

PEMBUATAN KOMPONEN TABUNG IODINE LOOP

Tri Harjanto

Pusat Perangkat Nuklir dan Rekayasa (PPNR-Batan)

ABSTRAK

PEMBUATAN KOMPONEN TABUNG IODINE LOOP. Pembuatan komponen tabung iodine loop dari bahan Al Mg₂ skrap dilakukan dengan meleburnya pada krusibel grafit di dalam "vacuum induction furnace". Untuk mendapatkan hasil pengecoran yang baik peleburan dilakukan dengan sistem vakum dan non vakum serta dicor ke dalam cetakan pasir, cetakan logam dan cetakan sentrifugal. Hasil pengecoran diperiksa terhadap cacat makro baik sebelum machining maupun sesudah machining. Hasil analisis menunjukkan bahwa peleburan dengan sistem vakum dapat menahan laju oksidasi dan pengecoran dengan sistem cetakan sentrifugal dapat memberikan hasil yang baik. Namun setelah machining, masih terdapat segregasi sehingga hasil belum memenuhi persyaratan yang diminta.

ABSTRACT

MANUFACTURE OF COMPONENT FOR IODINE LOOP TUBE. One of the component for iodine loop tube was made from Al Mg₂ scrap. The material was melted in graphite crucibles in vacuum induction furnace. For good results, melting were performed in vacuum and non vacuum and casting were carried out in sand, steel and centrifugal molds. The results were inspected. It is shown that melting in vacuum reduces the oxidation rate, and casting in centrifugal mold gives good results. However, after machining, it was observed that segregation occurred so that the quality of component for iodine loop is not matched with required specification.

PENDAHULUAN

Iodine loop adalah peralatan untuk iradiasi isotope yang dimasukkan langsung di dalam kolam reaktor. Semua peralatan yang masuk ke dalam kolam reaktor dibuat dari bahan yang memenuhi kriteria tertentu, di antaranya : sifat mekaniknya baik, tahan korosi terhadap air pendingin, udara maupun uap air, penampang lintang penyerap neutron termal relatif rendah, perubahan sifat akibat radiasi kecil serta konduktivitas panas tinggi. Bahan yang memenuhi standar nuklir seperti tersebut sulit dicari di pasaran umum. Untuk itu dilakukan rekayasa daur ulang dari bahan skrap Al Mg₂ yang berasal dari sisa-sisa potongan bahan yang digunakan untuk kelongsong bahan bakar nuklir. Bahan untuk tabung iodine loop berupa tabung silindris dengan ukuran jadi DI = 130 mm, Dd = 120 mm dan tinggi 139,47 mm, dan DI = 116 mm, Dd = 106 mm dan tinggi 119,4 mm. Dengan daur ulang ini diharapkan didapat material yang memenuhi syarat di atas serta bentuk dan ukurannya mendekati ukuran jadi. Proses daur ulang dilakukan dengan peleburan bahan skrap kemudian dicetak mendekati bentuk dan ukuran barang jadi yang diinginkan. Dalam proses peleburan ini harus dijaga seminimal mungkin perubahan komposisi yang terjadi dan adanya bahan-bahan pengotor yang masuk, terutama bahan yang mudah teraktivasi oleh neutron dan unsur yang dapat mengurangi sifat ketahanan korosinya. Paduan utama paduan aluminium ini adalah Magnesium, secara umum paduan Al Mg mempunyai sifat tahan korosi, permukaan mengkilap serta kombinasi kekuatan dan keteguhannya bagus. Al Mg₂ ini sifat mekaniknya cukup baik, dan tahan korosi, pada kadar Mg rendah *unheat treatable* (tidak dapat dilakukan *heat treatment*), sedangkan untuk yang komposisinya di atas 7 % berat maka baik dapat dilakukan *heat treatment*

Paduan skrap aluminium ini mempunyai komposisi dalam prosentase atom sebagai berikut: Mg 0,8101 %, Fe 0,1068 %, Cr 0,0478 %, Mn 0,0341%, Zn 0,0115 %, Cu 0,0176 %, Ti 0,0023 %, Si 0,0787 %, Li 0,0012 %, B 0,0023 %, Cd 0,0014% Co 0,0199% di samping Al. Kadar Si disini sangat kecil, pada hal kadar Si ini yang berpengaruh cukup besar pada sifat penyusutannya. Jika penyusutannya besar kemungkinan adanya cacat rongga juga besar. Untuk mengatasi hal tersebut suhu cairan diusahakan serendah mungkin.

POKOK PERMASALAHAN

Skrap sisa pembuatan perangkat bakar nuklir mempunyai kualitas yang sudah teruji dan memenuhi standar nuklir, namun bentuknya tidak beraturan, sedangkan tabung *iodine loop* yang akan dibuat berupa tabung silindris dan ukuran $DI = 130$ mm, $Dd = 120$ mm dan tinggi 139,47 mm, dan $DI = 116$ mm, $Dd = 106$ mm dan tinggi 119,4 mm. Bahan perlu dilakukan pengecoran dan dicetak mendekati bentuk dan ukuran yang direncanakan. Yang menjadi masalah pada proses peleburan dan pengecoran aluminium. Ini selalu dibarengi dengan terlarutnya hidrogen yang mengakibatkan porositas(1). Demikian juga pada proses penuangan pada cetakan selalu terjadi oksidasi yang mengakibatkan banyaknya slag pada hasil coran. Dan jebakan gas yang mengakibatkan segregasi. Hasil coran juga dipengaruhi komposisi paduan aluminium terutama terhadap penyusutan coran, aluminium dengan kadar Si yang rendah susutanya besar dan mengakibatkan cacat rongga yang memanjang ke dalam. Untuk mengatasi permasalahan ini dilakukan tiga metoda pengecoran yaitu pengecoran dengan cetakan pasir, pengecoran di dalam sistem vakum serta pengecoran dengan cetakan sentrifugal.

METODA REMELTING DAN PEMBUATAN BAHAN

Urutan rencana pembuatan:



Persiapan :

Bahan skrap dicuci dengan deterjen dan dibersihkan dengan sistem elektromagnet frekuensi tinggi, selanjutnya dikeringkan. Persiapan pasir cetak sebelum dicampur dengan bahan lain dibersihkan dari kandungan besi dengan menggunakan magnet. Demikian juga krusibel dibersihkan dari kotoran-kotoran bekas coran sebelumnya.

Pembuatan cetakan :

Benda kerja yang akan dibuat adalah berbentuk tabung dengan diameter luar = 150 mm dan tebal 30 mm, tinggi 200 mm. Tiga sistem pencetakan yang dilakukan yaitu: pertama dengan cetakan pasir tanpa dengan sistem vakum. kedua dengan cetakan logam dan sistem peleburan dalam vakum, ketiga dengan cetakan logam dengan sistem sentrifugal tanpa sistem peleburan vakum. Cetakan pasir dibuat dari pasir silika dicampur dengan *water glass*, kemudian dicetak dengan pola kayu, selanjutnya dikeringkan dengan dihembus gas CO₂.

Proses peleburan dan penuangan:

Pada proses peleburan harus dijaga dari pembentukan terak, slag maupun porosity. Titik lebur aluminium sekitar 660° C, pada kondisi cair mudah menyerap hidrogen dari udara, semakin tinggi suhunya semakin tinggi pula hidrogen larut di dalam cairan aluminium. Pengaruh hidrogen di dalam cairan aluminium sangat besar terhadap porositynya bahkan bukan saja dalam bentuk struktur mikronya tetapi secara makropun mengakibatkan lubang-lubang jarum bahkan rongga-rongga. Untuk mengatasi hal tersebut permukaan cairan diisolasi dari udara dengan *flug*, atau divakum dan untuk mengusir hidrogen dihembuskan gas nitrogen

(N₂) ke dalam cairan. Suhu peleburan dijaga jangan sampai terlalu tinggi, karena berpengaruh terhadap besarnya penyusutan dan terhadap kelarutan hidrogen. Kelarutan hidrogen terhadap suhu dapat dilihat pada grafik (lampiran.2). Suhu penuangan sebaiknya sekitar 20 sampai 30°C di atas titik lelehnya. Untuk memperbaiki struktur yang kasar pada benda coran dilakukan heat treatment yaitu dengan memanaskan pada suhu kurang lebih 450°C selama 1 jam, kemudian di biarkan pada suhu kamar.

Beberapa cetakan antara lain cetakan pasir, plaster molding, ceramic molding, permanent mold casting, investment casting, centrifugal casting, die casting dsb.

Beberapa metoda tersebut yang paling sederhana adalah cetakan pasir atau sand molding, namun beberapa kelemahannya antara lain hasil permukaan benda kerja kasar, adanya kandungan air di dalam pasir mengakibatkan adanya uap air yang masuk ke dalam cairan mengakibatkan defect dan porosity. Pada cetakan logam perlu diperhatikan kecepatan pendinginannya harus merata, agar arah penyusutan tidak berlawanan yang akan mengakibatkan tarik-menarik sehingga terjadi rongga. Pada saat penuangan perlu dijaga adanya turbulensi yang akan melarutkan hidrogen sehingga terjadi porosity pada bendakerja.

Sistem saluran

Untuk menjaga adanya turbulensi maka sistem saluran dibuat kerujut, semakin kecil arah cetakan, serta dibuat cebakan terak. Perlu diperhatikan perbandingan volume cetakan dengan saluran tuang dan saluran tambahan untuk menjaga penyusutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan secara *makro* dengan mata telanjang dan ternyata menunjukkan bahwa hasil coran dengan cetakan pasir memiliki rongga-rongga bulat (gambar 1) terutama di dekat dinding pasir, yang besarnya antara diameter 1 sampai 3 mm pada jarak sebaran 1 sampai 2 cm dan mendekati inti rongga hampir tidak didapat. Hal tersebut akibat gas-gas dari pasir masuk ke dalam cairan dan belum sempat ke luar saat terjadi pembekuan. Rongga akibat penyusutan cukup kecil, sedangkan permukaan luar kasar. Setelah dilakukan *machining* sampai pada ukuran yang dikehendaki coran memiliki porosity yaitu adanya lubang jarum yang berkelompok pada dua sisi bawah dan samping hal ini akibat adanya gas yang melepas selama proses pembekuan.

Untuk mengatasi adanya cacat-cacat tersebut kemudian dilakukan beberapa langkah yaitu dengan menggunakan cetakan logam dan peleburan dengan sistem vakum. Demikian juga saat penuangan masih dalam kondisi vakum hal ini dimaksudkan untuk mengurangi hidrogen yang larut ke dalam cairan. Hasilnya menunjukkan bahwa dilihat secara makro dipermukaan luar terdapat alur-alur akibat laju penuangan terlalu lambat dan kurang kontinyu, sedangkan cacat rongga gelembung gas dapat dikurangi demikian juga porositasnya, tetapi cacat pipa susut terjadi cukup dalam hal ini karena cairan yang bersinggungan dengan cetakan logam cepat membeku sehingga di tengah antara inti dan dinding terdapat cacat pipa susut tersebut (gambar 2.). Terakhir dilakukan pengecoran dengan sistem sentrifugal dengan tujuan agar terjadi pemadatan ke arah sentrifugal akibat gaya sentrifugal cairan sendiri, sehingga dapat menekan gelembung udara yang terjebak serta pendinginan diharapkan dapat dimulai dari arah dinding. Dengan demikian diharapkan tidak terjadi cacat pipa susut dan rongga udara serta segregasi gas. Pada kenyataannya hasilnya memang tidak terdapat cacat susutan pipa, akan tetapi masih banyak terdapat rongga gas. Hal ini mungkin akibat suhu cetakan terlalu dingin sehingga cairan logam terlalu cepat membeku karena terdapat di dekat dinding luar dan semakin ke arah inti semakin sedikit. Kepadatan di sekitar inti tampak lebih baik dan hampir tidak didapatkan cacat rongga udara (Gambar . 3).

KESIMPULAN

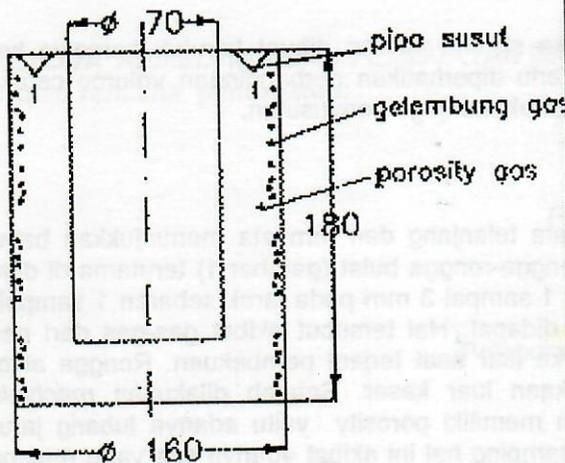
1. Pada cetakan pasir permukaan coran kasar tetapi cacat lubang pipa akibat susutan tidak seragam.
2. Pada cetakan logam permukaan coran halus tetapi cacat lubang pipa dan rongga cukup besar.
3. Pada cetakan sentrifugal terlihat hasil coran lebih padat dan penyusutan lebih merata, namun masih terdapat cacat rongga udara pada tepi dinding, sedangkan ke arah inti lebih padat.

4. Hasil coran setelah *machining* masih terdapat cacat lubang jarum (segregasi gas) terutama pada sisi bawah sehingga belum memenuhi syarat sebagai bahan *iodine loop*.

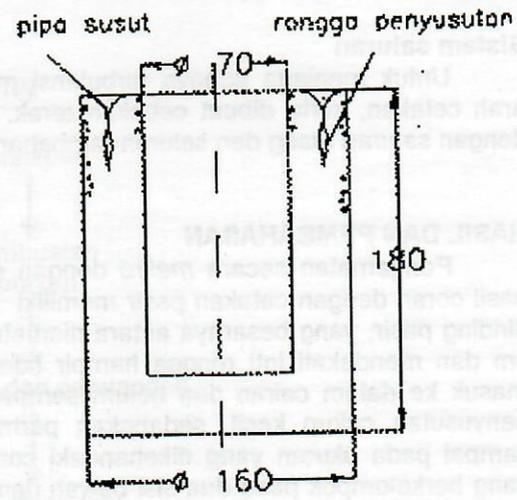
DAFTAR PUSTAKA

1. ELWIN L. ROOY, Aluminium Company of America "Aluminium and Aluminium Paduans", "ASM Handbook", Metal Handbook Volume 15 Casting, The Materials Information Society, New York.
2. W.O. ALEXANDER DKK., "Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan", PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta, 1991.
3. ABDUL LATIF " Struktur dan Sifat Logam "Diklat Metalurgi Nuklir, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta 1996.

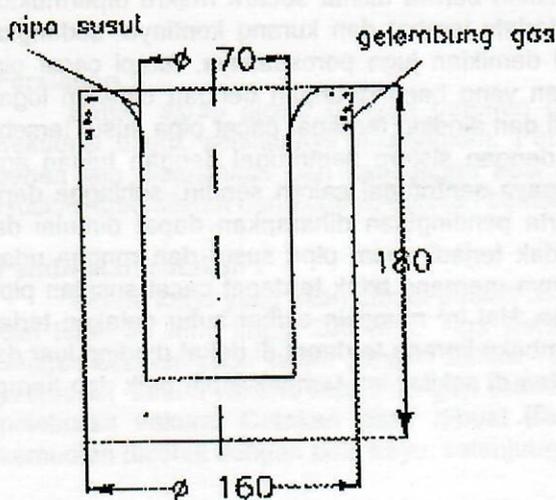
LAMPIRAN 1.



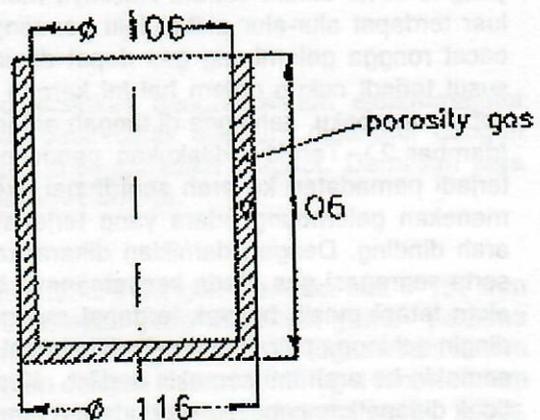
Gambar. 1. Hasil coran dengan cetakan pasir



Gambar.2. Hasil Coran dengan cetakan logam



Gambar 3. Hasil coran cetakan sentrifugal



Gambar 4. Hasil cetakan setelah *machining*

LAMPIRAN 2

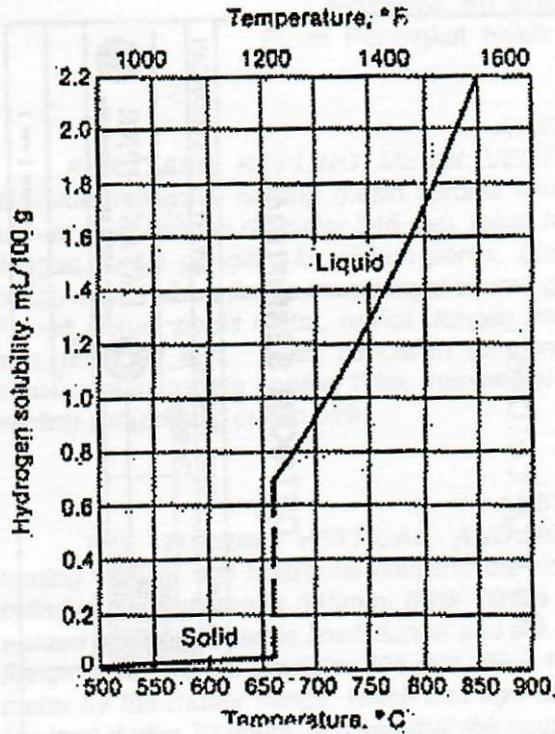


Fig 1. Solubility of hydrogen in aluminum at 1 atm hydrogen pressure

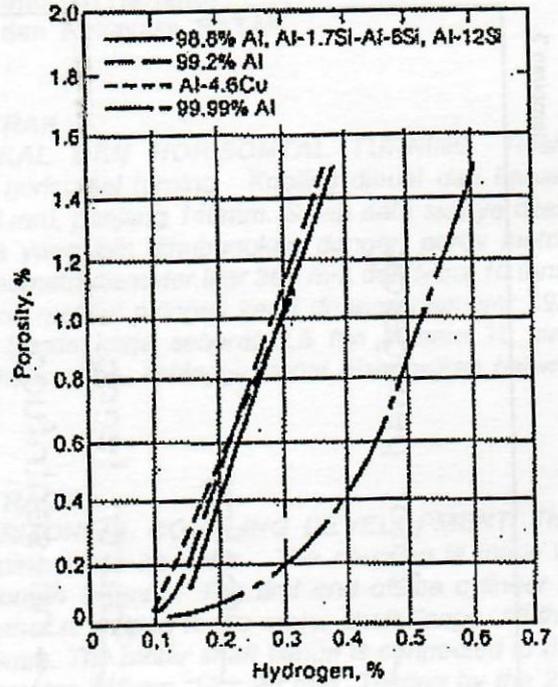


Fig.2 Porosity as a function of hydrogen content in sand - cast aluminum and aluminum alloy bars

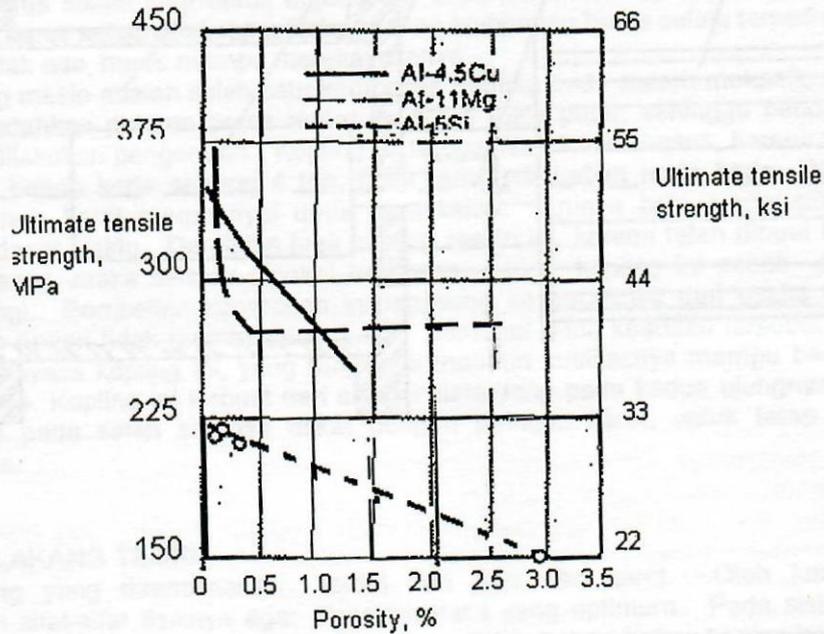


Fig. 3. Ultimate tensile strength versus hydrogen porosity for sand cast bars of three aluminum alloy.

LAMPIRAN 3

lampiran 3.

