

PENGARUH TEMPERATUR PROSES BRASING VAKUM TERHADAP PERUBAHAN UKURAN BUTIR BAJA KARBON RENDAH

Falconi M. Sutarto

Pusat Elemen Bakar Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK.

PENGARUH TEMPERATUR PROSES *BRASING* VAKUM TERHADAP PERUBAHAN UKURAN BUTIR BAJA KARBON RENDAH. Mikrostruktur hasil sambungan yang dilakukan dengan metoda *brasing* Vakum, dipengaruhi oleh parameter temperatur. Untuk mempelajari fenomena tersebut, telah dilakukan penelitian terhadap sambungan Baja Karbon Rendah sebagai logam induk dan senyawa tipe BNi₂ sebagai logam pengisi. Temperatur *brasing* Vakum yang digunakan adalah 1015°C, 1055°C, dan 1095°C. Dari hasil penelitian terlihat bahwa perubahan ukuran butir terutama terjadi di daerah dekat logam pengisi, dan keadaan tersebut meningkat dengan meningkatnya temperatur proses. Dan diketahui bahwa pemilihan temperatur proses yang terbaik ditinjau dari mikrostruktur logam induknya adalah 1015°C.

ABSTRACT

Microstructure of joint product which is done by Vacuum Brazing method is altered by varying temperature. To study this phenomenon, we have investigated the joint of Low Carbon Steel as base metal and alloy type BNi₂ as filler metal. The temperature of Vacuum Brazing are 1015°C, 1055°C, and 1095°C. According to the result of the experimental, we can see the change of the grain size, especially the area which is near the filler metal, and this condition will be bigger directly with increasing the temperature process. From the result data, we can conclude that the suitable temperature of Vacuum Brazing is 1015°C.

PENDAHULUAN

Proses penyambungan logam adalah suatu kegiatan yang penting, karena banyak komponen yang harus disatukan untuk memenuhi fungsinya dalam aplikasi. Sebagai contoh penggunaan proses penyambungan dalam industri nuklir, adalah proses pengemasan bahan bakar ke dalam suatu bundle. Metoda penyambungan yang digunakan adalah proses *brasing* Vakum.

Pada umumnya ada dua teknik penyambungan, yaitu penyambungan permanen dan penyambungan tidak permanen. Sedangkan contoh teknik penyambungan permanen adalah dengan proses *brasing*.

Keuntungan dari proses *brasing* ini antara lain adalah: pengerjaannya mudah, cepat, tanpa proses lanjutan (penyelesaian), dapat dilakukan secara massal, serta dapat digunakan untuk menyambung dua jenis logam yang berbeda [1]. Hasilnya cukup kuat dan ulet, serta memiliki ketahanan korosi yang cukup baik [2].

Proses *brasing* Vakum sebagai salah satu jenis proses *brasing*, mampu menciptakan suatu lingkungan atmosfer yang terkontrol, sehingga diperoleh produk dengan sifat sambungan yang lebih tinggi mutunya dibanding proses *brasing* lainnya [1]. Akan tetapi kerugian dari proses ini adalah adanya pengaruh proses pemanasan dalam dapur terhadap sifat mekanis dari logam induknya. Un-

tuk logam induk baja, umumnya akan terjadi penurunan kekuatan akibat pemanasan tersebut.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh temperatur proses *brasing* Vakum terhadap perubahan ukuran butir logam induk Baja Karbon Rendah, dalam variasi pemanasan T₁ = 1015°C, T₂ = 1055°C, dan T₃ = 1095°C.

Pengamatan dilakukan dengan metoda metalografi mikroskop optik, karena lebih mudah, sederhana dalam persiapan logam uji, dan hasil analisisnya dapat dipertanggungjawabkan.

TEORI

Proses *brasing* adalah suatu proses penyambungan logam dengan cara memanaskan logam induk dan logam pengisi sampai temperatur yang sesuai, yaitu dibawah temperatur solidus logam induk dan di atas temperatur liquidus logam pengisinya. Proses ini dilakukan untuk sambungan dengan logam pengisi yang memiliki temperatur liquidus di atas 8400° F (4500° C).

Selama proses pemanasan berlangsung, logam pengisi akan terdistribusi di antara celah permukaan sambungan yang sempit berdasarkan aksi kapiler. Akibatnya, setelah proses pendinginan akan terbentuk ikatan antara logam induk dan logam pengisi yang telah beku. Dengan temperatur

proses yang cukup tinggi akan terjadi antaraksi antara logam pengisi dan logam induk.

Dalam proses *brasing*, akan timbul interaksi antara logam pengisi dan logam induk, yang secara teoritis meliputi :

1. Pembentukan paduan logam pengisi dan logam induk.
2. Proses difusi logam pengisi ke logam induk, dan sebaliknya.
3. Penetrasi logam pengisi sepanjang butir.
4. Pembentukan senyawa intermetalik.

Interaksi di atas dipengaruhi oleh temperatur dan waktu tahan dari proses. Kondisi interaksi akan mempengaruhi struktur logam induk, dan untuk meramalkannya dapat dilakukan pendekatan melalui data-data difusi maupun diagram fasa.

Interaksi antara logam pengisi dan logam induk diharapkan tidak terlalu berlebihan, terutama jika material yang akan disambung sangat tipis, seperti konstruksi *honeycombe*. Untuk menghindari interaksi yang berlebihan tersebut, maka langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah [2]:

1. Pemilihan logam pengisi yang sesuai.
2. Mengontrol temperatur proses yang serendah mungkin, sesuai dengan persyaratan yang di kan.
3. Menjaga waktu tahan pada temperatur proses yang rendah secepat mungkin, tanpa mengakibatkan retak ataupun distorsi.

Penampilan Logam Induk Dalam Dapur Pada Temperatur Tinggi:

Pada proses *brasing* Vakum, logam induk Baja Karbon akan mengalami pelunakan akibat temperatur dan waktu proses yang terlalu berlebihan pada kondisi proses anil (Full- Annealing) [3].

Proses anil adalah proses pemanasan baja pada temperatur austenitisasi (salah satu daerah pada diagram fasa Fe-Fe₃C [6]). Dari diagram fasa tersebut ditunjukkan bahwa akibat temperatur austenitisasi dan pendinginan dalam dapur hingga temperatur kamar, diperoleh fasa ferit dan perlit [4]. Semakin tinggi temperatur austenitisasinya, maka butir ferit dan perlit yang terbentuk juga semakin besar. Sesuai dengan persamaan Hall-Petch [3], maka semakin besar diameter butir kekuatan mekanis material akan menurun.

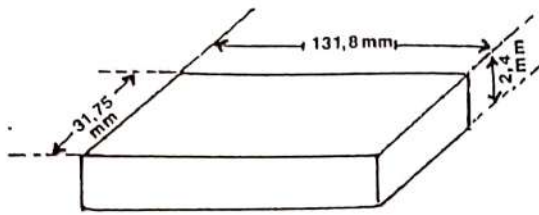
Logam pengisi merupakan material yang masuk ke struktur sambungan dan berikatan dengan logam induk. Temperatur *liquidus* logam pengisi tersebut harus lebih rendah dari logam induk. Klasifikasi logam pengisi berdasar komposisi kimianya terdiri atas 8 kelompok. Secara umum, penggunaan dari setiap jenis logam pengisi tersebut adalah [2] :

1. Klasifikasi BA1Si untuk menyambung aluminium dan paduan aluminium tertentu seperti A1 1060, 5050, 7005.
2. Klasifikasi BCuP untuk menyambung tembaga dan paduan tembaga tertentu.
3. Klasifikasi BAg untuk menyambung logam-logam ferrous, non-ferrous kecuali Al dan Mg.
4. Klasifikasi BAu untuk menyambung besi, nikel, kobalt, yang membutuhkan ketahanan korosi baik.
5. Klasifikasi BCu untuk menyambung berbagai logam ferrous dan non-ferrous.
6. Klasifikasi BMg untuk menyambung logam Mg tertentu.
7. Klasifikasi BNi untuk menyambung logam induk nikel, kobalt, dan beberapa jenis baja seperti seri SS AISI 300, AISI 400, baja karbon, dan baja paduan.
8. Klasifikasi BCo pada temperatur tinggi pada logam induk kobalt untuk tujuan sifat yang baik.

Salah satu jenis logam pengisi yang termasuk dalam klasifikasi BNi adalah BNi2. Paduan ini digunakan untuk sambungan dengan kekuatan dan ketahanan panas yang tinggi, antara lain untuk menyambung bagian-bagian mesin jet atau komponen-komponen lain yang mengalami tegangan besar. Sifat penting dari paduan ini adalah kemampuannya alir baik serta difusinya tinggi. Temperatur dan waktu proses memiliki pengaruh yang cukup penting pada interaksi antara logam induk dan logam pengisi. Karena interaksi tersebut mencakup proses difusi, maka dapat diterangkan melalui teori difusi (hukum Ficks).

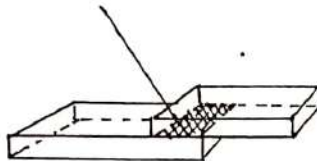
BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan yang digunakan ialah logam induk baja karbon rendah, dengan komposisi kimia sebagai berikut: C = 0,01097 %, Si = 0,02213 %, Mn = 0,33520 %, P = 0,00975 %, dan S = 0,01124 %. Adapun temperatur solidusnya 1500°C. Sebagai logam pengisi digunakan paduan dasar nikel AMS 4777B (AWS BNi2), dengan komposisi kimia sebagai berikut: Ni = 82%, Si = 4,5%, Cr = 7%, dan B = 3,1%. Adapun temperatur *liquidus*nya adalah 1000°C. Percobaan dilakukan dalam dapur vakum dengan kevakuman 0,05 Torr. Ukuran bakal benda uji terdapat pada gambar 1. Sambungan *brasing* yang dipilih adalah tipe lap, seperti pada gambar 2. Benda uji yang telah disiapkan dibersihkan dari oksida permukaan dengan proses *sand blasting* dengan aluminium oksida berukuran 100 mesh (mesin ASCON model B-3T). Selanjutnya dilakukan proses *degreasing* dengan cairan *thinner*



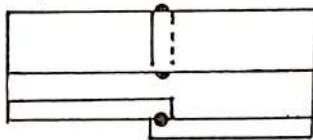
Gambar 1. Bentuk bakal benda uji.

Bonding Area of Lap Joint

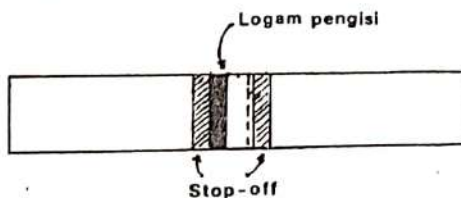


Gambar 2. Tipesambungan.

untuk membersihkan permukaan dari lemak dan kotoran lain. Proses *tig welding* dilaksanakan seperti pada gambar 3 yang tujuannya untuk menjaga *clearance* sambungan agar tidak berubah pada waktu proses *brasing*. Untuk keperluan ini digunakan mesin Syncrowave 30. Kemudian dilakukan pemberian Logam pengisi dan pembatas (Stop-off) dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Tig Welding pada benda uji.



Gambar 4. Posisi logam pengisi dan pembatas..

Benda uji yang telah siap dimasukkan ke dalam dapur vakum. Proses pemanasan dilakukan pada ruang pemanas dengan laju pemanasan 12°C/s . Sedangkan temperatur proses diatur sesuai

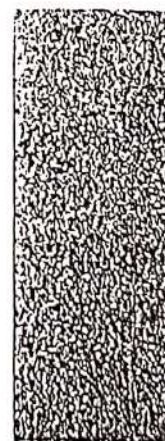
dengan kondisi yang diijinkan (Standar AMS 2675E), yaitu, temperatur I 1015°C , temperatur II 1055°C dan temperatur III 1095°C . Pendinginan dilakukan selama 60 menit dalam ruang pendingin yang terintegrasi dengan ruang pemanas. Untuk menampilkan struktur pada pengujian metalografi digunakan etsa: nital 3%. Akhirnya dilakukan analisis dengan mikroskop optik.

PEMBAHASAN

Pada foto mikrostruktur baja karbon rendah (gambar 8, 9, 10) dengan kondisi temperatur proses 1015°C , 1055°C , 1095°C , terlihat adanya perbedaan yang sangat jelas terhadap ukuran butir ferit.

Baja karbon rendah yang dengan temperatur proses 1095°C , memiliki ukuran butir ferit yang lebih besar di daerah dekat logam pengisi dibanding kondisi yang dengan temperatur 1055°C . Hal yang sama terlihat pada yang dengan temperatur 1055°C dan 1015°C . Selain itu, daerah yang mengalami perubahan struktur juga makin luas dengan semakin tingginya temperatur proses. Ditinjau dari keseragaman ukuran butir, maka pada temperatur proses yang terendah akan menghasilkan struktur dengan ukuran butir yang lebih seragam dibandingkan struktur akibat temperatur proses yang lebih tinggi. Demikian pula jika dibandingkan dengan ukuran butir logam induk asal, maka ukuran butir logam induk hasil proses yang paling rendah adalah yang tidak jauh berubah (gambar 6 dan 7).

FOTO MIKROSTRUKTUR



50x



50x

Gambar 6. Baja karbon rendah sebelum proses brasing.

Gambar 7. Pada Temperatur 1015°C .

Keadaan tersebut diakibatkan karena tingginya panas yang diberikan oleh logam pengisi cair. Pada temperatur proses yang rendah, pemberian panas oleh logam pengisi lebih kecil dibandingkan pada temperatur proses yang lebih tinggi.

Pengaruh Logam Pengisi

Dengan adanya logam pengisi di antara permukaan logam induk padat pada temperatur proses yang tinggi, maka akan terjadi interaksi antara logam induk dan logam pengisi. Pada interaksi tersebut terjadilah fenomena proses difusi.

Unsur utama dari logam pengisi adalah nikel, krom, silikon dan boron yang akan berdifusi ke dalam logam induk, sehingga mempengaruhi struktur logam induk tersebut. Untuk memperoleh gambaran mengenai pengaruh unsur logam pengisi terhadap perubahan struktur logam induk, maka diperlakukan data ukuran atom maupun data difusi dari unsur-unsur tersebut.

Data jari-jari atom unsur logam pengisi dan atom Fe adalah sebagai berikut: B = 0,046 nm, Ni = 0,1278 nm, Si = 0,1176 nm, Cr = 0,1249 nm, Fe (α) = 0,1241 nm, Fe (γ) = 0,1269 nm.

Konstanta difusinya adalah:

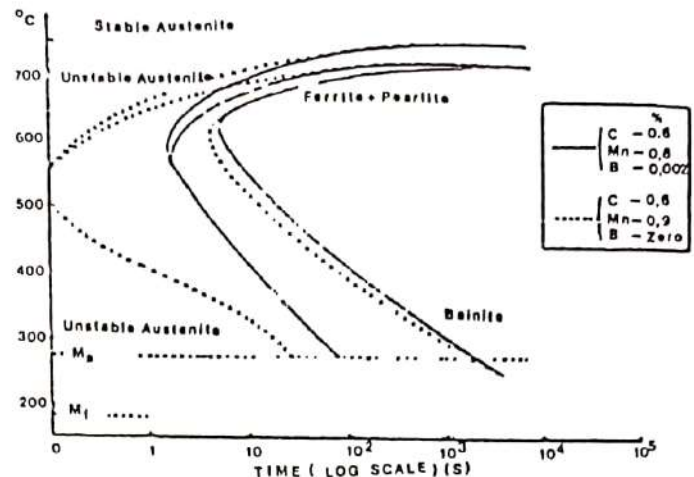
B dalam Fe (γ): $D_0 = 10^8 \text{ mm}^2/\text{s}$, $Q = 260 \text{ kJ/mol}$
Ni dalam Fe (γ): $D_0 = 44 \text{ mm}^2/\text{s}$, $Q = 283 \text{ kJ/mol}$
Si dalam Fe (γ): $D_0 = 44 \text{ mm}^2/\text{s}$, $Q = 201 \text{ kJ/mol}$
Cr dalam Fe (γ): $D_0 = 1050 \text{ mm}^2/\text{s}$, $Q = 292 \text{ kJ/mol}$.

Dari data di atas terlihat bahwa boron merupakan unsur yang lebih banyak berdifusi dibandingkan unsur lain. Hal ini disebabkan karena ukuran atomnya jauh lebih kecil dibandingkan ukuran atom Fe sehingga dapat berdifusi dengan lebih mudah secara interstisi, serta memiliki konstanta-konstanta difusi yang besar. Suatu hasil penelitian yang pernah dilakukan untuk memperkuat pernyataan tersebut di atas menyebutkan bahwa boron berdifusi 6-8 kali lebih besar dibandingkan nikel dan silikon [5].

Akibat difusi unsur-unsur logam pengisi terutama boron ke logam induk baja karbon

DAFTAR PUSTAKA

1. SCHWARTZ, M.M., *Metal Joining Manual*, McGraw-Hill Company, USA, 1979.
2. *Brazing Manual*, third ed., American Welding Society, Florida, USA, 1976.
3. DJAPRIE, SRIATI, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta, 1983.
4. HIGGINS, R.A., *Engineering Metallurgy Part I*, fifth ed., The English Language Book Society, Hodder & Stoughton, London, 1983.
5. JOHNSON, R., *Microstructural Aspects of Brazing a Ferritic steel with Two Ni-Si-B Braze Filler Metals*, *Welding Journal*, Oktober 1976, hal.93-s.
6. AVNER, *Introduction to Physical Metallurgy*, second ed., McGraw-Hill, London.



Gambar 5. Diagram TTT baja karbon.

rendah, maka kurva TTT (Time Temperature Transformation) pada gambar 5 akan bergeser ke kanan. Hal ini menyebabkan perlambatan transformasi austenit menjadi ferit dan perlit, sehingga butiran ferit dan perlit yang terbentuk menjadi lebih besar.

Oleh karena itu, dari hasil penelitian terlihat bahwa ukuran butir ferit di daerah dekat logam pengisi menjadi lebih besar dibandingkan daerah yang tidak terpengaruh difusi. Keadaan ini makin tampak jelas dengan semakin tingginya temperatur proses.

KESIMPULAN

Perubahan ukuran butir logam induk sebagai hasil proses *brazing* vakum disebabkan oleh adanya pengaruh panas dan difusi dari logam pengisi.

Untuk mendapatkan ukuran butir logam induk (hasil proses *brazing* Vakum) yang merata dan tidak jauh berbeda dengan logam induk asal, maka temperatur proses harus dikontrol serendah mungkin menurut standard pemanasan yang diijinkan (1015°C untuk BNi2).

DISKUSI

Mardjono.S :

Pembesaran butir diakibatkan oleh difusi (kesimpulan alinea 2), saya meragukannya, mengingat jarak difusinya harus cukup jauh. Mohon jawaban.

Falconi :

Saya setuju hal tersebut, tetapi saya akan mencoba mengukur komposisi akhir dari proses, yang dapat menjawab apakah boron dan komposisi filler metal yang lain memang berdifusi.

Gandana :

Apakah ada Syarat logam induk dan logam *brazing* ?

Falconi :

Syarat logam induk dan logam *brazing* memang ada, syarat itu dapat kita lihat pada standar AWS Untuk bahan tertentu harus dipilih *filler metal* yang tertentu pula, sesuai dengan standar AWS yang ada.

Lasijo :

Mohon penjelasan mengenai cara membersihkan bahan sebelum dilas, dan mengapa *sand blasting* dulu baru *degreasing* dan bukan sebaliknya ?

Falconi :

Sand blasting didahulukan, karena mampu membersihkan suatu serpihan atau pengotor yang lebih besar, seperti endapan dan mungkin adanya korosi pada bagian permukaan. Sedangkan *degreasing* untuk membersihkan lemak, atau bahan-bahan sejenisnya. Sehingga sebaiknya bendanya harus bersih dengan menggunakan teknik *sand blasting* dahulu, kemudian dilanjutkan dengan *degreasing*.