

Perilaku kekuatan fatigue paduan aluminium seri 2014 akibat proses termomekanikal aging

Sujita

Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mataram

Abstrak

Pengaruh panjang lap dan kekasaran permukaan terhadap perbaikan kegagalan material komposit telah dilakukan pengujian. Perbaikan dilakukan dengan menggunakan double strap sambungan pada material fiberglass komposit yang di hibrid. Semua tes dilakukan pada temperatur ruangan dan di lingkungan laboratorium. Dari hasil penelitian, bahwa panjang lap yang optimum (60 mm) bisa meningkatkan beban kegagalan. Selanjutnya meningkatnya angka kekasaran permukaan menurunkan beban kegagalan, sehingga specimen sebelum perlakuan dengan permukaan lebih halus kondisinya lebih baik.

Kata Kunci : Panjang lap, kekasaran permukaan, sambungan double strap, beban kegagalan

Abstract

Aluminium alloy seri 2014 is material which is often used in industry. Because excellence of mechanic properties. But also have the weakness at properties of strength fatigue. Though fatigue strength is important parameter in desain, especially if application at condition of dinamic loading, so that need the treatment to improve it. Fatigue strength go together the micro structure and mode of failure of failure of effect of stress concentration. Aging treatment ordinary done not yet given the influence which even on the contrary. Inconsistence of fatigue strength alluminium alloy show the phenomenon which must be research instructing at repair of fatigue strength, so that need the advanced treatment in the form of termomechanical aging. The research conducted by using alluminium alloy series 2014 formed by specimen fatigue test of the size diameter 8 mm and long 87 mm relate at standart (ASTM E 513), continued treatment of termomechanical aging, tested the fatigue, and monitoring microstructure of change. By structure micro, the treatment TMA have the effect which significant to improvement of Alluminium alloy series 2104 fatigue strength. Generally entire process TMA improve of limit fatigue from specimen at condition early of limit fatigue 48.3 N/mm^2 (48.3 MPA), mounting to become 50 until MPA, or mount 3.4 % until 44.9%. With the process of termomechanical aging TMA I, happened the increasing of cycle number equal to, 26.3 %, at treatment of TMA II go up equal to 62 % and 89.8% at process of TMA III, at maximal loading (180 Mpa).

Keywords: Alluminium alloy seri 2014, termomechanical aging, fatigue strength

1. Pendahuluan

Material logam paduan aluminium seri 2014 (paduan Al seri 2014) adalah material yang sering digunakan dalam industri peralatan rumah tangga, otomotif dan pesawat. Karena sifatnya yang tahan korosi, mudah dibentuk/dikerjakan, sifat mekanik dan tribologinya baik. Kekurangannya kekuatan fatiguenya kurang baik, terutama jika diaplikasikan pada kondisi beban dengan amplitude yang variable. Kekuatan fatigue adalah parameter yang penting dalam desain, terutama dalam industri otomotif dan pesawat. Oleh karenanya perlu dilakukan penelitian tentang perilaku .kekuatan fatigue paduan Al, dengan perlakuan termomekanikal aging.

Teknologi perlakuan panas termomekanikal aging adalah kombinasi perlakuan panas aging dan dilanjutkan dengan perlakuan mekanik dengan rolling. Penelitian untuk memperbaiki kekuatan fatigue telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Harendranath, 2002, proses aging pada suhu 450°C dengan waktu 1 jam, tidak mempunyai efek yang nyata pada kekuatan fatigue paduan Al seri 2000. Perlakuan aging hanya menambah kekerasannya, yang berakibat pada penurunan keuletan material sehingga sukar dibentuk. Hal ini diperkuat oleh

pernyataan, Reimann, 2000, sifat kekuatan fatigue pada paduan alluminium cenderung tidak konsisten, akibat perlakuan aging.

Selanjutnya perkembangan terbaru dalam bidang perlakuan panas untuk memperbaiki kekuatan fatigue paduan alluminium adalah perlakuan termomekanikal aging, seperti yang telah dilakukan oleh Uygur, dkk, 2004. specimen yang digunakan berupa paduan alluminium seri 7000. dari hasil penelitiannya disimpulkan bahwa, dari pengamatan struktur mikro terjadi penurunan konsentrasi partikel intermetalik (dispersoid). Dispersoid merupakan partikel hasil nukleasi yang bisa memicu terjadinya retak fatigue (fatigue crack). Ditinjau dari ukurannya struktur yang terbentuk lebih halus, dibanding dengan yang tanpa perlakuan. Fenomena ini yang menjadikan kekuatan fatigue paduan alluminium seri 7000 meningkat.

2. Metode Penelitian

Specimen yang digunakan adalah paduan alluminium seri 2014 dengan komposisi kimia dan sifat mekanis seperti pada tabel 1. Specimen berupa batang pejal dengan ukuran diameter 10 mm dan panjang 100 mm. Bahan tersebut kemudian diberi

perlakuan termomekanikal aging, dengan desain/rancangan sebagai berikut:

1. PA (Perlakuan Aging):
Spesimen dipanaskan pada suhu 500°C selama 90 menit, dipanaskan lagi pada suhu 160°C kemudian diquenching di air.
2. TMA I (Termomekanikal Aging I):
Spesimen dipanaskan pada suhu 500°C selama 25% waktu aging, di roll selama 75 % waktu aging, di dipanaskan lagi pada suhu 160°C kemudian diquenching di air.
3. TMA II (Termomekanikal Aging II):
Spesimen dipanaskan pada suhu 500°C selama 50% waktu aging, di roll selama 50 % waktu aging, di dipanaskan lagi pada suhu 160°C kemudian diquenching di air.
4. TMA III (Termomekanikal Aging III):
Speciment dipanaskan pada suhu 500°C selama 75% waktu aging, di roll selama 25 % waktu aging, di dipanaskan lagi pada suhu 160°C kemudian diquenching di air.

Tabel 1. Komposisi Kimia (wt%) dan Sifat Mekanis

Cu	Si	Mn	Mg	Teg. Tarik (Mpa)
4,44	0,85	0,77	0,45	173,241

Untuk mengetahui perilaku perubahan kekuatan, specimen tersebut diuji fatigue, dengan mesin uji type rotating bending, yang mengacu pada standart uji Industri Jepang (JIS Z2274).

Pengujian dilanjutkan dengan pengamatan perubahan struktur dan mode perpatahan yang berkaitan dengan perilaku perubahan kekuatan Fatigue. Pengamatan perubahan struktur mikro akibat perlakuan termomekanikal aging dengan menggunakan transmission electron microscope (TEM) merk Philip EM 400. Untuk pengamatan mode perpatahan dilakukan dengan scanning electron microscop (SEM) merk Philips SEM501.

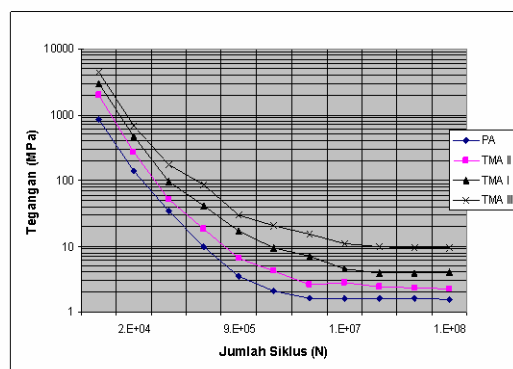
3. Hasil dan Pembahasan

Perilaku Kekuatan Fatigue (Kurva S-N).

Hasil uji kekuatan fatigue dari specimen dengan variasi perlakuan terlihat seperti pada gambar 1. Pada grafik terlihat bahwa dengan perlakuan PA harga kekuatan fatigue paling rendah. Seluruh proses TMA

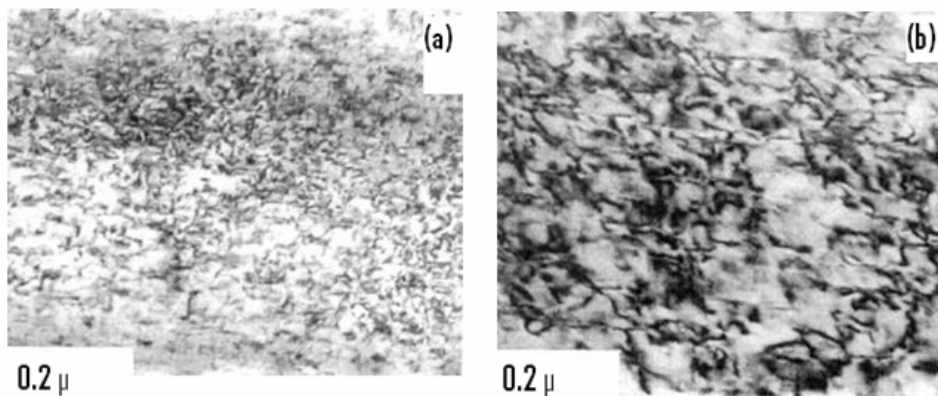
secara umum meningkatkan kekuatan fatigue. Harga limit fatigue untuk putaran 10⁷ keatas mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Kenaikan berkisar antara 43.77 % pada perlakuan TMA II sampai 85.58 % pada perlakuan TMA III. Kekuatan fatigue limit (pada N=10⁷) dengan perlakuan PA 1.58 MPa meningkat menjadi 2.81 MPa pada TMA II sampai 10.96 MPa pada TMA III.

Pada grafik S-N terlihat pada level tegangan tinggi terjadi kecenderungan konvegen dan kecenderungan divergen pada level tegangan rendah. Fenomena ini mengindikasikan bahwa perlakuan termomekanikal aging (TMA) berpengaruh pada sifat kekuatan fatigue, terutama pada pembenanan dinamik pada level tegangan tinggi (diatas 100 MPa). Sedangkan pada level tegangan rendah (dibawah 15 MPa), kurang efektif.

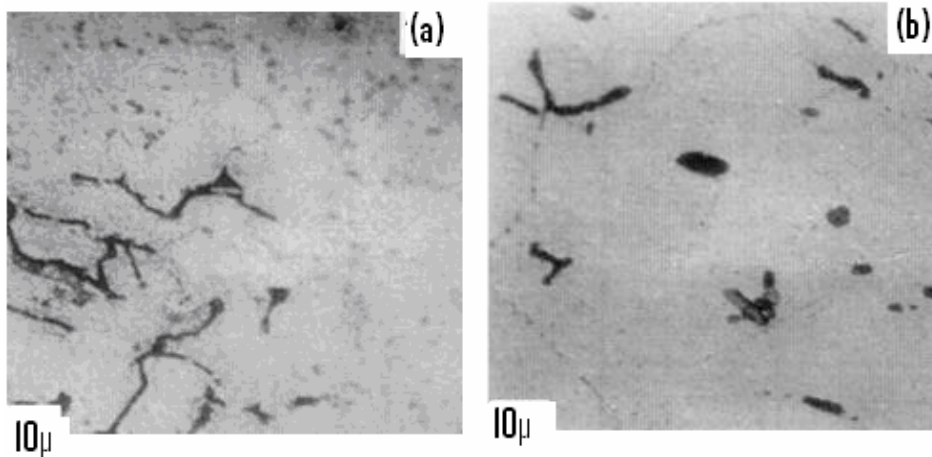


Gambar 1. Kurva S-N Padauan Al 2014 Setelah Proses Termomekanikal Aging Perubahan Mikrostruktur

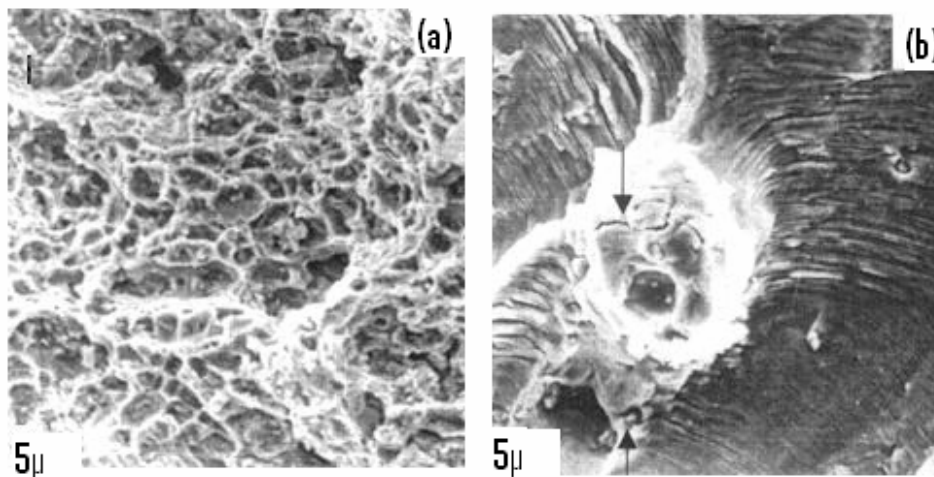
Akibat perlakuan TMA pada specimen terjadi perubahan mikrostruktur, yang berpengaruh pada kekuatan fatigue. Pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan transmission electron microscope (TEM) merk Philip EM 400 dan bahan pendukung untuk memperjelas gambar struktur mikro berupa larutan elektrolit dengan komposisi H₃PO₄ 62% + H₂O 24% + H₂SO₄ 14% + CrO₃ 160 g/l. Struktur mikro yang dihasilkan dengan TEM seperti terlihat pada gambar 2 (a) dan 2 (b).



Gambar 2. (a) Struktur Mikro Specimen Dengan Perlakuan TMA III (b) Struktur Mikro Specimen Dengan Perlakuan PA



Gambar 3. (a) Konsentrasi Dispersoid Perlakuan PA
(b) Konsentrasi Dispersoid Perlakuan TMA III



Gambar 4. (a) Mode Patahan dengan Perlakuan TMA III
(b) Mode Patahan dengan Perlakuan PA

Struktur mikro akibat perlakuan TMA III, tampak pada gambar 2 (a). Mikrostruktur lebih halus dibanding akibat perlakuan PA, gambar 2 (b). Dengan perlakuan TMA III akan membuat susunan mikro struktur seperti jarum (needles), dengan dimensi panjang longitudinal kira-kira 400 \AA , pada perlakuan PA berdimensi longitudinal 850 \AA . Selain itu perlakuan TMA III, memberikan efek kinetik aging, yang menyebabkan penguatan presipitasi, dan arah dislokasi yang berbeda/acak, sehingga menghambat retak lelah (fatigue crack) saat dioperasikan pada pembebanan dinamik. Pada perlakuan PA dengan susunan butir, lebih kasar belum memberikan efek kinetik aging dan arah dislokasi tidak acak. Hal ini berpeluang terhadap terjadinya retak lelah.

Dengan pengamatan dengan TEM juga tampak adanya lapisan intermetalik (dispersoid), gambar 3 (a) dan 3 (b). Menurut Singh, 2001, lapisan dispersoid pada struktur mikro paduan Al, merupakan senyawa paduan $\text{Al}_4\text{CuMg}_3\text{Si}_4$ dan $\text{Al}_{12}(\text{FeMn})_3\text{Si}$. Konsentrasi maksimum dispersoid didapatkan pada perlakuan PA (Gambar 3 (a)). Sifat yang merugikan

dari partikel ini adalah getas (brittle). Dengan perlakuan TMA, dengan variasi yang berbeda, akan menurunkan konsentrasi dispersoid. Pada perlakuan TMA III (Gambar 3 (b)) terjadi pengurangan konsentrasi dispersoid paling maksimum atau konsentrasi dispersoid paling rendah.

Mode Perpatahan

Untuk pengamatan mode perpatahan dilakukan dengan scanning electron microscope (SEM) merk Philips SEM501 dan hasilnya ditunjukkan seperti pada gambar 4 (a) dan 4 (b).

Dengan pengamatan dengan SEM terlihat permukaan dari kegagalan fatigue secara mikro. Kegagalan pada siklus fatigue terjadi akibat dispersoid, arah dislokasi dan striasi. Pada perlakuan PA (gambar 4 (b)), terlihat partikel intermetalik/dispersoid mempunyai peranan sangat penting terjadinya nukleasi pada retak fatigue. Selama retak fatigue, terjadi craking dari dispersoid itu sendiri dan interface (matrik) antar dispersoid, sampai craking berhenti. Hal ini juga dipicu oleh terjadinya striasi, yang terlokalisasi. Lokalisasi menyebabkan konsentrasi striasi, yang sifatnya

seperti konsentrasi tegangan pada notch yang memicu terjadinya nukleasi crack, sehingga mempermudah retak fatigue.

Selama retak fatigue, terjadi craking dari dispersoid itu sendiri dan interface (matrik) antar dispersoid, sampai craking berhenti. Hal ini juga dipicu oleh terjadinya striasi, yang terlokalisasi. Lokalisasi menyebabkan konsentrasi striasi, yang sifatnya seperti konsentrasi tegangan pada notch yang memicu terjadinya nukleasi crack, sehingga mempermudah retak fatigue.

Pada perlakuan TMA III (gambar 4a) konsentrasi striasi yang terjadi lebih rendah, arah cenderung tidak beraturan (irregular) yang berakibat mencegah/menghalangi inisiasi retak. Hal ini terlihat dengan meningkatnya angka limit fatigue. Berarti pada perlakuan TMA III gejala terjadinya retak fatigue lebih rendah.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan uraian pembahasan diatas dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara mikrostruktur perlakuan TMA mempunyai efek yang signifikan terhadap peningkatan sifat kekuatan fatigue paduan Al seri 2104. Kenaikan kekuatan fatigue berkisar antara 43.77 % pada perlakuan TMA II sampai 85.58 % pada perlakuan TMA III.
2. Faktor yang berpengaruh terhadap kenaikan kekuatan fatigue akibat perlakuan TMA, ditinjau secara mikrostruktur adalah: konsentrasi dispersoid, penguatan presipitasi dan striasi, arah dislocas.
3. Menurunnya angka kekuatan fatigue disebabkan oleh gejala nukleasi retak fatigue yang diakibatkan oleh: tingginya konsentrasi dispersoid yang menyebabkan konsentrasi tegangan seperti pada notch, terjadinya pemisahan (*debonding*) akibat retakan pada dispersoid dan interfacenya (matrik), sifat partikel yang getas (*brittle*).

Daftar Pustaka

- [1] ASM Speciality Handbook, 1994, *Alluminium and Alluminium Alloys*, JR.Davis and Associates, USA
- [2] Harendranath C S, 2002, *Improvement in Fatigue Properties After TMA Treatment*, Trans. IIM 35 415
- [3] Singh S, 2001, *Thermomechanical ageing of aluminium alloy*, PhD Thesis, University of Roorkee, Roorkee.
- [4] Uygur I, Evans W J, Bache M and Gulen B, 2004, *Materials and Design* (in press, available at www.sciencedirect.com)