



ISSN 2088-060X

Jurnal Sains & Teknologi
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
DARMA PERSADA**

Volume III. No. 1. Maret 2013

ANALISA STUDI UNJUK KERJA MESIN DIESEL
DENGAN MENGGUNAKAN BIODIESEL
Tri Erina

PENENTUAN TINGKAT KEGAGALAN MESIN OVER HAED CRANE
Ade Supriatna

ANALISA PANEL SURYA SATELIT LAPAN-TUBSAT
'Panel Sisi + X Bulan Oktober 2010'
Agus Herawan, Ahmad Fauzi

ANALISIS Peningkatan Mutu Sikat Jenis 0716 Dengan
Menggunakan Metode Six Sigma Di PT.Commtrade.
Atik Kurnianto

ANALISIS PERBAIKAN SISTEM PENGADAAN Suku Cadang
Menggunakan Metode VALUE STREAM MAPPING (VSM)
PADA PERUSAHAAN PENERBANGAN DI JAKARTA .
Budi Sumartono

PERANCANGAN JARINGAN LOKAL
Eko Budi Wahyono

SOLUSI SISTEM EKONOMI PRESENSI DAN PENGGAJIA
PEGAWAI
PADA PT XYZ
Endang Ayu S, Abdulah Hamim, Nursyamsiyah, Eka Yuni Astuty

SIMULASI PROSES PABRIKASI BURRIED CHARGE COUPLE DEVICE
Nani Suryani

DESAIN DAN IMPLEMENTASI NEURO – FAUZZY EXPERT SYSTEM
UNTUK KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN
Safaruddin A.Prasad

PENGERASAN PRESIPITASI PADA LOGAM NIKEL PADUAN INCONEL 617 EX SUDU
TURBIN GAS.
Arsyari Daryus

ISSN 2088-060X



9 772088 060009

Direrbirkan Oleh :
Fakultas Teknik Universitas Darma Persada
© 2013

PENGERASAN PRESIPITASI PADA LOGAM NIKEL PADUAN INCONEL 617 EX SUDU TURBIN GAS

Asyari¹

¹Dosen Teknik Mesin Universitas Darma Persada

ABSTRAK

Telah dilakukan proses pengerasan presipitasi atau ageing pada bahan inconel 617 ex sudu turbin gas yang telah beroperasi selama lebih dari 50.000 jam. Tujuan dilakukan proses ini adalah untuk meningkatkan kekuatan material sehingga komponen sudu dapat beroperasi lebih lama. Solution treating dilakukan pada temperatur 1175^o C selama 2 jam diikuti dengan proses ageing selama 8 jam untuk 3 temperatur yang berbeda yaitu 600^o, 700^o, dan 800^o C. setelah itu dilakukan pemeriksaan kekerasan dan mikrostruktur dengan mikroskop optik dan elektron scanning. Untuk mengetahui komposisi dari bahan dilakukan uji XRF. Dari pemeriksaan diperoleh bahwa terjadi peningkatan kekerasan dari 182 HB untuk material tanpa perlakuan menjadi 223, 219, dan 209 untuk proses ageing berturut-turut 600^o, 700^o, dan 800^o C. Dari uji mikrostruktur ditemukan fasa gamma prime γ' pada butir dan batas butir. Ditemukan juga senyawa karbida di batas butir. Dapat disimpulkan kekuatan tertinggi dijumpai pada proses ageing 600^o C.

Kata Kunci: Inconel 617, Ageing, Material Sudu Turbin Gas

I. PENDAHULUAN

Material Inconel 617 merupakan material berbasis Nikel yang banyak dioperasikan pada temperatur tinggi. Salah satu penerapannya adalah untuk material sudu turbin gas.

Namun dalam pemakaian, bahan ini akan mengalami penurunan kualitas dimana terjadi penurunan kekuatan yang disebabkan bahan terkena temperatur tinggi. Turunnya kualitas akan mempercepat terjadinya kegagalan pada material, terutama kegagalan *creep* dan *rupture*.

Karena itu, perlu dicari suatu cara untuk meningkatkan kembali kekuatan bahan ini setelah beroperasi dalam waktu yang cukup lama, sehingga akan dapat kembali meningkatkan umur komponen. Kali ini penulis akan mencoba melakukan proses penguatan bahan *ex-services* dengan proses *pengerasan presipitasi* dan melihat hasilnya apakah terjadi perubahan yang signifikan terhadap kekuatan bahan.

II. TEORI

Logam nikel banyak dipakai mulai dari bentuk fasa tunggal hingga *superalloy* pengerasan presipitasi, dan juga dalam bentuk paduan dan komposit dengan penguatan dispersi oksida.

Karakteristik dasar dari nikel sebagai dasar material paduan adalah kestabilan fasa yang tinggi dari matriks FCC (*face centered cubic*) dan kemampuannya untuk

diperkuat dengan berbagai cara. Kestabilan permukaan dari bahan nikel dapat ditingkatkan dengan memadukan dengan unsur chrom atau nikel.

Kebanyakan superalloy berbasis nikel mengandung 10 – 20% Cr, sampai 8% kombinasi Al dan Ti, 5 sampai 15% Co, dan sejumlah kecil boron, zirconium, magnesium, dan karbon. Chrom dan aluminium diperlukan untuk meningkatkan kestabilan permukaan melalui pembentukan Cr_2O_3 dan Al_2O_3 . (ASM Int. Vol. 1, 1990)

Fasa-fasa utama yang mungkin dijumpai pada material berbasis nikel adalah (ASM Int. Vol. 1, 1990):

1. *Gamma matrix*, γ , dimana matriks kontinyu merupakan struktur fcc dari fasa nikel non magnet yang biasanya mengandung unsur paduan padat (*solid solution*) persentase tinggi seperti cobalt, besi, chrom, molybdenum, dan tungsten.
2. *Gamma prime*, γ' , dimana aluminium dan titanium ditambahkan untuk berpresipitasi fcc γ' (Ni_3Al , Ti), yang berpresipitasi secara koheren dengan matriks gamma austenitik. Elemen lainnya seperti niobium, tantalum, dan chromium, juga dapat memasuki γ' . Fasa ini diperlukan untuk kekuatan dan ketahanan *creep* pada temperatur tinggi.
3. *Gamma double prime*, γ'' , dimana kombinasi nikel dan niobium dengan besi membentuk struktur BCT (*body-centered tetragonal*) yang koheren dengan matriks gamma. Fasa ini memberikan kekuatan tinggi pada temperatur rendah dan menengah, tetapi tidak stabil pada temperatur di atas 650°C .
4. *Grain boundary* γ' , merupakan lapisan tipis γ' sepanjang batas butir pada paduan yang lebih kuat, yang dihasilkan oleh perlakuan panas atau karena pemakaian. Lapisan ini diyakini dapat meningkatkan sifat patah/*rupture*.
5. *Karbida*, dimana karbon ditambahkan sejumlah 0,02 hingga 0,2 wt% yang akan bersenyawa dengan unsur reaktif, seperti titanium, tantalum, hafnium, dan niobium, membentuk logam karbida. Selama perlakuan panas dan pemakaian, karbida ini cenderung terurai menghasilkan karbida lainnya yang terbentuk di batas butir.
6. *Borides*, merupakan partikel borida dalam kerapatan rendah ketika boron tersegregasi di batas butir.

Untuk membuat material tahan beroperasi pada temperatur tinggi terutama untuk ketahanan *creep*, maka diperlukan fasa *gamma prime* γ' pada material. Pembentukan fasa ini dapat dilakukan dengan proses yang disebut *age hardening* atau *pengerasan presipitasi*.

Proses *age hardening* atau disebut juga *ageing* adalah proses pembentukan fasa presipitasi dimana prosesnya terdiri dari 3 tahap yaitu: *solution treatment*, *quench*, dan *age*. (Askeland, 1996) *Solution treatment* adalah proses dimana paduan pertama dipanaskan di atas temperatur *solvus*-nya dan ditahan hingga terbentuk larutan padat. Pada proses *quench*, material secara cepat didinginkan sehingga mencegah terbentuknya fasa kedua dari matriks. Selanjutnya pada proses *age*, material

dipanaskan di bawah temperatur *solvus* selama waktu tertentu sehingga terbentuk fasa presipitasi.

III. BAHAN DAN METODE

Material yang diambil dalam penelitian ini adalah *Inconel 617*, yang merupakan material berbasis Nikel dan banyak digunakan untuk kondisi pemakaian pada temperatur tinggi, seperti yang dijumpai pada sudu turbin gas. Sampel berasal dari sudu turbin gas yang telah beroperasi lebih dari 50.000 jam.

Spesifikasi bahan *Inconel 617* ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi kimia *Inconel 617* (Kutz, 1998).

Unsur	Ni	Cr	Co	Mo	Al	Ti	C
%	54,0	22,0	12,5	9,0	1,0	0,3	0,07

Kekuatan Tarik : 738 MPa

Kekuatan Luluh: 296,5 MPa

Elongasi : 70%

Perlakuan pembentukan *solution* dilakukan pada temperatur 1175^o C selama 2 jam, dan setelah didinginkan, material di *ageing* selama 8 jam dengan 3 variasi temperatur yaitu 600^o, 700^o, dan 800^o C.

Investigasi sampel dilakukan dengan menggunakan pemeriksaan mikrostruktur. Pemeriksaan mikrostruktur dilakukan dengan mikroskop optik, mikroskop *scanning*, dan *X-ray fluorescence*. Sementara pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Brinell.

IV. PEMBAHASAN

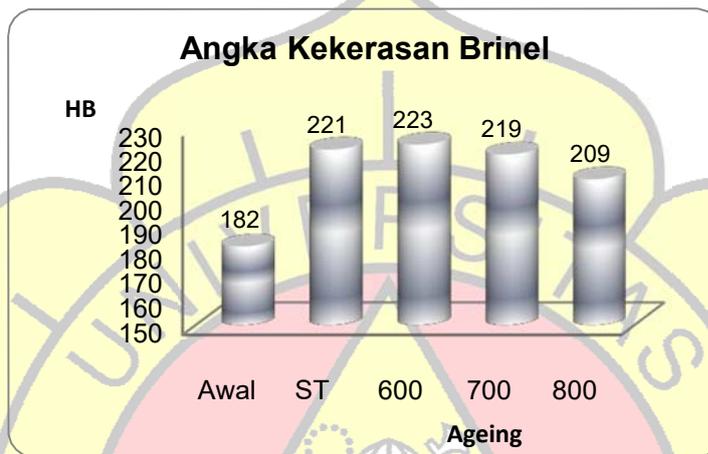
Hasil uji kekerasan dari sampel dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Uji kekerasan.

Sampel	Penjejakan	Kekerasan (HB)	Kekerasan Rata-Rata (HB)
Awal	1	182	182
	2	182	
	3	182	
	4	182	
	5	182	
Solution Treating	1	221	221
	2	221	
	3	221	
	4	221	
	5	221	
Ageing 600 C	1	223	223
	2	223	
	3	223	
	4	223	

	5	223	
Aging 700 C	1	219	219
	2	219	
	3	219	
	4	219	
	5	219	
Aging 800 C	1	208	209
	2	209	
	3	208	
	4	209	
	5	209	

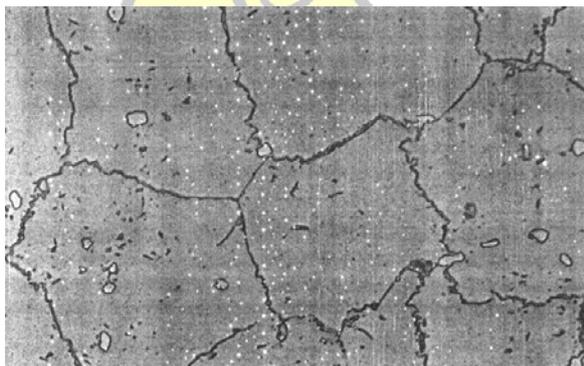
Secara grafik, hasil uji kekerasan ditunjukkan oleh gambar 1.



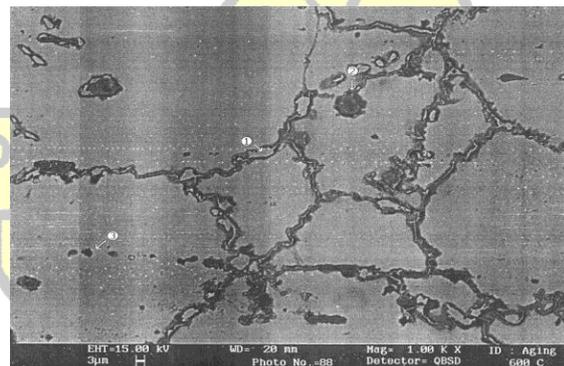
Gambar 1. Grafik hasil uji kekerasan.

Dari hasil uji kekerasan di atas, diperoleh kekerasan tertinggi dijumpai pada proses ageing 600^o C (223 HB) dan terendah diperoleh pada proses ageing 800^o C (209 HB).

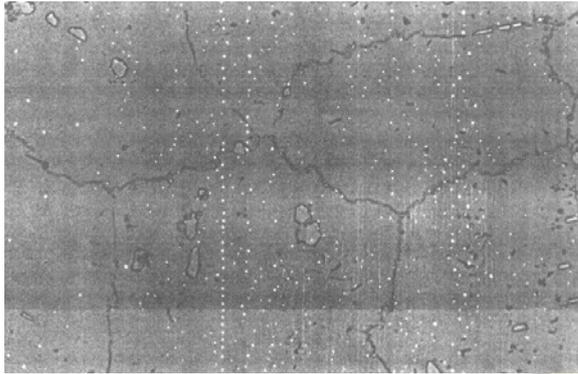
Hasil foto mikroskop optik dan elektron *scanning* ditunjukkan oleh gambar 2 sampai dengan gambar 7.



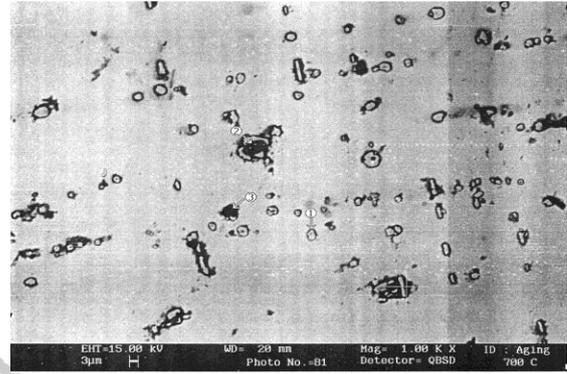
Gambar 2. Foto sampel proses aging 600^o C menggunakan mikroskop optik (500x).



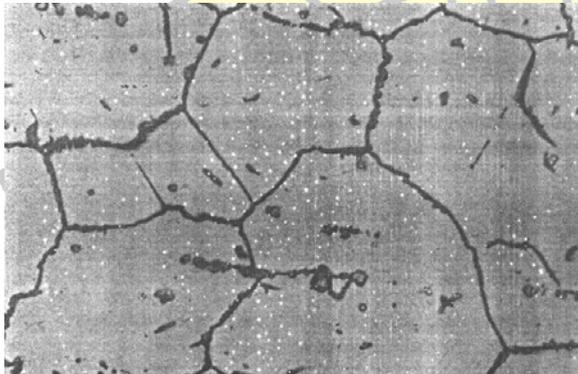
Gambar 3. Foto sampel proses aging 600^o C menggunakan mikroskop elektron (1000x).



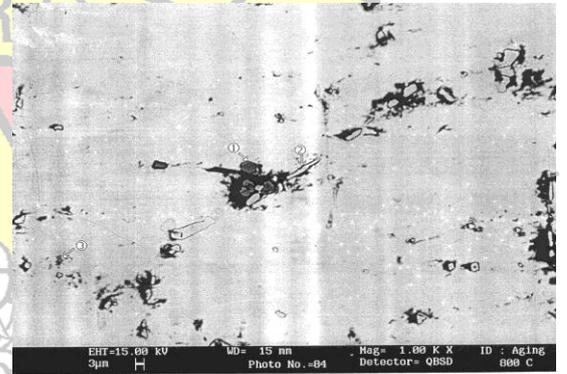
Gambar 4. Foto sampel proses aging 700⁰ C menggunakan mikroskop optik (500x).



Gambar 5. Foto sampel proses aging 700⁰ C menggunakan mikroskop elektron (1000x).



Gambar 6. Foto sampel proses aging 800⁰ C menggunakan mikroskop optik (500x).



Gambar 7. Foto sampel proses aging 800⁰ C menggunakan mikroskop elektron (1000x).

Foto mikrostruktur sampel dengan proses *ageing* 600⁰C ditunjukkan oleh gambar 2 dan gambar 3. Dari gambar 2, terlihat bahwa terdapat fasa presipitasi (fasa γ') pada setiap butir. Pengujian lebih lanjut ditunjukkan oleh gambar 3, dimana dari uji XRF pada titik 2 dijumpai unsur Ti (86,59%) merupakan unsur yang dominan dan Ti ini merupakan fasa presipitasi dari material ini. Presipitasi Ti terlihat terbentuk pada butir (*Gamma prime*, γ') dan juga di batas butir (*Grain boundary* γ').

Titik 1, gambar 3 merupakan logam karbida dimana disini terjadi peningkatan konsentrasi karbon. Dari uji XRF pada titik ini diperoleh komposisi kimia: Cr (69,72%), dan C (1,49%). Kemungkinan chrom bersenyawa dengan carbon membentuk chrom karbida. Pembentukan senyawa karbida dapat terjadi karena proses pemanasan dan juga karena proses pemakaian pada temperatur tinggi.

Foto mikrostruktur sampel dengan proses *ageing* 700⁰C ditunjukkan oleh gambar 4 dan gambar 5. Terlihat bahwa kondisinya tidak jauh berbeda, dimana terdapat fasa presipitasi (fasa γ') pada setiap butir berupa *Gamma prime*, γ' dan *Grain boundary* γ' .

Ditemukan juga logam karbida di batas butir seperti halnya pada sampel dengan proses *ageing* 600^o C.

Foto mikrostruktur sampel dengan proses *ageing* 800^oC ditunjukkan oleh gambar 6 dan gambar 7. Presipitasi Ti juga terlihat terbentuk pada butir (*Gamma prime, γ'*) dan di batas butir (*Grain boundary γ'*).

Ditemukan juga logam karbida di batas butir seperti halnya pada sampel dengan proses *ageing* 600^o C.

Dapat disimpulkan bahwa pada ketiga kondisi percobaan terdapat presipitasi Ti pada butir dan batas butir. Fasa presipitasi mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dari fasa matriksnya (Askeland, 1996), sehingga akan menghasilkan material yang lebih kuat. Hal ini jika dikaitkan dengan uji kekerasan, maka untuk ketiga sampel terlihat telah terjadi kenaikan kekerasan jika dibandingkan dengan kondisi awal sebelum dilakukan proses *ageing*. Kekerasan awal material sebelum proses adalah 182 HB dan setelah proses mengalami kenaikan menjadi 223 HB (untuk *ageing* 600^oC), 219 HB (untuk *ageing* 700^o C) dan 209 HB (untuk *ageing* 800^oC).

Dari ketiga proses tersebut, terlihat bahwa *ageing* pada temperatur 800^oC mengalami penurunan kekerasan cukup besar dibanding dengan proses lainnya, walaupun masih di atas kekerasan sampel tanpa proses *ageing*. Kemungkinan telah terjadi *overageing* pada proses ini. Sementara kekerasan paling baik dijumpai pada proses *ageing* 600^oC.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian dapat disimpulkan:

1. Dari uji kekerasan diperoleh angka kekerasan bahan: bahan tanpa *ageing*: 182 HB, *ageing* pada 600^o C: 223 HB, *ageing* pada 700^o C: 219 HB, *ageing* pada 800^o C: 209 HB.
2. Hasil uji mikrostruktur diperoleh bahwa terbentuk fasa *Gamma prime, γ'* pada butir dan batas butir.
3. Ditemukan juga senyawa karbida pada batas butir.
4. Kekuatan tertinggi dijumpai pada sampel yang dilakukan proses *ageing* pada 600^oC.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. ASM International, 1990. *Metals Handbook, tenth edition, Volume 1: Properties and Selection Irons, Steel and High Performance Alloys*. Ohio.
2. Askeland D.R., 1996. *The Science and Engineering of Materials*. Chapma & Hall.
3. Callister W.D. Jr., 1994. *Material Science and Engineering, an Introduction, 3rd edition*. John Willey & Sons, Inc.
4. Kutz Myer, 1998. *Mechanical Engineers Hand Book, 2nd edition, Vol. 1*. John Willey & Sons, Inc.
5. Mc. Coy H.E., J.F. King, 1985. *Mechanical Properties of Inconel 617 and 618*. Oak Rodge National Laboratory.
6. _____ . *Heat Treatment for Increased Lifetime*. <http://www.sulzer.com/en/Products-and-Services/Turbomachinery-Services/Repair-Services/Gas-Turbine-Repairs/Heta-Treatment>

