

INTISARI

Friction stir welding (FSW) merupakan teknologi penyambungan inovatif untuk material ringan (*lightweight metals*) seperti paduan magnesium dan paduan aluminium. Proses pengelasan FSW dilakukan pada kondisi padat plastis (*solid state*) sangat cocok untuk material ringan, yang sering terjadi cacat pengelasan dan permasalahan pembekuan (*solidification*) pada las fusi. Pengelasan pada temperatur 0,6-0,9 T_m , memiliki karakteristik sambungan yang sangat menarik untuk pelajari baik dari kekuatan mekanis maupun struktur mikro sambungan las.

Penelitian ini mempelajari perilaku kekuatan mekanis dan ketahanan korosi pada sambungan las FSW sejenis dan FSW tak sejenis paduan AA6061-T6/AZ31B-H24 yang diproduksi dengan variasi geometri *pin* (1) *pin* silinder, (2) *pin* persegi, dan (3) *pin* segi tiga serta kecepatan putaran *tool* dengan variasi 910 rpm, 1500 rpm, dan 2280 rpm. Pada FSW tak sejenis dilakukan perlakuan H/C (*heater-cooler*), dengan skema STT (*static thermal tensioning*) pada *advancing side* (AS) dan *heat sink* pada *retreating side* (RS). Pengujian hasil sambungan las FSW diantaranya pengamatan struktur mikro, pengujian kekuatan tarik, pengukuran kekerasan *micro-Vickers*, pengukuran tegangan sisa menggunakan *neutron diffraction* dan *X-ray diffraction*, pengujian laju perambatan retak fatik (FCGR) dengan spesimen *middle tension* (M)T dan spesimen *single edge cracking tension* (SECT), faktografi menggunakan SEM dan EDX, pengujian tekstur dan EBSD, serta pengujian laju korosi.

Hasil penelitian diperoleh bahwa peningkatan kecepatan putaran *tool* akan meningkatkan kekuatan tarik (*tensile strength*) sambungan las FSW dengan kekuatan tarik maksimal (UTS) terbaik pada putaran 2280 rpm. UTS tertinggi FSW AZ31B-H24 sebesar 229,0 MPa diproduksi dengan *pin* silinder, dan FSW AA6061-T6 sebesar 222,7 MPa diproduksi dengan *pin* persegi, serta FSW tak sejenis AA6061-T6/AZ31B-H24 sebesar 128,8 MPa diproduksi dengan perlakuan H/C. Ketahanan perambatan retak fatik (FCGR) terbaik sambungan las FSW AZ31B-H24 dengan *pin* persegi ($n=3,919$ dan $C=2,290 \times 10^{-10}$), FSW AA6061-T6 dengan *pin* segitiga ($n=2,940$ dan $C=4,366 \times 10^{-10}$), dan FSW tak sejenis AA6061-T6/AZ31B-H24 dengan perlakuan H/C ($n=3,200$ dan $C=9,21 \times 10^{-10}$). Perilaku perambatan retak fatik pada sambungan yang diproduksi dengan *pin* persegi maupun *pin* segitiga memiliki proses *material flow* lebih baik, karena faktor sudut *pin* yang berperan proses pengadukan, sedangkan perlakuan H/C meningkatkan ikatan antar muka (*interface*) sambungan kedua logam. Distribusi kekerasan (*micro-hardness*) FSW AZ31B-H24 membentuk profil “V” nilai kekerasan terendah daerah SZ. Hal berbeda pada FSW AA6061-T6 dan FSW tak sejenis AA6061-T6/AZ31B-H24 yang membentuk profil “W” dengan nilai kekerasan terendah daerah HAZ. Tegangan sisa (RS) sambungan FSW AZ31B-H24 dan FSW AA6061-T6 memiliki profil “M” dengan nilai RS tertinggi pada daerah HAZ, sedangkan FSW tak sejenis AA6061-T6/AZ31B-H24 nilai RS tertinggi pada daerah SZ. Tegangan sisa pada sambungan FSW dipengaruhi oleh temperatur, perubahan struktur mikro, dan deformasi plastis material yang akan mempengaruhi ketahanan perambatan retak fatik dan ketahanan laju korosi. Terbentuknya senyawa intermetalik (IMCs) meningkatkan laju korosi galvanik. Selanjutnya perlakuan *shot peening* akan merubah struktur mikro menjadi *ultrafine grains* permukaan, dislokasi, dan terjadinya deformasi plastis. perlakuan *shot peening* pada sambungan las FSW sejenis maupun tak sejenis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan tegangan sisa (RS) sambungan las, peningkatan ketahanan perambatan retak fatik, dan peningkatan ketahanan terhadap laju korosi.

Kata kunci: FSW, AZ31B-H24, AA6061-T6, Geometri *pin*, *Shot peening*

ABSTRACT

Friction stir welding (FSW) is an innovative welding technology for lightweight metals such as Mg and Al alloys. The FSW welding process is carried out in a solid state condition, which is very suitable for lightweight metals, which often experience welding defects and solidification problems in fusion welding. Welding at a temperature of $0.6-0.9 T_m$ has fascinating joint characteristics that can be studied in terms of both mechanical strength and the structure of the welded joint.

This study examines the mechanical strength and corrosion resistance of similar and dissimilar FSW welded joints of AA6061-T6/AZ31B-H24 alloy produced with variations in pin geometry: (1) cylindrical pin, (2) square pin, and (3) triangle pin, and tool rotation speed with variations of 910 rpm, 1500 rpm, and 2280 rpm. In dissimilar FSW, H/C (heater-cooler) treatment was carried out, with the STT (static thermal tensioning) scheme on the advancing side (AS) and a heat sink on the retreating side (RS). Testing of FSW welded joint results included microstructure observation, tensile strength testing, micro-Vickers hardness measurement, residual stress measurement using neutron diffraction and X-ray diffraction, fatigue crack propagation rate (FCGR) testing with middle tension M(T) and single edge cracking tension (SECT), fractography using SEM and EDX, texture and EBSD observation, and corrosion rate test.

The study found that increasing the tool rotation speed will increase the tensile strength of FSW welded joints, with the best maximum tensile strength (UTS) at 2280 rpm. The highest UTS of FSW AZ31B-H24 of 229.0 MPa was produced with a cylindrical pin, and FSW AA6061-T6 of 222.7 MPa was produced with a square pin, and dissimilar FSW AA6061-T6/AZ31B-H24 of 128.8 MPa was produced with H/C treatment. The Paris constant fatigue crack growth rate of FSW AZ31B-H24 welded joints with square pins ($n= 3.919$ and $C= 2.290 \times 10^{-10}$), FSW AA6061-T6 with triangular pins ($n= 2.940$ and $C= 4.366 \times 10^{-10}$), and dissimilar FSW with H/C treatment ($n= 3.200$ and $C= 9.21 \times 10^{-10}$). The fatigue crack behavior of joints produced with square and triangle pins has a better material flow process because the pin angle factor plays a role in the stirring process. Whereas the H/C treatment improves the interface of the two metal joints. The distribution of micro hardness of FSW AZ31B-H24 forms a "V" profile with the lowest hardness value in the SZ area. The difference between FSW AA6061-T6 and dissimilar FSW is that it forms a "W" profile with the lowest hardness value in the HAZ area. Residual stress of FSW AZ31B-H24 and FSW AA6061-T6 joints has an "M" profile with the highest residual stress values in the HAZ area, while dissimilar FSW has the highest residual stresses value in the SZ area. Residual stress in FSW joints is influenced by temperature, microstructural changes, and plastic deformation of the material, which will affect fatigue crack growth rate and corrosion rate resistance. The formation of intermetallic compounds (IMCs) increases the rate of galvanic corrosion. Furthermore, shot peening treatment will change the microstructure into ultrafine surface grains, dislocations, and plastic deformation. Shot peening treatment on similar and dissimilar FSW welded joints has a significant effect on reducing the residual stress of welded joints, increasing fatigue crack growth rate, and increasing to corrosion rate resistance.

Keywords: FSW, AZ31B-H24, AA6061-T6, Pin geometry, Shot peening