



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN *MODIFIER* STRONSIUM DAN
PHOSFOR SERTA PROSES PERLAKUAN PANAS PADA SIFAT
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM AC8H
UNTUK PRODUK PISTON**

TESIS

**BUDI WAHYU UTOMO
0606151375**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENAMBAHAN *MODIFIER* STRONSIUM DAN
PHOSFOR SERTA PROSES PERLAKUAN PANAS PADA SIFAT
MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO ALUMINIUM AC8H
UNTUK PRODUK PISTON**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

**BUDI WAHYU UTOMO
0606151375**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI METALURGI DAN MATERIAL
KEKHUSUSAN DESAIN MANUFAKTUR
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.



Nama : Budi Wahyu Utomo
NPM : 0606151375
Tanda Tangan :
Tanggal : 20 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Budi Wahyu Utomo
NPM : 0606151375
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Tesis : Pengaruh Penambahan Modifier Stronsium dan
Phospor serta Proses Perlakuan Panas pada Sifat Mekanik dan Struktur Mikro
Aluminium AC8H untuk Produk Piston

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. –Ing.Ir. Bambang Suharno (.....)

Penguji : Dr. –Ing.Ir. Bambang Suharno (Ketua) (.....)
Dr. Ir.Winarto, M.Sc. (Anggota) (.....)
Dr. Ir. Sri Harjanto (Anggota) (.....)
Ir. Myrna Ariati, M.Si. (Anggota) (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Desember 2008

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur dipanjatkan oleh penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya dan kemudahan yang telah diterima penulis dalam menyelesaikan penelitian dan seluruh aktivitas di Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material guna memperoleh gelar Magister Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan seluruh penyelesaian penelitian dan aktivitas perkuliahan ini, yaitu :

1. Bapak Dr. –Ing.Ir. Bambang Suharno sebagai pembimbing yang membimbing saya dalam menyusun tesis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini ;
2. Bapak Nur Ainul Malik , S.T. dan Bapak Wardino selaku teman sekerja yang telah banyak membantu dalam penelitian dilapangan.
3. Ir. C. Heni Haksining , Christian Danneto dan Christian Damara Utomo selaku keluarga yang telah banyak memberi dukungan dalam rangka penyelesaian tesis ini.
4. Ayahanda Suwarno dan Ibunda Sri Arini yang memberikan dukungan dan mendoakan dalam rangka penyelesaian tesis ini.
5. Seluruh staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Metalurgi dan Material FT UI yang telah ikut serta memberikan masukan dan dukungan; dan
6. Sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengelasan di Indonesia.

Depok, 20 Desember 2008

Penulis

Budi Wahyu Utomo

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Budi Wahyu Utomo
NPM : 0606151375
Program Studi : Desain Manufaktur
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

”Pengaruh Penambahan Modifier Stronsium dan Phospor serta Proses Perlakuan Panas pada Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium AC8H untuk Produk Piston”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 20 Desember 2008

Yang menyatakan

(Budi Wahyu Utomo)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 RUANG LINGKUP PENELITIAN	3
1.3.1 Material	3
1.3.2 Parameter Penelitian	3
1.3.3 Pengujian	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 PISTON	4
2.1.1 Karakteristik Piston	5
2.1.2 Material Piston	6
2.1.3 Proses Pembuatan Piston	7
2.1.3.1 Proses Peleburan	8
2.1.3.2 Proses Pengecoran Piston	8
2.1.3.3 Pemotongan Piston	9
2.1.3.4 Perlakuan Panas	9
2.2 ALUMINIUM DAN KARAKTERISTIKNYA	10

2.3 ALUMINIUM DAN PADUANNYA	12
2.3.1 Paduan Aluminium Tuang	12
2.3.1.1 Sistem Penamaan Aluminium Tuang	13
2.3.2 Pengaruh Unsur Paduan Pada Aluminium	13
2.4 PADUAN ALUMINIUM SILIKON	15
2.4.1 Material AC8H	18
2.5 MODIFIKASI PADA ALUMINIUM SILIKON	19
2.5.1 Fungsi <i>Modifier</i>	20
2.5.2 Unsur-Unsur <i>Modifier</i>	20
2.5.3 Mekanisme Modifikasi	21
2.6 PENGARUH STRONSIUM SEBAGAI <i>MODIFIER</i>	23
2.6.1 Pengaruh Stronsium pada Paduan Aluminium Silikon Hipoeutektik	23
2.6.2 Pengaruh Stronsium pada Paduan Aluminium Silikon Eutektik	25
2.6.3 Pengaruh Stronsium pada Kekuatan Tarik Paduan Al-Si	26
2.6.4 Pengaruh Stronsium pada Kekerasan Paduan Al-Si	27
2.7 PENGARUH PHOSPOR SEBAGAI <i>MODIFIER</i>	28
2.7.1 Pengaruh Fosfor pada Paduan Aluminium Silikon Hipereutektik	31
2.8 PENGARUH <i>MODIFIER</i> PADA STRUKTUR MIKRO	34
2.8.1 Overmodifikasi	35
2.8.2 Pengaruh Modifikasi terhadap Porositas	36
2.9 PROSES HEAT TREATMENT PADA PADUAN ALUMINIUM	36
2.9.1 Penandaan untuk Kondisi Heat Treatment	37
2.9.2 Pengerasan Presipitasi	39
2.9.3 <i>Solution Treatment</i>	40
2.9.4 <i>Quenching</i>	41
2.9.5 <i>Ageing</i>	41
2.10 MEKANISME Pengerasan PRESIPITASI PADA PADUAN AL	43

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	46
3.1 DIAGRAM ALIR	46
3.2 ALAT DAN BAHAN	48
3.2.1 Alat	48
3.2.2 Bahan	49
3.3 PROSEDUR PENELITIAN	49
3.3.1 Pembuatan Sampel	49
3.3.2 Penambahan Stronsium	51
3.3.3 Penambahan Phospor	53
3.4 PENGUJIAN	55
3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia	55
3.4.2 Pengujian Struktur Mikro dengan Mikroskop Optik	56
3.4.3 Pengujian Kekerasan	58
3.4.4 Pengujian Keausan	59
3.4.5 Pengujian Tarik	63
3.4.6 Pengujian Struktur Mikro dengan SEM dan EDS	64
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	66
4.1 PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA	66
4.2 PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO DENGAN OPTIK	68
4.2.1 Pengaruh Penambahan <i>Modifier</i> Stronsium terhadap Struktur Mikro	68
4.2.2 Pengaruh Penambahan <i>Modifier</i> Phospor terhadap Struktur Mikro	70
4.2.3 Pengaruh Proses Perlakuan Panas T4 terhadap Struktur Mikro	71
4.3 PENGUJIAN KEKERASAN	74
4.3.1 Pengaruh Proses Perlakuan Panas T6 terhadap Kekerasan	74
4.3.2 Pengaruh <i>Modifier</i> Stronsium terhadap Kekerasan	75
4.3.3 Pengaruh <i>Modifier</i> Phospor terhadap Kekerasan	77
4.3.4 Pengaruh Proses Perlakuan Panas T4 terhadap	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Penampang Piston dan Bagian-bagiannya	4
Gambar 2.2 <i>Flow</i> Proses <i>Gravity Die Casting</i> Piston	7
Gambar 2.3 Diagram Fasa Aluminium Silikon Beserta Struktur Mikro yang Terbentuk pada Berbagai Macam Komposisi Silikon	16
Gambar 2.4 Pengaruh Kadar Silikon pada Aluminium terhadap Kekuatan Tarik	17
Gambar 2.5 Paduan Aluminium dan Proses Pengaplikasiannya	17
Gambar 2.6 Pertumbuhan dan Bentuk <i>acicular</i> silicon	22
Gambar 2.7 Pembentukan <i>twin</i> pada silicon	23
Gambar 2.8 Aluminium Silikon Hipoeutektik (a) Tanpa modifikasi (b) Dimodifikasi dengan 0,018% Sr	24
Gambar 2.9 Batasan Kehadiran Silikon Eutektik dan Primer pada Paduan Aluminium Silikon	25
Gambar 2.10 Tiga Mekanisme Pembekuan dari Aluminium Silikon Eutektik (a) Tanpa Modifikasi (b) Modifikasi Sr (c) Modifikasi Na	26
Gambar 2.11 Pengaruh Modifikasi Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Paduan Aluminium	27
Gambar 2.12 Jumlah Inti yang Terbentuk (a) Modifikasi Phospor (b) Tanpa Modifikasi	28
Gambar 2.13 Interaksi Antara Phospor dengan Sodium dan Stronsium terhadap Morfologi Silikon Eutektik pada Paduan Al-7% Si (A356)	30
Gambar 2.14 Hasil Foto Struktur Mikro pada Penelitian " <i>Microstructural Effects of Phosphorus on Pressure Die Cast Al-12Si Components</i> "	31
Gambar 2.15 Efek Penambahan Phospor pada Paduan 390 (16-18%Si) (a) Setelah Dimodifikasi (b) Tanpa Dimodifikasi	33
Gambar 2.16 Potongan diagram fasa Al-Cu yang menandakan daerah <i>Solution treatment</i> dan <i>artificial ageing</i>	41
Gambar 2.17 Contoh siklus <i>ageing</i> , garis lurus adalah T6 dan garis putus-	

	putus adalah T4	42
Gambar 2.18	Pengaruh temperatur penuaan dengan kekerasan, temperatur penuaan lebih rendah (a) menghasilkan kekerasan lebih tinggi dari temperatur penuaan lebih tinggi (b)	42
Gambar 2.19	Ilustrasi dari GP Zone	43
Gambar 2.20	Derajat koherensi pada presipitat Al-Cu. (a) acak, (b) koheren, (c) semi koheren (d) inkoheren	44
Gambar 2.21	Perubahan zona yang terjadi selama proses <i>ageing</i>	45
Gambar 3.1	<i>Furnace</i> yang digunakan untuk Peleburan	50
Gambar 3.2	Mesin <i>Gas Buble Flootation</i>	51
Gambar 3.3	Stronsium yang Ditambahkan (Al-Sr : 10%)	51
Gambar 3.4	<i>Ladle</i>	52
Gambar 3.5	Phospor yang Ditambahkan	53
Gambar 3.6	Sampel uji komposisi kimia	56
Gambar 3.7	Mesin Spektrometer	56
Gambar 3.8	(a) Cetakan (b) Sampel Cetakan (c) Sampel struktur mikro (d) Sampel uji SEM	57
Gambar 3.9	(a) Mesin Polishing dan Grinding (b) Mikroskop Optik Digital	58
Gambar 3.10	Sampel Uji kekerasan	59
Gambar 3.11	Rockwell Hardness Tester	59
Gambar 3.12	Mesin Ogoshi	60
Gambar 3.13	Skema Pengujian Keausan	60
Gambar 3.14	<i>Mounting Press Machine</i>	61
Gambar 3.15	(a) Sampel Uji Aus (b) Tempat Pengambilan Sampel Uji Aus	62
Gambar 3.16	Mikroskop Optik	63
Gambar 3.17	Mesin Uji Tarik Shimadzu	63
Gambar 3.18	(a) Standar sampel tarik ASTM E-8 (b) Sampel Uji Tarik	64
Gambar 3.19	Mesin SEM/EDAX LEO	64
Gambar 4.1	Perubahan bentuk struktur mikro dengan kandungan Stronsium (a) 0,00072% Sr (b) 0,0068 % Sr (c) 0,0133% Sr (d) 0,031 % Sr	68
Gambar 4.2	Perubahan bentuk struktur mikro dengan kandungan Phospor (a) 0,0036% P (b) 0,0038% P (c) 0.0041% P (d) 0.0046% P	70
Gambar 4.3	Foto mikrostruktur sampel T4 perbesaran 450 X mulai 0 jam	

	sampai 120 jam	71
Gambar 4.4	Foto mikrostruktur sampel T4 perbesaran 1000 X mulai 0 jam sampai 120 jam	72
Gambar 4.5	Hasil dan analisa mikrostruktur perbandingan sampel <i>as cast</i> , T4,dan T6 dengan perbesaran 1000 X	73
Gambar 4.6	Grafik Data kekerasan <i>modifier</i> Stronsium	75
Gambar 4.7	Grafik Data kekerasan <i>modifier</i> Fosfor	77
Gambar 4.8	Grafik Data kekerasan perlakuan panas T4	79
Gambar 4.9	Grafik Data laju keausan <i>modifier</i> Stronsium	81
Gambar 4.10	Grafik Data laju keausan <i>modifier</i> Fosfor	83
Gambar 4.11	Grafik Data laju keausan proses perlakuan panas T4	84
Gambar 4.12	Grafik hasil uji tarik (<i>UTS</i> dan <i>elongation</i>) <i>modifier</i> Stronsium	86
Gambar 4.13	Grafik hasil uji tarik (<i>UTS</i> dan <i>elongation</i>) <i>modifier</i> Fosfor	88
Gambar 4.14	Grafik hasil uji tarik (<i>UTS</i> dan <i>elongation</i>) Perlakuan panas T4	89
Gambar 4.15	Foto Struktur Mikro AC8H kondisi T6	92
Gambar 4.16	Foto Struktur Mikro AC8H dengan penambahan <i>modifier</i> Stronsium 0,031%	94
Gambar 4.17	Foto Struktur Mikro AC8H kondisi T4-96 Jam	96
Gambar 4.18	Foto Struktur Mikro AC8H kondisi T4-120 Jam	97
Gambar 4.19	Grafik Perbandingan Biaya Proses Perlakuan Panas	104
Gambar 4.20	Grafik Penghematan Biaya Perlakuan Panas Pertama	105

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik Aluminium Murni	12
Tabel 2.2 Sistem Penamaan Paduan Aluminium Tuang	13
Tabel 2.3 Beberapa Jenis Paduan Aluminium Silikon	18
Tabel 2.4 Komposisi AC8A berdasarkan JIS	18
Tabel 2.5 Komposisi Kimia AC8H	19
Tabel 2.6 Pengaruh Modifikasi Terhadap Kekuatan Tarik dan Keuletan	27
Tabel 3.1 Komposisi Kimia AC8H	49
Tabel 3.2 Jumlah Penambahan Stronsium	52
Tabel 3.3 Standar komposisi kimia flux	53
Tabel 3.4 Jumlah Penambahan Fosfor	54
Tabel 3.5 Parameter Proses penambahan Stronsium	55
Tabel 3.6 Parameter Proses penambahan Fosfor	55
Tabel 3.7 Variabel yang digunakan dalam pengujian keausan	62
Tabel 4.1 Hasil pengujian komposisi kimia material AC8H+Sr , AC8H+P dan AC8H (Perlakuan Panas)	66
Tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan perlakuan panas T6	74
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan <i>modifier</i> Stronsium	75
Tabel 4.4 Hasil pengujian kekerasan <i>modifier</i> Fosfor	77
Tabel 4.5 Hasil pengujian kekerasan perlakuan panas T4	79
Tabel 4.6 Hasil pengujian laju keausan <i>modifier</i> Stronsium	81
Tabel 4.7 Hasil pengujian laju keausan <i>modifier</i> Fosfor	83
Tabel 4.8 Hasil pengujian laju keausan proses perlakuan panas T4	84
Tabel 4.9 Hasil pengujian tarik <i>modifier</i> Stronsium	86
Tabel 4.10 Hasil pengujian tarik <i>modifier</i> Fosfor	87
Tabel 4.11 Hasil pengujian tarik proses perlakuan panas T4	89
Tabel 4.12 Matrik Hasil Pengujian Sifat Mekanik	91
Tabel 4.13 Hasil analisa komposisi paduan aluminium AC8H T-6 dengan EDS	92
Tabel 4.14 Hasil analisa komposisi paduan Aluminium AC8H dengan penambahan <i>modifier</i> Stronsium 0,031% dengan EDS	94

Tabel 4.15 Hasil analisa komposisi paduan aluminium AC8H kondisi T4-96 Jam dengan EDS	96
Tabel 4.16 Hasil analisa komposisi paduan aluminium AC8H T4-120 Jam dengan EDS	98
Tabel 4.17 Variabel data Perhitungan Biaya Proses Perlakuan Panas	100
Tabel 4.18 Perbandingan Biaya Proses Perlakuan Panas T6 dan T4	101
Tabel 4.19 Perbandingan Biaya Proses Perlakuan T6 dan Proses	



DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
LAMPIRAN 1	Hasil Uji Komposisi Kimia	111
LAMPIRAN 2	Hasil Uji Kekerasan	115
LAMPIRAN 3	Hasil Uji Tarik	119
LAMPIRAN 4	Hasil Pengamatan SEM&EDS	135
LAMPIRAN 5	Hasil Perhitungan Ketangguhan	158

