

Corrosion Behavior of AA5083 Friction Stirred Metal Welds Joint inside 3,5% NaCl Solution

FX. A. Wahyudianto^{1,*} dan Erry Yadie²

¹Jurusan Kemaritiman, Politeknik Negeri Samarinda - Samarinda

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda - Samarinda

*Korespondensi: wahyudie_fx@yahoo.co.id

Abstract. The aluminum alloy AA5083-H116 is a magnesium aluminum alloy (Al-Mg) that has high tensile strength, good corrosion resistance, easily formed and good welding ability. The subject in this research is the aluminum alloy friction stirred metal welds joint. Friction Stir welding (FSW) process was performed with a constant tool traverse speed of 30 mm/min, a 30° tilt angle and by varying rotating speeds 910 rpm, 1500 rpm and 2280 rpm. The friction and stirring between tool and specimen during FSW result in heat which reduces mechanical properties of welds. The reduction of mechanical properties decreases the corrosion resistance. The welded joints were characterized by tensile strength and corrosion resistance. Corrosion test was performed in a 3.5% NaCl solution with and without sodium chromate inhibitor (Na₂CrO₄). Using the inhibitor increases the corrosion resistance of welds. The concentration of chromate was 0.1, 0.3 and 0.5%. The highest tensile strength is achieved at 2280 rpm and the sodium chromate in the 3.5% NaCl solution decrease the corrosion rate significantly.

Abstrak. Paduan aluminium AA5083-H116 adalah paduan aluminium magnesium (Al-Mg) yang memiliki kekuatan tarik tinggi, ketahanan korosi, memiliki kemampuan untuk dapat dibentuk dan kemampuan las yang baik. Dalam penelitian ini, yang menjadi subjek penelitian adalah hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW). Parameter pengelasan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan putaran tool 910, 1500 dan 2280 rpm, kecepatan pengelasan 30 mm/min dan sudut kemiringan tool 3°. Pada proses FSW, akibat adukan dan gesekkan antara *tool* selama pengelasan menghasilkan panas yang dapat menyebabkan penurunan kualitas sifat mekanis pada sambungan las. Penurunan kualitas tersebut tentunya juga berpengaruh pada ketahanan korosinya. Untuk meningkatkan ketahanan pada sambungan las FSW terhadap serangan korosi digunakan inhibitor. Analisa yang dilakukan terhadap hasil las FSW adalah kekuatan tarik, dan ketahanan korosi sambungan. Pengujian korosi dilakukan didalam larutan 3,5% NaCl sebagai pengganti air laut dan larutan 3,5% NaCl dengan penambahan inhibitor kromat (Na₂CrO₄). Konsetrasi penambahan kromat kedalam larutan 3,5% NaCl adalah 0,1%, 0,3% dan 0,5%. Hasil analisa yang diperoleh dari pengujian-pengujian tersebut menunjukkan bahwa pada kecepatan putaran tool 2280 rpm memiliki sifat mekanis dan penambahan sodium kromat kedalam larutan 3,5% NaCl terbukti mampu menurunkan laju korosi secara signifikan.

Kata kunci: FSW, corrosion rate, inhibitor, Sodium Chromate, AA5083

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Paduan aluminium pada saat ini menjadi pilihan sebagai bahan untuk banyak bidang, dari rumah tangga, elektro, kemasan, transportasi hingga pada konstruksi bangunan. Paduan aluminium dewasa ini semakin luas penggunaannya dalam bidang teknik karena kombinasi dari sifatnya yang mempunyai kekuatan tinggi dan ringan disamping tahan terhadap korosi. Meskipun paduan aluminium termasuk bahan yang tahan terhadap korosi namun saat berada pada lingkungan yang korosif seperti di laut, bahan ini juga rentan untuk berbagai jenis korosi seperti korosi seragam, korosi sumuran dan korosi filiform karena lapisan oksida yang terbentuk menjadi tidak stabil. Korosi ini biasanya akan

menyerang pada bagian terlemah dari logam seperti pada daerah sambungan las.

Teknologi pengelasan saat ini mengalami perkembangan yang cukup pesat dan banyak digunakan diberbagai bidang industri. Salah satu metode pengelasan yang masih terus dikembangkan adalah FSW (*Friction Stir Welding*), yang ditemukan oleh Wayne Thomas di TWI (*The Welding Institute*) pada tahun 1991 [1]. Proses FSW dilakukan dengan menggunakan bantuan *tools* yang berputar dengan gerak maju (*feeding*) tertentu sehingga logam mengalami pelunakan (*lumer*) di kedua sisi benda yang dilas dan terjadi penyambungan. Proses pengelasan gesek (FSW) dapat dilakukan pada semua material paduan yang memiliki sifat mampu

las dari weldability yang rendah sampai yang tinggi, termasuk semua seri pada aluminium paduan [2].

Permasalahan yang sering muncul dari hasil sambungan paduan aluminium dengan pengelasan FSW yang digunakan untuk pembuatan kapal laut adalah korosi terutama pada sambungan lasnya. Akibat serangan korosi ini maka ketangguhan suatu konstruksi akan berkurang hingga dapat menyebabkan suatu kegagalan/ kerusakan yang berakibat fatal. Untuk meningkatkan ketahanan sambungan hasil pengelasan FSW adalah pada saat proses pengelasan harus menggunakan parameter yang tepat, salah satunya adalah putaran *tool* [3-5]. Dengan putaran *tool* yang tepat diharapkan hasil lasan memiliki karakteristik kekuatan tarik dan ketahanan korosi yang baik. Kemudian untuk mengurangi dan menghambat laju korosi pada lingkungan korosif, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah penggunaan inhibitor [6, 7]. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh inhibitor terhadap ketahanan laju korosi sambungan lasan FSW.

Pada penelitian ini paduan aluminium yang digunakan adalah seri AA5083 yang merupakan aluminium paduan paling banyak digunakan di dunia perkapalan. Selanjutnya pada sambungan akan dilakukan kajian sifat-sifat mekanik (kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur mikro) dan laju korosi pada sambungan las ini. Pengujian korosi akan dilakukan dengan menggunakan metode potensio dinamik dengan media larutan 3.5% NaCl dan biberi inhibitor *chromate* dengan persentase 0,1, 0,2 dan 0,3.

Metodologi

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Alumunium dengan seri 5083. Komposisi utama Aluminium 5083 adalah Magnesium (Mg), dengan komposisi kimia seperti yang ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia AA5083 (% berat).

Unsur	Berat (%)
Si	0.11
Fe	0.3055
Cu	0.0480
Mn	0.5613
Mg	4.5
Zn	0.0417
Ti	0.0192
Cr	0.0628
Ni	0.0003
Pb	0.0039
Sn	0.0051
Al	93.72

Proses pengelasan FSW dilakukan dengan menggunakan mesin *milling* dengan beberapa parameter yakni *travel speed* = 30 mm/min dan dengan kecepatan putaran *tool* searah jarum jam yang divariasikan sebesar 910 rpm, 1500 rpm dan 2280 rpm, serta kemiringan *tool* (*tilt angel*) sebesar 3° terhadap sumbu x mengarah ke arah las-lasan. dan *tool* yang digunakan adalah baja AISI H13. Bentuk *tool* seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tool FSW

Struktur mikro dilakukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop optik, akan tetapi sebelumnya spesimen dietsa menggunakan reagen setelah terlebih dahulu dipoles sampai halus. Pemolesan dilakukan dengan menggunakan amplas 400, 800, 1000, 1500, dan 2000 serta menggunakan autosal.

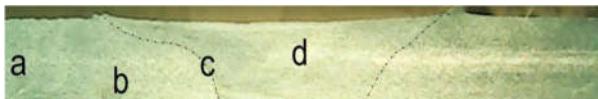
Pengamatan terhadap kekerasan dilakukan dengan metode indentasi (*Vickers microhardness*) di seluruh zona lasan dan untuk pengujian tarik menggunakan mesin *servopulser*. Sedangkan untuk pengujian laju korosi dilakukan di Laboratorium Bahan Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM, Yogyakarta dengan alat VersaSTAT4 (Ametek, USA). Pengujian dilakukan dengan metode potensiodinamik yang menggunakan sel tiga elektroda. Pengujian ini menggunakan sampel dari daerah las pada setiap putaran *tool* dan *base material*. Spesimen uji korosi dibuat seperti yang terlihat pada gambar 2. Permukaan spesimen harus diminimalisir dari goresan dengan dihaluskan menggunakan amplas.



Gambar 2. Spesimen uji korosi

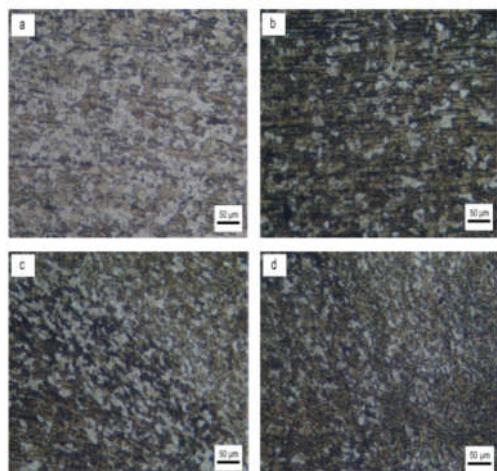
Hasil dan Pembahasan

Gambar 3 menunjukkan foto makro, untuk mengetahui perbedaan daerah akibat pengelassan FSW.



Gambar 3. Foto makro permukaan melintang daerah las a) Logam Induk b) HAZ c) TMAZ dan d) Weld Zone

Gambar 4 Menampilkan hasil foto mikro pada daerah-daerah yang terbentuk akibat proses pengelassan. Dari gambar 4 terlihat bahwa logam induk dan HAZ terlihat hampir tidak ada perbedaan. Sedangkan pada *base material* terlihat jelas butiran-butiran memanjang seperti hasil roll dari manufaktur logam induk tersebut.

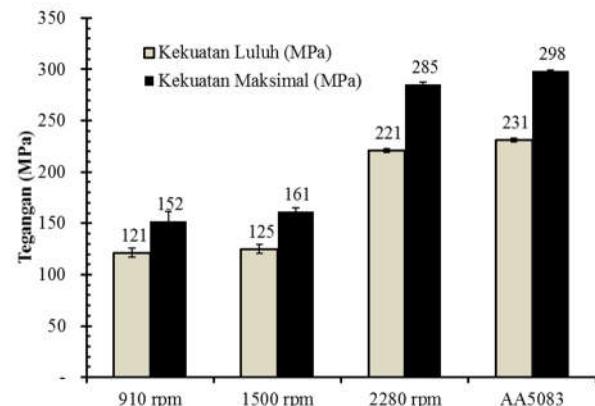


Gambar 4. Foto mikro a) Logam Induk b) HAZ c) TMAZ dan d) Weld Zone

Pada HAZ, material ini tidak mengalami deformasi plastis, namun terjadi pembesaran butir karena pengaruh suhu dari gesekan akibat putaran *tool*. Pada daerah TMAZ terlihat jelas adukan mekanis dari putaran *tool* sehingga material yang dilas mengalami perubahan deformasi. Pengambilan gambar TMAZ dari bagian *advancing side*. Daerah TMAZ merupakan transisi dari material dasar (HAZ) dan juga *weld zone*. Daerah *Nugget* merupakan area pengelassan yang terjadi rekristalisi. Butiran-butiran yang berwarna hitam merupakan fase larut seperti fase yang mengandung magnesium, silika atau mangan, sedangkan warna abu-abu merupakan partikel utama yaitu aluminium. Adukan dari *tool* terlihat membuat butiran-butiran pada daerah pengelassan semakin kecil dan halus.

Hasil pengujian tarik ditampilkan pada gambar 5, memperlihatkan kekuatan tarik maksimal tertinggi yaitu pada logam induk AA 5083 sekitar 298

MPa, sedangkan untuk pada variasi putaran *tool* 910, 1500 dan 2280 rpm masing-masing mendapatkan 152, 161 dan 285 MPa.

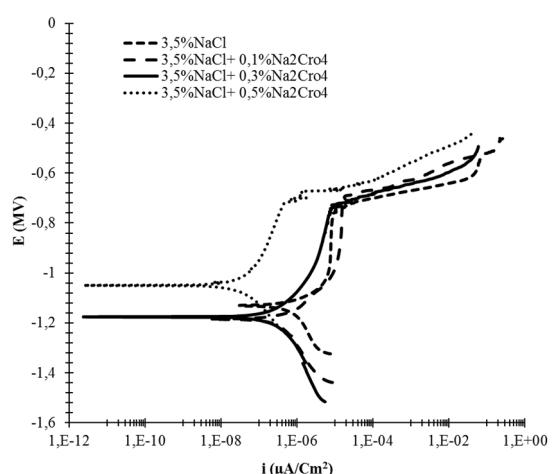


Gambar 5. Kekuatan tarik dan kekuatan luluh sambungan las FSW dengan berbagai variasi kecepatan putaran *tool*

Demikian halnya dengan kekuatan luluh pada sepesimen hasil las juga mengalami penurunan. Pada putaran *tool* 2280 rpm mempunyai kekuatan paling tinggi dibanding putaran *tool* yang lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran *tool* akan menghasilkan sambungan yang lebih baik karena ikatan yang terbentuk lebih kuat.

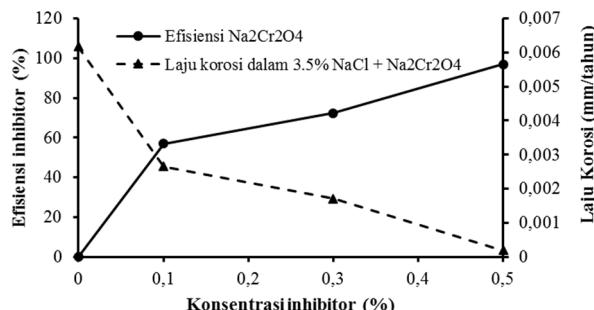
Tabel 2. Nilai E_{corr} , i_{corr} dan laju korosi

Larutan	E (MV)	i -corr ($\mu\text{A}/\text{Cm}^2$)	Laju korosi (mm/tahun)
3,5% NaCl	-1,132	0,53488	0,006166322
3,5%NaCl+ 0,1%Na ₂ CrO ₄	-1,176	0,2301	0,00265269
3,5%NaCl+ 0,3%Na ₂ CrO ₄	-1,184	0,14795	0,00170563
3,5%NaCl+ 0,5%Na ₂ CrO ₄	-1,048	0,01606	0,000185146



Gambar 6. Diagram Tafel hasil uji korosi

Hasil uji korosi dengan metode potensiodinamik pada las FSW pada putaran *tool* 2280 rpm dengan variasi inhibitor kromate dalam larutan 3,5% NaCl, dinyatakan dengan grafik polarisasi tafel seperti terlihat pada gambar 6. Sedangkan nilai potensial korosi (E_{corr}) dan rapat arus (i_{corr}) dari spesimen yang telah diuji bisa dilihat pada pada tabel 2.



Gambar 7. Grafik efisiensi dan laju korosi sambungan las FSW.

Dari gambar 6 terlihat bahwa laju korosi tertinggi terjadi pada konsentrasi kromat 0,1% dan yang terbaik pada 0,5%. Penambahan inhibitor kedalam larutan 3,5% NaCl terbukti mampu menurunkan laju korosi pada sambungan las FSW. Efisiensi inhibitor kromat dalam larutan 3,5% NaCl diperlihatkan pada gambar 7, terlihat bahwa dengan meningkatnya konsentrasi kromat menunjukkan peningkatan efisiennya. Pada konsentrasi kromat 0,5% memiliki efisiensi yang paling baik hingga mencapai 97%.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Sifat mekanik terbaik sambungan las FSW dihasilkan oleh putaran *tool* 2280 rpm.
- Penambahan inhibitor kromat kedalam larutan 3,5% NaCl mampu mengurangi laju korosi sambungan las FSW.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini didanai oleh dana hibah dosen pemula dari Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] W.M. Thomas, E.D. Nicholas, J.C. Needham, M.G. Murch, P. Temple-Smith, C.J. Dawes, Friction Stir Butt Welding, International Patent Application No. PCT/GB92/02203 and GB patent application No. 9125978.8; 6 December 1991.
- [2] R. S. Mishra, Z. Y. Ma, Friction stir welding and processing, Mater. Sci. Eng. R Reports (2005) 1–78.
- [3] M. Ghaffarpour, S. Kolahgar, B. M. Dariani, K. Dehghani, Evaluation of Dissimilar Welds of 5083-H12 and 6061-T6 Produced by Friction Stir Welding, Metall. Mater. Trans. A (2013) 3697–3707.
- [4] R. Moshwan, F. Yusof, M. A. Hassan, S. M. Rahmat, Effect of tool rotational speed on force generation, microstructure and mechanical properties of friction stir welded Al-Mg-Cr-Mn (AA 5052-O) alloy, *Materials and Design* (2015) 118–128.
- [5] FX. A. Wahyudianto, M.N. Ilman, P.T. Iswanto, Kusmono, Pengaruh Kecepatan Putaran Tool Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Kekuatan Tarik Pada Sambungan Las FSW Tak Sejenis Antara AA5083 dan AA6061-T6, Prosiding Seminar Nasional Material dan Metalurgi (SENAMM VIII) (2015) 17-22.
- [6] FX. A. Wahyudianto, M.N. Ilman, P.T. Iswanto, Kusmono, Prilaku Korosi Sambungan Las FSW Tak Sejenis Antara AA5083 dan AA6061-T6 dengan Variasi Putaran Tool Dalam Larutan 3,5% NaCl, Jurnal Mekanika UNS (2016) 56-59.
- [7] G. S. Frankel, R. L. McCreery, Inhibition of Al Alloy Corrosion by Chromates, *The Electrochemical Society Interface* (2001).