machine merk Struers. Potongan yang lain dimetalografi untuk memperoleh citra struktur mikro. Pemeriksaan struktur-mikro dilakukan setelah paduan logam SS 316L dietsa dengan larutan kimia Vilella's. Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat uji kekerasan mikro Vicker Hardness dengan beban sebesar 300 gram. Pengujian kekerasan dilakukan dengan waktu indentasi selama 10 detik.

Batang SS 316 L



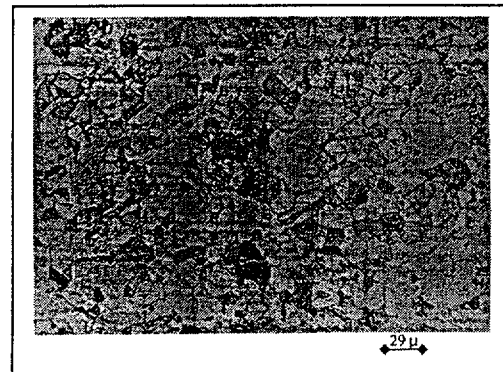
Gambar 2. Diagram alir percobaan

HASIL

1. Struktur mikro

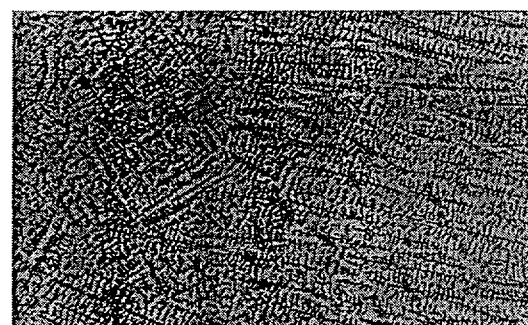
Struktur mikro paduan SS 316 L dalam bentuk batang hasil metalografi ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar

tersebut diperlihatkan bahwa paduan SS 316 L mempunyai struktur mikro butir sama sumbu (*equaxed*). Pada gambar tersebut juga diperlihatkan bahwa daerah tertentu terdapat bidang kembar.

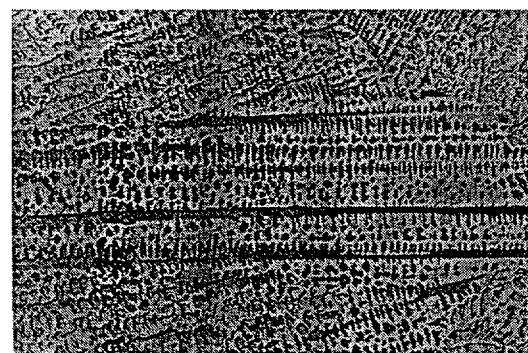


Gambar 3. Mikro struktur paduan SS 316L

Struktur mikro paduan SS 316 L hasil pembekuan paduan logam hasil pengecoran ditunjukkan pada Gambar 4(a) dan (b). Pada Gambar 4 diperlihatkan bahwa struktur mikro hasil pembekuan mempunyai struktur utama dendrit yang mempunyai fase ferit berwarna gelap. Sedangkan fase austenit berada di antara sel-sel dendrit yang mempunyai warna terang. Lengan utama dendrit tersebut tumbuh ke arah memanjang dengan ranting yang tumbuh ke arah

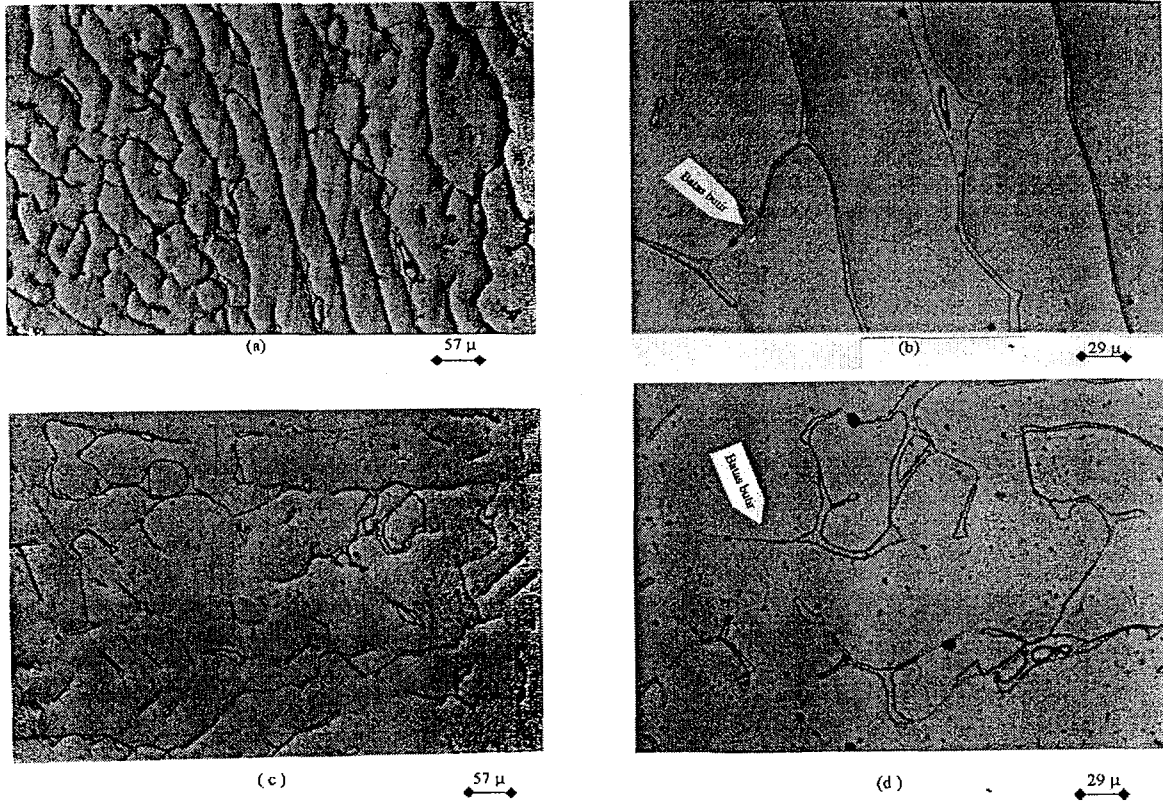


(a)



(b)

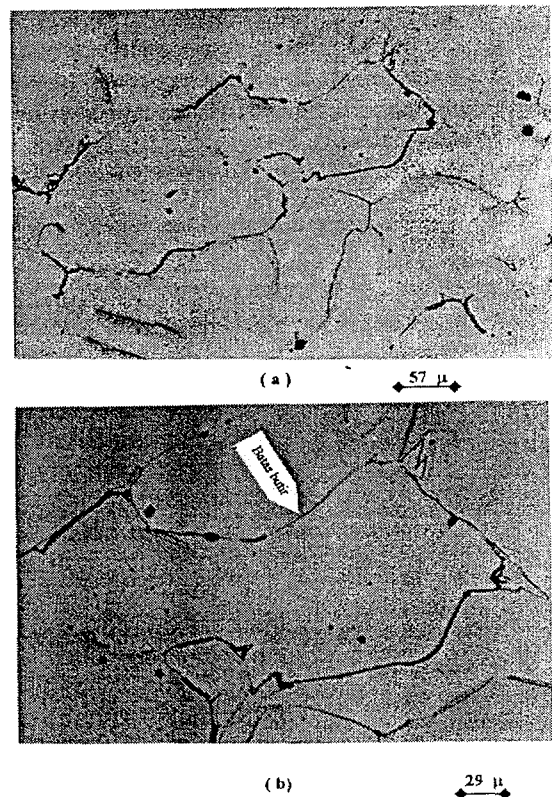
Gambar 4. (a) dan (b) Paduan SS 316 L hasil peleburan



Gambar 5. Struktur mikro Paduan SS 316 L Hasil Perlakuan Panas, (a) dan (b) perlakuan panas 1/2 jam (c) dan (d) 1 jam

samping kiri dan kanannya. Lengan-lengan utama tersebut tumbuh pada arah tertentu dan akan saling berpotongan bila bertemu dengan lengan utama yang lain seperti diperlihatkan pada Gambar 4 (a).

Struktur mikro paduan SS 316 L hasil peleburan dan perlakuan panas selama 1/2 jam ditunjukkan pada Gambar 5 (a) dan (b) dan Gambar 5 (c), 5 (d), serta Gambar 6 (a) dan 6 (b) untuk perlakuan panas selama 1 jam dan 2 jam. Perlakuan panas selama 1 jam mempunyai stuktur mikro yang relatif sama dengan yang 2 jam, hanya pada perlakuan panas 2 jam pemutusan rantai dendritik lebih banyak. Pada Gambar 5 (a) terlihat bahwa terjadi pemutusan rangkaian ikatan pada fase ferit (warna gelap) dan makin membesarnya fase austenit (warna terang). Pada waktu perlakuan panas selama 1/2 jam juga akan memunculkan batas butir fase austenit seperti diperlihatkan pada Gambar 5 (b). Pada waktu perlakuan panas selama 1 jam dan 2 jam akan semakin jelas pemutusan rangkaian ikatan fase ferit sehingga menurunkan interkoneksi fase ferit (warna gelap) dan menaikkan jumlah fase austenit (warna terang) seperti ditunjukkan



Gambar 6. Struktur mikro Paduan SS 316 L Hasil Perlakuan Panas 2 jam

pada Gambar 5 (c) dan 5 (d). Perlakuan panas tersebut juga akan mendorong terbentuknya batas butir fase austenit pada daerah fase ferit yang menghilang seperti diperlihatkan pada Gambar 6 (a) dan 6 (b) dengan pembesaran gambar yang berbeda.

2. Uji Kekerasan

Perubahan kekerasan dalam paduan SS 316 L setelah dilebur dan perlakuan panas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kekerasan Paduan SS 316 L

No.	Sampel	Kekerasan (HV)
1	SS316 L	209
2	SS 316 L hasil peleburan	173
3	SS 316 L hasil perlakuan panas	
	0,5 jam	154
	1 jam	168
	2 jam	185

Logam paduan baja tahan karat 316 L dalam bentuk batang mempunyai kekerasan rata-rata sebesar 209 HV. Sedangkan kekerasan rata-rata setelah peleburan baja tahan karat 316 L sebesar 173 HV (Hard Vickers). Sedangkan setelah leburan baja tahan karat 316 L mengalami perlakuan panas selama 1/2 jam, 1 jam dan 2 jam terjadi kenaikan harga kekerasan rata-ratanya seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

PEMBAHASAN

Pembekuan paduan logam SS 316 L hasil pengecoran dihasilkan bentuk struktur mikro dendrit dengan fase utama ferit dengan fase austenit diantara fase ferit seperti ditunjukkan pada Gambar 4 (a) dan (b). Sehingga dapat disimpulkan bahwa tipe pembekuan paduan baja tersebut adalah ferit austenit karena baja tersebut mempunyai harga Cr_{eq}/Ni_{eq} yang tinggi [5]. Pembekuan paduan logam dikontrol oleh laju aliran panas di daerah antarmuka padatan (cetakan)-cairan. Temperatur antarmuka padatan-cairan cukup tinggi karena pada antarmuka tersebut terjadi pelepasan panas peleburan. Pada saat ini tumbuh ke dalam cairan pada permukaan cetakan logam cairan mengalami pendinginan yang berlebihan sehingga antar-muka tidak stabil dan akan tumbuh tonjolan sebagai lengan utama dendrit dengan arah ke dalam cairan. Lengan utama dendrit tersebut tumbuh pada daerah

dinding cetakan yang lain sehingga lengan tersebut akan bertabrakan dan akan menghentikan pertumbuhan lengan utama dendrit seperti diperlihatkan pada Gambar 4 (a).

Proses perlakuan panas pada temperatur 1400°C pada tahap awal akan memutuskan rantai dendrit dari fase ferit sebagai akibatnya interkoneksi fase ferit menjadi terputus seperti diperlihatkan pada Gambar 5 (a) Pemutusan interkoneksi fase ferit semakin besar untuk waktu pemanasan yang lama hal ini terjadi setelah waktu pemanasan yang agak lama fase ferit tersebut akan larut dalam fase austenit sebagai akibatnya terjadi penurunan jumlah fase ferit atau dengan kata lain terjadi kenaikan jumlah fase austenit.

Pada proses perlakuan panas pada temperatur 1400°C dengan waktu yang lebih lama juga akan mendorong terbentuknya batas butir fase austenit pada daerah fase ferit yang telah menghilang seperti diperlihatkan pada Gambar 5 (d). Hal ini menunjukkan bahwa pada proses laku panas yang lebih lama terjadi homogenisasi paduan baja SS 316 L melalui pelarutan fase ferit ke dalam fase austenit dengan ditandai munculnya batas butir fase austenit pada daerah fase ferit.

Seperti diperlihatkan pada Tabel 1 bahwa paduan SS 316 L hasil peleburan mempunyai kekerasan mikro lebih tinggi bila dibandingkan harga kekerasan mikro hasil perlakuan panas untuk waktu setengah jam. Hal ini disebabkan bahwa paduan hasil peleburan mempunyai segregasi makro yang cukup tinggi sehingga menyebabkan kekerasannya juga tinggi. Untuk waktu perlakuan panas yang lebih lama akan terjadi kenaikan harga kekerasan mikronya bila dibandingkan dengan perlakuan panas selama setengah jam. Hal ini disebabkan oleh terjadinya recoveri fasa austenit yang ditandai perubahan mikrostrukturnya yaitu dengan terbentuknya fasa austenit yang lebih banyak dan terjadi pengurangan jumlah fase ferit dengan cara pemutusan rantai fase ferit. Sehingga harga kekerasan paduan hasil perlakuan panas yang lebih lama akan mendekati harga kekerasan awal paduan tersebut.

KESIMPULAN

Dari data hasil percobaan dan pembahasan yang telah dilakukan maka

dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Dari hasil pengamatan dengan mikroskop optik tersebut menunjukkan bahwa mikro struktur paduan baja tahan karat SS 316 L hasil pengecoran mempunyai struktur dendrit dengan fase utama ferit.
2. Hasil perlakuan panas paduan baja tahan karat SS 316 L pada temperatur 1400°C hasil pengecoran akan menurunkan jumlah fase ferit yang diikuti dengan naiknya jumlah fase austenit.
3. Perlakuan panas paduan baja tahan karat SS 316 L hasil pengecoran juga akan mendorong pembentukan batas butir fase austenit.
4. Hasil pengujian kekerasan menunjukan bahwa waktu perlakuan panas yang lebih lama akan menaikkan harga kekerasan mikro paduan baja tahan karat SS 316 L.
5. Naiknya harga kekerasan mikro disebabkan oleh terjadinya recoveri fasa austenit

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. SHAIKH, H., VINOY, T.V., and KHATAK, H.S., *Materials Science and Technology*, **14** (1998) 129.
- [2]. MIMURA, H., dkk, *Welding Journal*, (Agustus 1998) 350.
- [3]. FUJIWARA, M. and SAWARAGI, Y., *Research and Development of FBR Fuel Cladding Tubes*, *Proceeding of the Fourth International Symposium*. (1983)
- [4]. THEWLIS, G., WHITEMAN, J.A., and SENOGLES, D.J., *Materials Science and Technology*, **13** (1997) 257.

- [5]. SHANKAR, V. dkk. , *Welding Journal*, (1988) 193.

Tanya Jawab

Herliyani Suharta

- Pada temperatur operasi berapa material yang bapak teliti akan digunakan?

Saeful Hidayat

- Pada temperatur $\leq 350^{\circ}\text{C}$ sesuai temperatur reaktor FBR.

Suwoto

- Apakah perlakuan panas yang lebih lama dari yang anda lakukan akan menaikkan harga kekerasan paduan baja tersebut? Mohon penjelasan apa pernah mengetahui (dari referensi lain) ada yang pernah melakukan perlakuan panas lebih lama?

Saeful Hidayat

- Pemanasan yang lebih lama diduga akan menaikkan harga kekerasan, karena fase ferit yang ada akan berkurang dan menghilang. Tapi korelasi antara naiknya kekerasan dan makin lamanya pemanasan dari literatur belum saya dapatkan.

Sumijanto

- Apakah sampel SS 316L diambil dari pabrikan, dan apakah dilakukan analisis komposisi SS 316L dan apakah digunakan material standar dalam melakukan analisis komposisi?

Saeful Hidayat

- Sampel batang SS 316L telah dianalisis menggunakan spektroanalisis dengan standar bahan yang mempunyai sertifikat