

INTISARI

Aluminium paduan AA5083-H112 merupakan jenis logam yang memiliki kekuatan tarik tinggi, sifat mampu las dan ketahanan korosi yang baik sehingga banyak digunakan dalam aplikasi struktur atau mesin yang beroperasi di lingkungan korosif. Aluminium paduan selain AA5083-H112 yang banyak digunakan untuk struktur adalah AA6061-T6 dan AA7075-T6 karena memiliki kekuatan yang tinggi dan mampu las yang baik. Aluminium paduan di dalam komponen permesinan pada umumnya terdapat pada poros, sambungan komponen, blok mesin dan lainnya. Proses penyambungan di dalam komponen-komponen mesin ini sangat rumit disebabkan bentuk dari komponen tersebut. RFW (*rotary friction welding*) bisa menjadi salah satu solusi untuk penyambungan komponen yang sukar dilas dan las dengan material tak sejenis. Hal ini disebabkan karena proses pengelasan dilakukan pada kondisi padat sehingga fenomena retak panas (*hot cracking*) tidak terjadi. Berdasarkan keunggulan proses RFW ini, maka dipilih proses penyambungan RFW dengan material aluminium sebagai bahan penelitian. Penelitian pengelasan RFW bertujuan mempelajari dan mengkaji karakteristik sambungan las RFW AA5083-H112, AA606-T6 dan AA7075-T6 secara sejenis dan tak sejenis dengan variasi putaran. Hasil penelitian ini diharapkan memperoleh data karakterisasi sambungan las akibat proses RFW dan sifat mekanis yang terbaik.

Pengelasan aluminium AA5083-H112, AA6061-T6 dan AA7075-T6 dikerjakan dengan metode RFW. Pengelasan RFW dilakukan dengan variasi material sejenis-tak sejenis dan variasi putaran. Data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini berupa siklus termal, tegangan sisa, kekuatan lelah, dan morfologi permukaan patahan lelah. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar analisa keterkaitan antar parameter las dengan hasil las. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap I dan tahap II. Tahap I fokus pada penyambungan dan karakterisasi RFW sejenis AA5083-H112, AA6061-T6 dan AA7075-T6. Tahap II fokus pada penyambungan dan karakterisasi RFW tak sejenis AA5083-H112/AA6061-T6, AA5083-H112/AA7075-T6 dan AA6061-T6/AA7075-T6 dimana setiap variasi sambungan RFW tak sejenis dilakukan 6 pengelasan dengan kecepatan berbeda yaitu 370, 540, 800, 1200, 1700 dan 2500 rpm. Pengelasan RFW sejenis dilakukan dengan 4 variasi kecepatan yaitu 370, 800, 1200 dan 1700 rpm. Variabel bebas pada penelitian meliputi kecepatan putar pengelasan dan material yang disambung. Variabel terikat terdiri dari struktur mikro dan sifat mekanik. Sifat mekanik terdiri dari kekerasan mikro, kekuatan tarik, tegangan sisa, kekuatan kelelahan. Selain itu dilakukan perekaman siklus temperatur pengelasan, *burn off length*, pengamatan permukaan patahan kelelahan dan SEM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangkitan panas pada proses RFW ditentukan oleh kecepatan putar pengelasan. Pembangkitan panas hasil pengelasan akan meningkat dengan meningkatnya kecepatan putar. Lebar daerah terpengaruh panas juga meningkat seiring dengan meningkatnya putaran. Berdasarkan struktur mikro, daerah lasan RFW dapat dibedakan menjadi 4 zona yaitu DRZ (*dinamically recrystalized zone*), TMAZ (*thermomechanically affected zone*), HAZ (*heat affected*

zone) dan BM (*base metal*). Berdasarkan hasil observasi pada sambungan las RFW sejenis maupun tak sejenis, diketahui bahwa DRZ memiliki butir yang sangat halus dengan daerah melintang sepanjang daerah antarmuka las. TMAZ memiliki butir memanjang karena deformasi saat pengelasan. Orientasi TMAZ sejajar DRZ dengan ukuran butir lebih besar dari DRZ. HAZ berada di antara TMAZ dan logam dasar. Struktur mikro HAZ lebih kasar dibanding logam induk. Ukuran butir BM cenderung memanjang karena efek pembuatan *rod* sebagai bahan untuk pengelasan. Kekerasan di DRZ paling tinggi karena pengaruh tekanan aksial saat pengelasan, kekerasan menurun ketika masuk TMAZ dan HAZ. Zona pelunakan dengan kekerasan terendah dari zona lain ditemukan di daerah HAZ. Sambungan las RFW tak sejenis secara umum memiliki kecenderungan yang sama dengan RFW sejenis namun pada beberapa hal memiliki karakter yang lebih spesifik. Sambungan las tak sejenis AA5083-H112/AA6061-T6 memiliki daerah TMAZ, HAZ dan *burn off length* yang lebih besar pada sisi AA6061-T6. Hasil uji tarik dan kelelahan, sambungan las patah pada HAZ sisi AA6061-T6 dengan kekuatan tarik sambungan las sekitar 191,20 MPa di bawah logam dasar AA6061-T6 sebesar 278,44 MPa. Sambungan las tak sejenis AA5083-H112/AA7075-T6 memiliki karakteristik khusus dengan daerah TMAZ, HAZ dan *burn off length* lebih banyak terjadi pada sisi AA7075-T6. Hasil uji tarik dan uji kelelahan AA5083-H112/AA7075-T6 menunjukkan daerah patahan terjadi pada sisi AA5083-H112. Kekuatan tarik AA5083-H112/AA7075-T6 menyamai logam dasar AA5083-H112 sebesar 294,89 Mpa dengan kekuatan kelelahan sedikit di atas logam dasar AA5083-H112. Sambungan las tak sejenis AA6061-T6/AA7075-T6 memiliki daerah TMAZ, HAZ dan *burn off length* yang lebih besar pada sisi AA6061-T6. Kekuatan tarik yang dimiliki sambungan las AA6061-T6/AA7075-T6 sekitar 217,83 MPa di bawah logam dasar AA6061-T6. Lokasi patahan pada uji tarik dan kelelahan sambungan las terletak pada sisi AA6061-T6 dengan kekuatan kelelahan dibawah logam dasar AA6061-T6. Profil tegangan sisa pada daerah DRZ dan sebagian TMAZ menunjukkan tegangan sisa tekan sedangkan pada daerah HAZ dan BM adalah tarik. Hasil analisa fraktografi pada permukaan patahan kelelahan menunjukkan bahwa retak awal timbul dibagian HAZ yang berdekatan dengan TMAZ di ikuti dengan perambatan dan perpatahan. Hasil X-ray *dot mapping* pada daerah las untuk sambungan las RFW tak sejenis menggambarkan adanya proses difusi atom-atom Mg dan Zn menuju logam yang konsentrasinya lebih rendah untuk sambungan RFW tak sejenis : AA5083-H112/AA6061-T6, AA5083-H112/AA7075-T6 dan AA6061-T6/AA7075-T6. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pembentukan sambungan las RFW pada studi ini sangat baik.

Kata Kunci: *Rotary Friction Welding*, Profil temperatur, Panjang *burn off*, Pengelasan aluminium, Tegangan sisa, Difraksi neutron, SEM, EDS, *rotary bending fatigue*, struktur mikro, struktur makro.

ABSTRACT

Aluminum alloy AA5083-H112 have good corrosion resistance, high tensile strength and good weldability. These properties make AA5083-H112 widely used for structures or machine components in the automotive industry and corrosive areas. The others aluminum alloys widely used for structures are AA6061-T6 and AA7075-T6 due to the high strength and good weldability. Aluminum alloys in machine structure is generally found in shafts, component joints, engine blocks and other parts. The joining process of the machine components is very complicated since the parts have irregular shape. At this condition, RFW (rotary friction welding) can be a solution for joining the components with the complicated shape and dissimilar materials. This condition is understandable that the RFW welding process carried out in solid state conditions where the hot cracking does not occur after welding. Based on this advantages, the RFW process with aluminum material will be chosen as the research topic. The objective of RFW research are to study and examine the characteristics of AA5083-H112, AA606-T6 and AA7075-T6 both in a similar and dissimilar joints due to the effect of rotational speed. The results of this study are to obtain best mechanical properties and characterization data of welded joints as the RFW process.

The RFW research was worked on aluminum alloy AA5083-H112, AA6061-T6 and AA7075-T6. The study carried out for both similar and dissimilar RFW with the focus to characterized and examined the RFW welded joints. The RFW properties was obtained in this research as like as thermal cycle, residual stress, fatigue strength, and fatigue fracture surface morphology and the relationship between weld parameters to the weld product. The experiments were done in 2 stages : Stage I produced RFW joints for similar AA5083-H112, AA6061-T6 and AA7075-T6. In stage II, the experiments continued for RFW dissimilar AA5083-H112/AA6061-T6, AA7075-T6/AA5083-H112 and AA6061-T6/AA7075-T6 where as each type of RFW dissimilar weld joint made using 6 different speeds of 370, 540, 800, 1200, 1700 and 2500 rpm, while RFW similar welding was done at 4 rotationa speeds of 370, 800, 1200 and 1700 rpm. The independent variables in this study was rotational speed and the material application, while dependent variable was microstructure and mechanical properties. The properties observed at this welding joint i.e microhardness, tensile strength, residual stress, fatigue strength. In addition, recording of welding temperature cycles, burn off length, fatigue fracture surface observations and SEM also done.

The test results show that heat generation in the RFW process is determined by the rotational speed of the welding, where the heat produced during welding process raise with increasing rotational speed. The width area of the heat affected zone increases with increasing rotational speed. Based on the microstructure observation, the RFW weld area can be divided into 4 zones namely DRZ (dynamically recrystallized zone), TMAZ (thermomechanically affected zone), HAZ (heat affected zone) and BM (base metal). The results show that the DRZ of similar and dissimilar RFW welded joints has very fine grains whilst TMAZ has elongated grains due to deformation during welding. TMAZ has a parallel orientation with

DRZ with a larger grain size than DRZ. The location of HAZ area is between TMAZ and base metal having coarser microstructure than that of the parent metal. The grain size of BM tends to be elongated due to extrusion of the rod as a material for welding. The average hardness in the DRZ is highest among all zones due to the axial pressure during welding. The hardness then decreases at the TMAZ and HAZ area. The softening which results in the lowest values of hardness was found in the HAZ area. Dissimilar RFW welding joints generally have the same behaviours as similar RFW in some cases. The AA5083-H112/AA6061-T6 dissimilar welded joint has larger TMAZ, HAZ and burn off length areas on the AA6061-T6 side. Under tensile and fatigue tests the welding joint fracture HAZ of the AA6061-T6 side with a tensile strength of the welded joint is about 191.20 MPa which is below the base metal AA6061-T6 strength, i.e. 278.44 MPa. The AA5083-H112/AA7075-T6 dissimilar welded joints have special characteristics in which the width of TMAZ and HAZ and burn off length are higher in AA7075-T6 side. The fracture locations in the tensile and fatigue test of the welded joint are located at AA6061-T6 side with fatigue strength is below the its base metal. The residual stress profiles in the DRZ region and part of TMAZ indicate compressive residual stress whereas tensile stresses are present in the HAZ and BM areas. The fractographic analysis on the fracture surface shows that the initial crack are formed at HAZ near TMAZ followed by propagation and fatigue fracture occurs in the HAZ. The X-ray dot mapping in the weld area for dissimilar RFW welding joints AA6061-T6, i.e. the direction of diffusion takes place from the region with higher concentration to the lower concentration region. The atoms diffusion occurs in in all dissimilar RFW joints : AA5083-H112/AA6061-T6, AA5083-H112/AA7075 -T6 and AA6061-T6/AA7075-T6. This conditions indicate that the formation of RFW joint is well done.

Keywords: Rotary Friction Welding, Temperature Profile, Burn off Length, Aluminum Welding, Simillar and dissimilar welding, Residual Stress, Neutron Diffraction, SEM, EDS, Rotary Bending Fatigue, Microstructure, Macrostructure.