ISBN 978-979-8510-61-8

BKS-TM INDONESIA

HIMATEM

PROSIDING

Edisi Revisi

SEMINAR NASIONAL XII
TAHUNAN TEKNIK MESIN

Tema:

"Peran Riset Teknik Mesin Dalam Membangun Daya Saing dan Kemandirian Bangsa"

Sponsored By:

Sugar Group Companies

AUTODESK

TEKNO LOGIKA

Esindo

Kawan Lama

Sahabat Motor

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan doa syukur kepada Allah SWT, telah diterbitkan ***Edisi Revisi*** dari prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII). Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII) menyajikan makalah yang berkualitas yang berasal dari tulisan peneliti di bidang Teknik Mesin dari seluruh Indonesia. Makalah yang dipresentasikan dalam seminar ini meliputi lima konsentrasi Teknik Mesin yaitu konversi energi, material, mekanika terapan, produksi dan pendidikan teknik mesin.

Pada Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM XII) terdapat makalah tambahan berbahasa Inggris dari sesi Internasional yang pesertanya terdiri dari peserta Nasional dan dari Japan Society of Mechanical Engineering (JSME). Adanya sesi Internasional ini diharapkan akan menjadi sarana berbagi ilmu antara anggota Badan Kerjasama Teknik Mesin Indonesia (BKSTM) dengan JSME.

Edisi Revisi ini merupakan penyempurnaan dari edisi sebelumnya. Perubahan yang dilakukan diantaranya adalah memasukkan makalah baru yang belum sempat dimuat pada edisi sebelumnya, menyesuaikan kembali letak makalah berdasarkan bidang konsentrasinya, memperbaiki judul makalah serta melakukan perbaikan lainnya. Dengan demikian akan terjadi perubahan susunan dan penomoran halaman dari prosiding ini. ***Edisi Revisi*** diterbitkan bertujuan untuk mengakomodasi seluruh peserta yang telah mengirimkan makalahnya agar dapat mempergunakan prosiding ini sesuai dengan keperluannya.

Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua penulis yang telah mengkontribusikan makalahnya dalam seminar ini. Terima kasih juga kepada para anggota komite yang telah mencurahkan segala waktu dan usaha sehingga terselenggaranya seminar dengan sukses. Lebih lanjut ucapan terima kasih atas dukungannya kepada civitas akademika Fakultas Teknik UNILA pada khususnya dan UNILA pada umumnya.

Kami juga berterima kasih atas dukungan dari sponsor yaitu PT. Sugar Group, Autodesk (Tekno+Logika), Esindo Karya Lestari, PT. Sahabat Motor, PT. Gunung Madu dan PT. Kawan Lama.

Diharapkan prosiding ini akan dapat memberikan manfaat bagi kalangan akademisi, industri, praktisi dan seluruh masyarakat. Untuk para penulis agar berkenan untuk terus mempublikasikan hasil penelitiannya pada seminar-seminar SNTTM yang akan datang.

Bandar Lampung, 14 Januari 2014

Koordinator Pelaksana Seminar SNTTM XII

Dr.Eng.Shirley Savetlana, S.T., M.Met

JADWAL PARALLEL SESSION

DAY-1: 23 October 2013 ROOM I: JSME (International)

No	TIME	AUTHOR(S)	TITLE
1	13:00 - 13:15	A. A. Sagung Dewi A, Apip Amrullah, Akhmad Syarief, dan Rudi Siswanto	CONVERSION OF PLASTIC WASTE INTO ALTERNATIVE FUELS (SYNTHETIC FUELS) BY GASIFICATION METHOD
2	13:15 - 13:30	A.A.P. Susastriawan	GASIFICATION OF BIOMASS AS ALTERNATIVE ENERGY CONVERSION FOR RURAL AREA
3	13:30 - 13:45	Akmal Irfan Majid, Okto Dinaryanto, Deendarlianto, dan Indarto	The Study of Slug Flow Characteristics of Gas-Liquid Two-Phase Flow in A Horizontal Pipe by Using Image Processing Technique
4	13:45 - 14:00	Zainal Arifin, Suyitno, M. Anwar Ahmadi Omid, Agus Supriyanto, dan Lukman Nulhakim	Electrospun AZO Electrodes and Solid-State Electrolyte for Dye-Sensitized Solar Cells
5	14:00 - 14:15	Anggita Gigih W.I., Pandu Fadlurahman, Deendarlianto, dan Adhika W.	The Effect of The Bubbling Generation Methods on The Performance of Microbubble Generator Pressurized Type
6	14:15 - 14:30	Anindityo Patmonoaji, Manuel Banowski, Dirk Lucas, dan Deendarlianto	Investigation of Gas Bubble Velocities from Experimental Data f Ultra Fast Two-Layer Electron Beam X-Ray Tomography
7	14:30 - 14:45	Daisuke Mito, Tatsunori Mano, Masayuki Tanino, Masaru Hongo, Kazuo Wakasa, and Koji Matsumoto	Chilled Water Feeder by using Dynamic Ice in a Dairy Product Plant
8	14:45 - 15:00	Suyitno, Wibawa Endra Juwana, Oky Dwi Hanggara Putra, Sutarmo, Sholiehul Huda, Ahmed Hissen	Effects of Working Fluids on the Performance of Stirling Engine
9	15:00 - 15:15	Jayan Sentanuhady, Jannati Adnin Tuasikal	Combustion Wave Characteristics of LPG-Oxygen Mixture behind Porous Media Model
	15:15 - 15:45	BREAK	
10	15:45 - 16:00	Deendarlianto, Okto Dinaryanto, Akhmad Zidni Hudayah, and Indarto	Experimental Study on the Interfacial Behavior of Air-Water Slug Two-Phase Flow in a Horizontal Pipe
11	16:00 - 16:15	Harwin Saptoadi, Anjar Kresna Putra, Wega Trisunaryanti, Zainal Alimuddin, Mochamad Syamsiro, and Kunio Yoshikawa	Energy Balance of non-catalytic Pyrolysis of Plastic Wastes to produce Liquid Fuel
12	16:15 - 16:30	Harinaldi, Arief Randy, Aldy Andika, and Damora Rhakasywi	Convective Cooling on a Heat Sink with a Cross Flow Synthetic Jet
13	16:30 - 16:45	Joko Waluyo	Development of Simulation Model for Charging of Stratified Thermal Energy Storage Tank in Cogeneration Plant
14	16:45 - 17:00	Nandy Putra, Wayan Nata Septiadi, Bambang Ariantara, and Atrialdipa Duanovsah	Thermal Analysis of Cascade Loop Heat Pipes with Biomaterial Wick
15	17:00 - 17:15	Sugeng Supriadi, Tsuyoshi Furushima, and Ken-ichi Manabe	Application of vision-based fuzzy control to produce variable cross sectional profile of tubular part
16	17:15 - 17:30	Warjito and Nurrohman	Electroflotation of Batik Waste

2	08:15 - 08:30	Joko Sarwono Utoyo, Tachli Supriyadi, dan Gatot Eka Pramono	ANALISIS UMUR PAKAI HILECAL GEAR PADA SISTEM SPEEDOMETER KENDARAAN RODA DUA MATERIAL ACETAL RESIN
3	08:30 - 08:45	Joko Sarwono Utoyo, Tachli Supriyadi, dan Gatot Eka Pramono	ANALISIS PENGARUH CACAT PIN HOLE TERHADAP LAJU KOROSI PADA PELAPISAN ELECTRODISPOSITION COATING MATERIAL EZDA 3
4	08:45 - 09:00	Jon Affi, Febriyandi, Dedison Gasni, dan Zulkifli Amin	Penggunaan Gas Argon sebagai Pelindung Proses pada “Free Vacuum Diffusion Bonding". Studi Kasus Sambungan Aluminium Al 5052 dan Tembaga Murni Komersil
5	09:00 - 09:15	Kristomus Boimau, Jamasri, dan Verdy A. Koehuan	Pengaruh Lingkungan Terhadap Sifat Tarik dan Bending Komposit Serat Glass
6	09:15 - 09:30	Kusmono	Penyerapan air dan uji toksisitas komposit Bis-GMA/TEGMA/Clay sebagai material tambal gigi
7	09:30 - 09:45	Mahlina Ekawati	Analisis Kecepatan Propagasi Retak Pipa Distribusi Bahan Bakar Minyak dalam lingkungan Korosif
8	09:45 - 10:00	Muhammad Budi Nur Rahman dan Aris Widyo Nugroho	Pengaruh Tegangan Listrik Pada Proses Pelapisan Chrome Terhadap Ketebalan Lapisan, Kekerasan dan Laju Korosi Baja HQ760 di Lingkungan Air Laut
	10:00 - 10:30		BREAK
9	10:30 - 10:45	Muhammad Iqbal, Bakri, dan Irfan3	Analisis Sifat Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah dengan Proses Pack Carburizing Media Arang Kayu Asam
10	10:45 - 11:00	Onny S Sutresman dan Thomas Tjandinegara	PENERAPAN SIMULASI NUMERIK PENENTUAN DEFLEKSI PADA PROFIL HS- 75
11	11:00 - 11:15	Rusnaldy, Ismoyo Haryanto, Binar Ade Nugraha, Ahmad Zaedun, Achmad Widodo, dan Berkah Fajar	Studi Awal Ketahanan Balistik pada Lembaran Baja
12	11:15 - 11:30	IDG Ary Subagia	Study Sifat Ketangguhan Patahan Tarik Material Hybrid Komposit dengan Penguat Interply Serat Karbon dan Basalt
13	11:30 - 11:45	Shirley Savetlana, Nafrizal and Adhan Reza	Charpy Impact Property of Sugar Palm Fibre Reinforced Epoxy Composite
14	11:45 - 12:00	Asnawi Lubis, Shirley Savetlana, and Ahmad Su’udi	The Influence of Radius Ratio and Cross Section Ovality on Limit Pressure of LPG Toroidal Tanks
	12:00 - 13:00		BREAK
15	13:00 - 13:15	Yovial Mahyoedin	Pengaruh Ukuran Partikel Filler pada Sifat Reologi Bahan Komposit Polipropilen / Grafit
16	13:15 - 13:30	Nugroho E, Iswanto PT	Pengaruh Variasi Inokulan Al-Ti-B dan T6 pada Centrifugal Castingterhadap Karakteristik Perambatan Retak Fatik Velg dari Bahan Aluminium Skrap
17	13:30 - 13:45	Sumadi dan Yoserizal Geneng	ANALISA KERUSAKAN SURFACE RUBBER COVER PRESS ROLL PADA MESIN PRINTING TYPE CONTINUOS
18	13:45 - 14:00	Tumpal Ojahan R dan Pratiwi D K	KAJIAN PROSES EKSTRAKSI SERAT BATANG PISANG KEPOK SEBAGAI FIBER DENGAN MATRIKS RECYCLED POLYPROPYLENE (RPP) MATERIAL KOMPOSIT
19	14:00 - 14:15	Tumpal Ojahan R, dan Pratiwi D K	ANALISA KEKUATAN PUKUL TAKIK DAN *SCANNING ELECTRON MICROSCOPE* (SEM) DENGAN VARIASI FRAKSI VOLUME KOMPOSIT BERMATRIKS *RECYCLED POLYPROPYLENE* (RPP) TERHADAP FILLER SERAT BATANG PISANG
20	14:15 - 14:30	Muhammad Irsyad, Arsyadi Suwono, Yuli S Indartono	Prediksi Penurunan Daya Pompa Akibat Penambahan Bahan Berubah Fasa pada Refrigeran Sekunder Sistem Pengkondisian Udara Jenis Chilled Water
21	14:30 - 14:45	A Yudi Eka Risano	Analisis Efek Beban Thermal pada Perancangan Pressure Vessel untuk Pengolahan Limbah Kelapa Sawit dengan Kapasitas 10.000 ton/bulan
22	14:45 - 15:00	Harmen, Egi Naratama, Jasiron, Riyan Arizona	Analisa Pengaruh Penggunaan Brown Gas terhadap Prestasi Mesin

KODE	NAMA PEMAKALAH DAN JUDUL MAKALAH	HALAMAN
MAT178	Efek Hidrogen Pada Void Coealescence : Sebuah Studi Numerik (Hydrogen Effects on Void Coalescence : A Numerical Study) **Agung Premono**	1081 - 1085
MAT179	Pengaruh Perlakuan Permukaan Nitro-Karburasi Plasma Terhadap Kekerasan Dan Ketahanan Korosi Ss 316 **Aris Widyo Nugroho, Sigit Prabowo, Tjipto Sujitno**	1086 - 1092
MAT180	Efek Kondisi Lingkungan Komposit Serat Sabut Kelapa Sebagai Penguat Terhadap Kekuatan Impak Untuk Aplikasi Baling-baling Kincir Angin (The Environmental Effect of Coir Fibre Composite as Reinforcement On Impact Strength for Wind Energy Propeller Application) **Bakri, Sri Candrabakty , dan Andi Dahyar**	1093 - 1097
MAT181	Analisa Kegagalan Pengecoran Logam Kuningan Pada Pembuatan Talempong dan Canang **Burmawi**	1098 - 1102
MAT182	Pengaruh Temperatur Pemanasan terhadap Kekuatan Geser Sambungan Difusi antara AA5052 – Cu Murni Komersil **Ferly Wahyudhi, Jon Affi, Zulkifli Amin, Dedison Gasni,**	1103 - 1107
MAT183	Pengaruh Temperatur Terhadap Kekerasan Dan Fracture Toughness Komposit Matriks Keramik Produk Directed Melt Oxidation (Dimox) **G.N. Anastasia Sahari**	1108 - 1112
MAT184	Pengaruh Slag Ball Blasting terhadap Kekerasan Femoral Head Hip Joint Prosthesis AISI 316L **Gerald Adityo Pohan, Suyitno**	1113 - 1117
MAT185	Some Optimization in Production of Alumunium Metal Matrix Composites (AMMC) by Stir Casting Process -Review- **H. Budiman**	1118 - 1124
MAT186	Pengaruh Kekasaran PermukaanTerhadap Kekuatan Geser Sambunganantara AA 5052 dan Cu Murni Komersil Menggunakan “Free VacuumDiffusion Bonding” **Heryanda,Jon Affi,Dedison Gasni,Zulkifli Amin**	1125 - 1129
MAT187	Analisis Kecepatan Propagasi Retak Pipa Distribusi Bahan Bakar Minyak dalam lingkungan Korosif.(The Analysis of crack propagation rate onoil fuel pipelines in the corrosion area) **Mahlina Ekawati**	1130 - 1136
MAT188	Simulasi Numerik Perilaku Tumbukan Pelat Baja Terhadap Proyektil **Ismoyo Haryanto, Rusnaldy, Prasetiyo Adi Prabowo, Achmad Widodo, Toni Prahasto**	1137 - 1141
MAT189 ✓	Penggunaan Gas Argon sebagai Pelindung Proses pada “Free Vacuum Diffusion Bonding". Studi Kasus Sambungan Aluminium AA 5052 dan Tembaga Murni Komersil **Jon Affi, Febriyandi, Dedison Gasni, Zulkifli Amin**	1142 - 1147

Penggunaan Gas Argon sebagai Pelindung Proses pada "*Free Vacuum Diffusion Bonding*". Studi Kasus Sambungan *Aluminium* AA 5052 dan Tembaga Murni Komersil

Jon Affi, Febriyandi, Dedison Gasni, Zulkifli Amin

Jurusan Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Padang, 25163
E-mail: jon_affi@ft.unand.ac.id

Abstrak

Penyambungan dua material logam secara permanen biasanya dilakukan dengan cara pengelasan fusi. Sebagian kecil dari kedua logam dicairkan dan disatukan sehingga terbentuk sambungan saat pembekuan kedua logam tersebut. Pencairan sebagian logam ini akan berakibat terjadi perubahan struktur mikro dari logam yang disambung baik pada bagian yang mencair ataupun pada sisi didekatnya (*HAZ*). Disamping itu, secara makro akan terjadi perubahan dimensi dan distorsi akibat panas pengelasan yang digunakan. Untuk dua material logam yang memiliki perbedaan temperatur leleh yang berbeda jauh, pengelasan fusi ini akan sangat sulit dilakukan. Penyambungan difusi merupakan alternatif untuk menyambung kedua material tersebut secara padat (s*olid state welding*)

Penyambungan difusi bisa dilakukan di ruangan vakum atau tanpa vakum. Difusi terjadi saat berkontaknya dua logam yang ditekan di ruangan vakum pada temperatur tertentu. Kondisi vakum bertujuan menekan pertumbuhan oksida di antara kedua logam yang disambung sehingga proses difusi bisa berlangsung lebih baik antar logam. Ruang tungku yang terkondisi ini bisa digantikan dengan tungku perlakuan panas komersil menggunakan gas pelindung argon. Namun, laju pemberian gas argon yang optimal terhadap kualitas sambungan perlu diteliti. Pada penelitian ini, gas argon 3 liter permenit, 5 liter permenit telah digunakan selama proses difusi berlangsung. Sebagai pembanding, proses difusi tanpa gas pelindung juga telah diamati. Preparasi permukaan sambungan dilakukan dengan mengunakan mesin poles dan alumina terlarut dalam air. Proses difusi dilakukan dengan tungku perlakuaan panas induksi skala laboratorium. Kekuatan sambungan telah dievaluasi menggunakan uji geser menggunakan universal testing machine. Pengamatan struktur mikro sambungan dan migrasi atom-atom telah diamati dengan mikroskop optik logam, scanning electron microscope yang dilengkapi dengan electron dispersive X-Ray microanalizer.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan geser tertinggi diperoleh jika menggunakan gas argon dengan laju tertinggi (5 liter permenit). Hal ini disebabkan oleh terhalang nya pertumbuhan oksida karena gas oksigen susah masuk dialiran gas argon. Tidak ada perbedaan menyolok antara interlayer yang terbentuk pada sambungan dengan pelindung argon atau tanpa pelindung. Perbedaan nilai kekuatan geser diprediksi disebabkan oleh konsentrasi atom-atom tembaga yang bermigrasi melewati permukaan kedua logam menuju aluminium sehingga mempengaruhi besarnya tegangan geser yang diperlukan untuk memisahkan material.

Keywords: Penyambungan difusi, gas argon, kekuatan geser, konsentrasi migrasi atom.

Pendahuluan

Dalam proses manufaktur, penggabungan dua material logam *(joining)* secara permanen biasanya dilakukan dengan cara pengelasan fusi. Namun pengelasan fusi ini akan sangat sulit dilakukan untuk penyambungan material yang memiliki sifat fisik seperti temperatur leleh dan koefisien ekspansi termal yang berbeda jauh seperti halnya alumunium dan tembaga (Mahendran 2010). Pengelasan padat adalah solusi yang dapat digunakan untuk penyambungan kedua logam berbeda tersebut. Dengan pengelasan padat, pembentukan fasa campuran yang merugikan diantara kedua logam yang disambung tersebut bisa diatasi. Disamping itu, perubahan struktur di daerah pengaruh panas akibat pengelasan fusi juga bisa dicegah.

Proses penyambungan logam pada dasarnya adalah pembentukan ikatan interatomic (ikatan logam) dari dua logam yang disambung. Ikatan interatomic menjadi tidak mungkin dengan keberadaan lapisan oksida dikedua permukaan yang akan disambung. Ikatan interatomic antar logam terjadi jika antar atom sudah berjarak kecil dari 1 namometer. Sedangkan tebal lapisan oksida sudah mencapai puluhan nanometer. Untuk membentuk ikatan interatomic, logam-logam harus dicairkan sehingga

terjadi pencampuran cair dan membeku bersamaan membentuk ikatan logam. Begitu juga dengan pengelasan padat seperti pada proses pengelasan gesek (*friction welding*). Bidang kontak pembentuk sambungan ditekan sedemikian rupa dalam keadaan ada gerak relatif di antara masing-masing permukaan. Gesekan akan menimbulkan panas dan menyebabkan lapisan oksida terangkat atau berpindah. Permukaan yang ditinggalkan oksida dengan segera akan berkontak dengan permukaan lain yang oksidanya juga sudah terangkat. Kontak ini akan menyebabkan logam akan berkontak secara interatomik. Pengelasan gesek ini sangat sukses untuk menyambung dua logam yang berbeda dengan kualitas sambungan yang cukup memadai. Namun, proses ini masih mempunyai kelemahan yaitu masih dibutuhkan proses penyelesaian permukaan setelah proses dan sulitnya mengontrol kualitas dimensi dari logam-logam yang disambung.

Cara pengelasan padat yang lain adalah penyambungan difusi (diffusion bonding). Material yang disambung ditekan dan ditahan beberapa lama dalam tungku vakum pada sisi yang akan disambung. Temperatur yang digunakan biasanya antara 0,5 hingga 0,8 tempertur cair dalam Kelvin (Smith William F 1996). Kekuatan sambungan sangat bergantung pada pembentukkan fasa-fasa pada interface sambungan. Sampai saat ini, kekuatan sambungan masih relatif rendah bila dibanding dengan metoda penyambungan yang lain. Penyebab utama rendahnya kekuatan sambungan adalah terbentuknya fasa-fasa getas pada interface sambungan (P. He dan D. Lie 2006). Untuk itu diperlukan suatu model untuk memperkirakan senyawa intermetallic yang terbentuk pada interface. P. He dan D. Lie menyatakan bahwa energi penggerak pembentukkan fasa ditentukan oleh sifat-sifat spesifik dari logam yang disambung. Untuk logam-logam murni, pemodelan bisa dilakukan untuk memperkiraan fasa-fasa yang terbentuk. Namun untuk kondisi paduan, tertutama jumlah paduan terlarut sangat kecil, pemeriksaan kualitas sambungan difusi dengan uji mekanik serta pemeriksaan struktur mikro lebih sederhana untuk dilakukan.

Dalam skala industri, proses penyambungan difusi bisa juga dilakukan dengan kombinasi antara pemanasan dan deformasi plastis. Bimetal Cu/Al telah berhasil dibuat dengan proses roll bonding yang dilanjutkan dengan proses anil (Xiaobinng Li dkk 2011). Batangan Cu/Al juga berhasil dibuat dengan proses penarikan dilanjutkan proses perlakukan panas (Sangmok Lee dkk 2012). Proses pengerolan tidak simetri (terjadi karena perbedaan kekuatan material sehingga laju deformasi berbeda pada pengerolan bersama dua material berbeda) menghasilkan permukaan kontak yang cukup baik sehingga proses difusi antar logam berbeda terjadi lebih baik saat dianil. Hal ini menyebabkan meningkatnya ketebalan lapisan *interfacial* dan meningkatkan kekuatan tarik dan juga perpanjangan (elongasi). Melalui proses penarikan, dua plat yang ditarik saat didempetkan, lamanya proses penuaan berpengaruh terhadap ketebalan lapisan difusi.

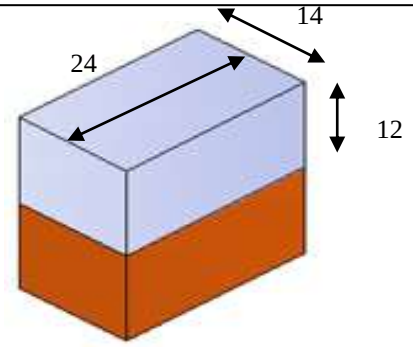
Penyambungan difusi adalah penyambungan yang tergolong mahal. Tungku yang digunakan adalah tungku vakum dengan penekan serta pemanas yang terintegrasi dalamnya serta dapat dikontrol. Dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk memvakumkan tungku sebelum sambungan dipanaskan dan mengeluarkan mengeluarkan sambungan dari kondisi vakum. Akibatnya, biaya produksi perunit sambungan menjadi sangat tinggi. Karena alasan ini, penyambungan difusi menggunakan tungku perlakukan panas komersil tanpa ruang vakum menjadi menarik untuk digunakan. Material yang akan disambung cukup di-clamp untuk memberikan tekanan kemudian dipanaskan dan ditahan dalam tungku beberapa menit. Proses penyambungan difusi tanpa tungku vakum ini dikenal dengan *free vacuum difussion bonding*.

Proses penyambungan difusi dengan tungku perlakukan panas komersil ini belum teruji secara baik dari segi ketersambungan ataupun kekuatan sambungan. Proses difusi sangat dipengaruhi oleh keberadaan lapisan oksida dipermukaan kontak yang logam yang disambung. Dengan pemanasan, lapisan oksida ini akan berkembang atau menjadi lebih tebal sehingga proses difusi akan terganggu. Penggunaan gas pelindung selama proses pemanasan dan penekanan diharapkan akan menekan laju pertumbuhan oksida sehingga penghalang proses difusi bisa diminimalkan. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat pengaruh penggunaan gas pelindung terhadap kekuatan sambungan difusi. Kekuatan sambungan difusi diuji menggunakan uji geser. Permukaan patah dari sampel juga akan diamati. Perkembangan struktur mikro pada sisi sambungan akan diamati dengan mikoskop optik dan mikroskop elektron yang dilengkapi dengan EDX.

Metoda Eksperimen & Fasilitas yang Digunakan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah Aluminium AA5052 dan tembaga murni komersil. AA 5052 mengandung 2,5% Mg dan 0,23% Cr. Material kemudian dipotong dengan ukuran yang sama yaitu 24X14X12 mm. Permukaan sample yang akan disambung adalah permukaan 24X14 seperti terlihat pada Gambar 1.

ISBN 978 979 8510 61 8



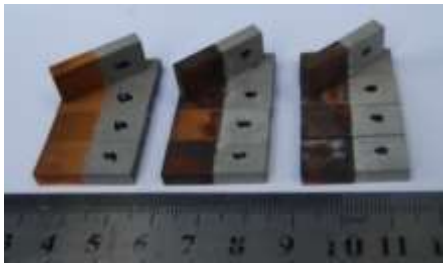
Gambar 1. Dimensi sampel uji.

Permukaan ini diamplas hingga grid #2000 selanjutnya dipoles dengan pasta alumina 0,1µm. Penahanan sampel dalam tekanan diberikan dengan *clamp* yang bisa dikencangkan dengan baut. Tekanan diberikan dengan mesin penekan hidrolik yang bisa diukur beban tekannya seperti terlihat pada Gambar 2. Setelah didapatkan tekanan 73MPa, baut clamp dikencangkan sehingga penekanan oleh mesin penekan bisa dilepaskan. Selanjutnya sampel yang berada dalam tekan clamp dimasukan dalam tungku untuk dipanaskan dan ditahan pada temperatur 470^{o}C dengan tungku induksi Naberthem L 9/11/SKM. Temperatur pemanasan 470^{o}C dicapai dalam 30 menit dengan waktu penahanan selama 6 jam. Kemudian sampel didinginkan di dalam tungku hingga temperatur kamar. 3 kondisi tungku telah divariasikan yaitu 1. Tanpa perlindungan gas argon, 2. Dengan perlindungan gas argon laju 3 l/menit, 3. Dengan perlindungan argon dengan laju 5 l/menit.

Gambar 2. Proses pemberian beban pada spesimen

Sampel uji geser disiapkan dengan pemotongan kawat (wire cutter) menggunakan CNC wire cutter Fanuc WO di laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin ITB. Ukuran sampel uji geser yang digunakan adalah 12 x 10 x 4 mm seperti terlihat pada Gambar 3. Masing-masing kondisi (tanpa perlindungan, perlindungan 3 l/menit dan 5l/menit) diambil 4 sampel uji. Uji geser dilakukan menggunakan spesial *fixture* yang dibuat di laboratorium Inti Teknologi Produksi Jurusan Teknik Mesin. Fixture dipasangan pada Mini mesin uji tarik mini COM-TEN testing machine 95T series dengan laju turun punch 2,5 mm/menit.

Pemeriksaan struktur mikro dilakukan setelah sampel di amplas hingga grid #2000 dilanjutkan dengan poles menggunakan pasta alumina 0,1µm menggunakan mikopskop optik logam Olympus GX71F. Sedangkan penampang patahan di cuplik menggunakan mikroskop stereo Olympus SZX10. Pengamatan detail struktur mikro dilakukan dengan scanning electron microscope Hitachi SN-3400N yang dilengkapi dengan Horiba EDX EMAX X-Act (Energy Dispersive X-Ray Microanalizer).

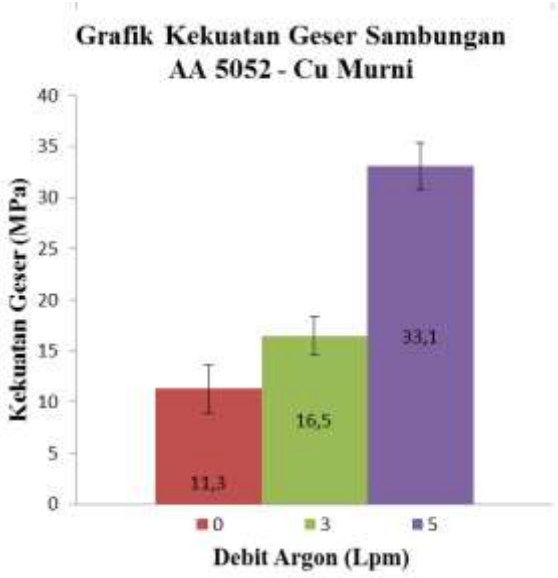


Gambar 3. Sampel uji geser dan metalografi

Hasil dan Pembahasan

Kekuatan Geser Sambungan AA 5052 – Cu Murni

Data hasil pengujian geser ditampilkan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Kekuatan geser sambungan AA 5052 – Cu Murni

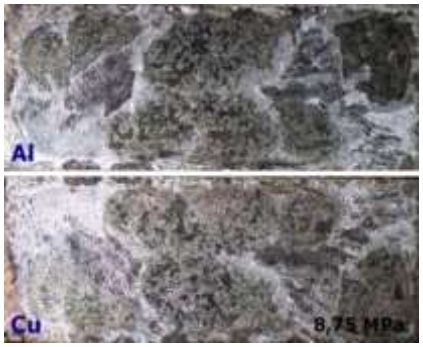
Terlihat bahwa kekuatan geser rata-rata sampel yang ditekan dalam tungku tanpa perlindungan adalah 11,3 Mpa. Sedangkan sampel yang dilindungi dengan argon memiliki keuatan geser lebih tinggi yaitu 16,5 MPa untuk laju gas argon 3 l/menit dan 33 Mpa untuk laju

ISBN 978 979 8510 61 8

argon 5 l/menit. Jelas sekali bahwa argon berpengaruh pada kekuatan geser sambungan difusi. Bisa diprediksi gas argon dapat menghalangi masuk oksigen ke dalam ruangan tungku sehingga laju pertumbuhan oksida pada kedua permukaan logam (aluminium dan tembaga) bis
dihambat. Kekuatan geser tertinggi diperoleh dengan pengunaan argon 5 l/menit. Terlihat pada Gambar 3, sampel dengan perlindungan argon 5 l/menit lebih bersih walaupun setelah dipotong dengan wire cutter (dari kanan ke kiri sampel tanpa perlindung, tengah sampel perlindungan 3 l /menit, paling kiri 5 l /menit).

Penampang patahan

Pengamatan penampang patahan geser (Gambar 5) menunjukkan perbedaan yang nyata antara sampel yang dilindungi dengan yang tidak dilindungi argon. Patah didominasi pada permukaan bidang batas antara aluminium dan tembaga untuk sampel yang tidak dilindungi (Gambar 5 (a)). Bagian yang terlihat putih menunjukkan bahwa patah terjadi di interlayer (daerah difusi tembaga ke alumnium). Prosentase patah di daerah difusi masing kurang dari 40%. Sedangkan sampel yang dilindungi argon, baik dengan laju 3 l/menit ataupun 5 l/menit, prosentase patah didaerah difusi lebih dari 70%.



(a) struktur makro patahan AA 5052 – Cu Murni tanpa menggunakan gas argon.

(b) struktur makro patahan AA 5052 – Cu Murni dengan menggunakan gas argon 3 ltr/mnt.

(c) struktur makro patahan AA 5052 – Cu Murni dengan menggunakan gas argon 5 ltr/mnt.

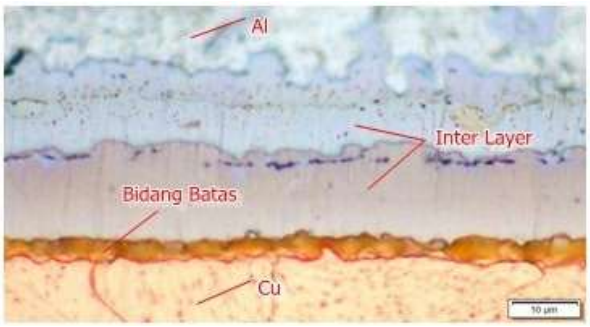
Gambar 5. Struktur makro patahan sambungan AA 5052 – Cu Murni

Tembaga memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari aluminium sehingga patah geser tidak mungkin menjalar di daerah tembaga. Namun juga tidak mungkin di daerah aluminium karena punch dibuat sejajar dengan bidang batas. Patah yang paling mungkin adalah di bidang batas atau di daerah difusi (interlayer). Bidang batas adalah bidang yang paling lemah untuk terjadi patah. Pada kondisi tidak terlindung, oksida akan tumbuh sehingga proses difusi terhalang. Namun, bagian lain pada bidang kontak masih bisa menghasilkan difusi atom-atom diantara kedua logam. Prosentase bidang ini kurang dari 40 % sehingga kekuatan geser sangat rendah.
Pada kondisi terlindung argon, migrasi Cu kedalam Al atau Al ke Cu akan lebih mudah. Dengan bermigrasinya atom-atom pada bidang batas, maka akan terjadi penyusunan diri atom-atom dengan mereduksi jumlah ketidakberaturan atom-atom kedua permukaan logam. Dengan demikian akan terbentuk ikatan metalik antara Al dan Cu. Bidang ini akan semakin kuat karena memiliki konsentrasi atom yang bermigrasi sangat tinggi (dalam hal ini kontrasi atom Cu tertinggi dibidang batas dengan Al). Sedangkan daerah difusi (interlayer) merupakan daerah yang mengandung aluminium dan tembaga dalam bentuk larut padat atau mungkin senyawa. Sesuai dengan teori penguatan logam, larut padat dengan konsentrasi atom terlarut lebih tinggi dan senyawa mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding konsentasi yang lebih rendah apalagi terhadap logam murni. Patah geser akan bergeser kedaerah interlayer.

Interlayer atau daerah difusi

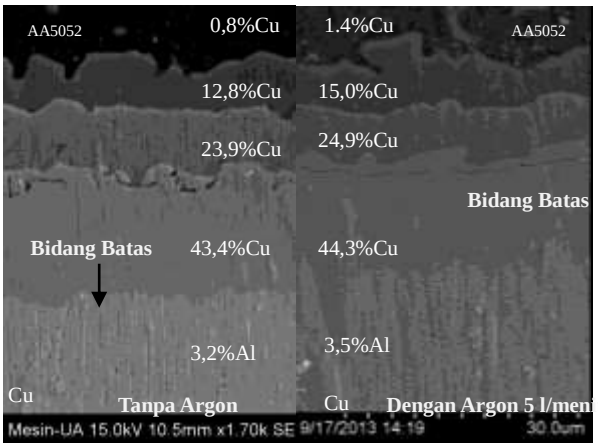
Karakteristik struktur mikro pada sambungan AA 5052 – Cu Murni dapat dilihat pada Gambar 6.

ISBN 978 979 8510 61 8



Gambar 6. Karakteristik struktur mikro sambungan AA 5052 – Cu Murni

Pada Gambar 6 terlihat bahwa ada 3 interlayer yang teramati menggunakan mikroskop optik. Interlayer pertama setelah tembaga mempunyai ketebalan 15 hingga 20 µm. Sedangkan interlayer kedua dan ketiga mempunyai ketebalan yang hampir sama yaitu 10 hingga 15 µm. Bidang batas antara Al dan Cu terlihat menyerupai produk karat (dust) yang disebabkan oleh reaksi zat etsa dengan bidang batas. Bidang batas ini telah mengalami deformasi hebat sewaktu ditekan dan dipanaskan dalam tungku. *Asperity* (puncak dan lembah kekasaran permukaan) mengalami deformasi dengan hebat. Bidang deformasi hebat ini memiliki derajat ketidakberaturan susunan atom yang tinggi dengan tingkat energi yang tinggi pula. Keadaan ini memudahkan zat etsa untuk menyerangnya dan menghasil reaktan berupa karat (dust). Hal ini persis sama dengan serangan zat etsa terhadap batas butir dari logam. Untuk mengamati detail migrasi atom-atom di dekat bidang batas, permukaan setelah dipoles harusnya tidak dietsa, tetapi permukaan dalam keadaan ini sulit diamati dengan mikroskop optik. Permukaan sambungan tanpa etsa selanjutnya diamati dengan scanning electron microscope (SEM) seperti Gambar 7.



Gambar 7. Data pengamatan mikro struktur dengan menggunakan SEM

Pada Gambar 7 terlihat bahwa 3 interlayer terlihat lebih jelas. Interlayer yang terbentuk ini memiliki ketebalan hampir sama antara sampel tak terlindung dan yang terlindung. Pada Gambar 7 ini juga terlihat nyata bahwa bidang batas untuk sampel yang tidak dilindungi argon sangat jelas. Sedangkan bidang batas untuk sampel yang dilindungi argon mulai sedikit kabur. Ini membuktikan bahwa sudah terjadi pertumbuhan oksida untuk sampel yang tidak dilindungi. Kondisi ini menyebabkan atom lebih sulit bermigrasi dari Cu ke Al atau sebaliknya. Sebaliknya dengan sampel yang dilindungi, jumlah atom yang bermigrasi lebih banyak baik dari Cu ke Al atau Al ke Cu.

Pemeriksaan konsentrasi atom-atom pada sisi Cu, Al dan interlayer dengan EDX menunjukkan bahwa konsentrasi atom yang bermigrasi lebih tinggi untuk sampel yang dilindungi argon. Pada sisi Cu, aluminium yang bermigrasi sedikit lebih banyak. Fasa yang terbentuk diprediksi masih berfasa α dikarenakan konsentrasi terlarut Al dam Cu bisa mencapai sekitar 10% berat (ASM Handbook Vol 3 Alloy Phase Diagram 1992). Sedangkan pada interlayer lapis pertama dengan konsentrasi Cu dan Al hampir sama banyak yaitu 43-44 Cu dengan 56-57% Al. Dipastikan ini adalah campuran larut padat $\kappa + \theta$. Pada layer ini dipastikan bahwa prosentasi jumlah fasa θ lebih banyak karena jumlah atom Cu yang bermigrasi lebih tinggi pada sampel yang dilindungi pada yang tidak dilindungi. Begitu juga untuk layer 2 dan 3, merupakan campuran fasa larut padat $\kappa + \theta$. Kedua layer juga mempunyai sifat yang hampir sama dengan layer pertama namun dengan prosentasi θ yang lebih banyak untuk sampel yang dilindungi karena konsentrasi Cu yang terdeteksi dengan dengan EDX lebih tinggi.

Kesimpulan

1. Kekuatan geser sambungan naik seiring dengan penggunaan gas argon yang lebih banyak.
2. Perkebangan lapisan oksida bisa dihalangi dengan penggunaan gas argon walaupun material berada pada temperatur tinggi. Penggunaan gas argon dengan laju 5 l /menit mampu menghambat pertumbuhan oksida dan menyebabkan konsentrasi atom-atom yang bermigrasi lebih mudah.
3. Terdapat 3 lapisan interlayer dengan ketebalan 10 hingga 20 µm. Ketebalan interlayer tidak berbeda antara sampel yang dilindungi dengan yang tidak dilindungi. Namun konsentrasi atom-atom Cu yang terdeteksi pada layer lebih tinggi pada sampel yang terlindung argon dibanding sampel yang tidak terlindungi.
4. Semua lapisan interlayer diprediksi merupakan campuran fasa $\kappa + \theta$.
5. Sedangkan pada sisi Cu, dengan migrasi atom Al fasa

yang terbentuk adalah fasa α.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih ke Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah membiayai sebagian dari penelitian ini melalui kontrak No 010/PL/SPK/PNP/FT-Unand/2013.

Referensi

G, Mahendran, V. Balasubramanian, T. Senthilvelan, Influences of diffusion bonding process parameter on bond characteristic of Mg-Cu dissimilar joints, Trans, Nonferrous Met. Soc. China, 20 (2010) 997-1005.

Smith William F, Principle of Materials Science And Engineering, Third Edition, McGraw-Hill, Inc, Amerika;1996.

P. He dan D. Liu, Mechanism of forming interfacial intermetallic compounds at interface for solid state diffusion bonding of dissimilar materilas, Mat. Sci and Eng (2006) 430-435

Xiaobing Li, Guoyin Zu, Mingming Ding, Yongliang Mu, Ping Wang, Interfacial microstructure andmechanical properties of Cu/Al clad sheet fabricated by asymmetrical roll bonding and annealing, Mat. Sci.and Eng A 529 (2011) 485-492

Sangmol Lee, Min-Geun Lee, Sang-pill Lee, Geun-Ahn Lee, Yong-Bae Kim, Jon-Sup Lee, Dong-Su Bae, Effect of bonding interface on delamination behavior of drawn Cu/Al Bar clad material, Trans, Nonferrous Met. Soc. China, 22 (2012) s645-s649

ASM Committe, ASM Handbook Vol 3 Alloy Phase Diagram, 1992.