



JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN PETRA

DATA SKRIPSI / TUGAS AKHIR

NOMOR : 99.54.343
JUDUL : Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Austempering
Dan Annealing Terhadap Kekuatan Lelah Serta
Struktur Mikro Pada Besi Cor Nodular Ferritik
NAMA & NRP MAHASISWA : Dhanu Lukmantoro / 24490088
DOSEN PEMBIMBING : 1.) DR. Ir. Soeharto .DEA 2.) Ir. Herry Sunandar
TAHUN DIBUAT : 1999
BIDANG STUDI : ☐ Design ☐ Konversi ☒ Tek. Produksi

MATA KULIAH PENUNJANG UTAMA:

- | | |
|---|--|
| ☒ TEKNOLOGI MEKANIK | ☐ TEKNIK PEMBAKARAN & BAHAN BAKAR |
| ☐ KINEMATIKA | ☐ TEKNIK PENDINGIN |
| ☐ DINAMIKA | ☐ SISTEM PENGATURAN & PENGUKURAN |
| ☐ THERMODYNAMIKA | ☐ KONSEP PERENCANAAN & ANALISA STABILITAS |
| ☐ MEKANIKA FLUIDA | ☐ TEGANGAN MATERIAL LANJUT |
| ☒ ILMU LOGAM | ☐ PESAWAT PENGATUR UDARA |
| ☐ ELEMEN MESIN | ☐ OPTIMASI DESIGN |
| ☐ MESIN-MESIN FLUIDA | ☐ ANALISA TEGANGAN EXPERIMEN |
| ☐ PERPINDAHAN PANAS | ☐ TEKNOLOGI PEMBANGKIT TENAGA |
| ☐ TEKNIK LAS | ☐ PENGANTAR TENAGA LISTRIK |
| ☐ PESAWAT KALORI | ☐ ELEKTRONIKA |
| ☒ MESIN PERKAKAS | ☐ PROGRAMMING KOMPUTER |
| ☐ KONSTRUKSI MESIN | |

JENIS:

- | | |
|---|---|
| ☒ PENELITIAN HASIL LABORATORIUM | ☐ PERENCANAAN (PLANNING) |
| ☐ PENELITIAN HASIL LAPANGAN | ☐ PERENCANAAN (DESIGN) |
| ☐ PENELITIAN HAL BARU | ☐ STUDI KEPUSTAKAAN |

ABSTRAK:

ABSTRAKSI

Salah satu cara meningkatkan sifat mekanik antara lain dengan pemberian perlakuan panas. Pada penelitian ini ingin diketahui pengaruh proses perlakuan panas Annealing (Full annealing) dan variasi temperatur Austempering terhadap sifat mekanik terutama kelelahan dan struktur mikro material Besi Tuang Nodular Feritik (BTNF) grade FCD-40.

Temperatur austenitisasi yang digunakan adalah 900°C , dan variasi temperatur tempernya adalah 524°C (bainit atas) pada media salt bath dan 240°C (bainit bawah) pada media timah putih, sedangkan pada proses annealing (full annealing) yaitu menggunakan pendinginan tungku.

Dari data penelitian proses austempering menunjukkan peningkatan sifat kekerasan dan kekuatan tarik, sedangkan pada proses annealing justru sebaliknya. Kekuatan tarik dan kekerasan tertinggi diperoleh dari proses austempering pada temperatur 240°C . Namun dari hasil data pengujian kelelahan material BTNF dengan mesin rotary bending menunjukkan hasil proses perlakuan panas, baik austempering maupun annealing ternyata menghasilkan kekuatan leleh yang semakin menurun dibanding dengan as cast yang mempunyai struktur mikro berupa grafit lebih bulat padat dan berukuran besar serta berbentuk bull eye's.

ABSTRACT

One of the way to increasing the characteristic mechanic of the nodular cast iron can be using the heat treatment. On the research, hopefully the process of heat treatment of annealing and the variety of temperature austemper to stand opposite characteristic mechanic especially fatigue and micro structur nodular cast iron material grade FCD-40.

The Process Austenit temperature which used 900°C , and variations temper temperature is 524°C (upper bainit) to salt bath as media and 240°C (lower bainit) to tin as media. In spite of Annealing process (full annealing) with use cooling down of furnace.

Data of reserch on austempering process show that increase hardness and pulling power, in spite of annealing process show that decrease hardness and pulling power. The highest of polling power and hardness is got from austempering process with to immerse into tin liquid as media on 240°C (lower bainit). On the other hand, the data form testing of fatigue material BTNF with rotary bending mechine shows that the result of heat treatment process to explain fatigue with lend to decrease compare to as cast with micro structur as the grafit becomes more nodule and big with bull eye's.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB	HALAMAN
1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. PERMASALAHAN	3
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. BATASAN MASALAH	4
1.5. METODOLOGI	5
2 TEORI DASAR	7
2.1. BESI TUANG NODULAR	7
2.1.1. Pembuatan Besi Tuang Nodular	7
2.1.2. Mekanisme Pembentukan Grafit Bulat	10
2.2. SIFAT MEKANIK BESI TUANG NODULAR	14
2.3. PENGARUH JENIS MATRIK PADA SIFAT MEKANIK BTN	16
2.4. PROSES PERLAKUAN PANAS PADA LOGAM BESI	20
2.4.1. <i>Proses Annealing</i>	21
2.4.2. <i>Proses Austempering</i>	22
2.4.2.1. <i>Pengaruh parameter proses austempering terhadap sifat mekanik</i> ...	25
2.4.2.2. <i>Pengaruh temperatur dan waktu autemper</i>	26
2.4.2.3. <i>Pengaruh temperatur dan waktu austenitisasi</i>	29
2.5. PENGUJIAN	31
2.5.1. <i>Pengujian Tarik</i>	31
2.5.2. <i>Pengujian Kekerasan</i>	33
2.6. PATAH LELAH	35
2.6.1. <i>Prinsip Dasar Kelelahan Logam</i>	35
2.6.2. <i>Ciri Patah Lelah</i>	38
2.6.2.1. <i>Beach marks</i>	40
2.6.2.2. <i>Alur - alur chevron</i>	40
2.6.2.3. <i>Striasi</i>	40
2.6.3. <i>Mekanisme Penjalaran Retak</i>	41
2.6.4. <i>Jenis Patahan</i>	44

2.6.5. Pengaruh Konsentrasi Tegangan Permukaan Patah Lelah	44
2.6.6. Perhitungan Teoritis Kekuatan Lelah	46
2.6.6.1. Faktor jenis beban (C_L)	46
2.6.6.1. Faktor ukuran (C_D)	47
2.6.6.1. Faktor kondisi permukaan (C_S)	48
3 METODOLOGI PENELITIAN	50
3.1. PROSEDUR PENELITIAN	50
3.2. BESI TUANG NODULAR HASIL CORAN	51
3.3. PEMBUATAN SPESIMEN UJI	52
3.4. PROSES ANNEALING	52
3.5. PROSES AUSTEMPER	53
3.6. PENGUJIAN MEKANIK	53
3.6.1. Pengujian Tarik	53
3.6.2. Pengujian Kekerasan	55
3.6.3. Pengamatan Metallografi	56
3.6.4. Pengujian Kelelahan	58
3.6.4.1. Prinsip kerja uji lelah rotary bending	60
3.6.4.2 Pengoperasian mesin uji lelah rotary bending type RBF 200	61
4 DATA - DATA PERCOBAAN	63
4.1. TABEL HASIL DATA PENGUJIAN SIFAT MEKANIK	63
4.4.1. Pengujian Tarik	63
4.4.2. Pengujian Kekerasan	64
4.4.3. Pengujian Kelelahan	65
4.2. HASIL PENGAMATAN METALLOGRAFI	66
4.3. GRAFIK DATA PENGUJIAN SIFAT MEKANIK	70
5 ANALISA DATA	73
5.1. ANALISA PENGUJIAN KEKUATAN TARIK	73
5.1.1. Analisa Kekuatan Tarik Dengan Variasi Austempering	73
5.2. ANALISA PENGUJIAN KEKERASAN	75
5.2.1. Analisa Kekerasan Dengan Variasi Temperatur	75
5.2.2. Analisa Kekerasan Pada Proses Annealing	76
5.3. ANALISA PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO	77
5.3.1. Spesimen As Cast	77
5.3.2. Spesimen Annealing Dan Dengan Variasi Austempering	78
5.4. ANALISA PENGUJIAN KEKUATAN LEHAH	80
5.4.1. Analisa Kekuatan Lelah Secara Teoritis	81
6 KESIMPULAN	84
7 DAFTAR PUSTAKA	
8 LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
1.1. Crank shaft	2
2.1. Alur diagram proses pembuatan BTN	8
2.2a. Proses pertumbuhan grafit bulat menurut teori Branching Frekuensi	10
2.2b. Proses pertumbuhan grafit bulat menurut teori Batas Fasa	12
2.1. Perbandingan kekuatan tarik antara besi tuang kelabu dan BTN	14
2.3. Perbandingan kekerasan antara besi tuang kelabu, besi tuang putih dan BTN	15
2.4. Perbandingan batas ketahanan terhadap lelah antara besi tuang kelabu dan BTN ..	16
2.5. Hubungan kekuatan luluh terhadap elongasi pada berbagai jenis matrik.	16
2.6. Jenis-jenis matrik pada besi tuang nodular (a) feritik (b) perlitik (c) martensitik (d) austenitik	18
2.7. Struktur dan sifat mekanik berbagai jenis matrik pada BTN (a) BTN feritik (b) BTN feritik-perlitik (c) BTN perlitik	19
2.8. Diagram TTT. proses austemper besi cor nodular tanpa paduan	23
2.9. Bainit yang terbentuk secara isothermal pada temperatur berbeda (a) 400°C feathery (upper) bainite, (b) 300°C acicular (lower) bainite	25
2.10. Perbandingan kekuatan yield dan elongasi BTN pada kondisi perlakuan yang berbeda	26
2.11. Pengaruh waktu austempering terhadap jumlah austenit sisa.	27
2.12. Pengaruh temperatur dan waktu austempering pada kekuatan tarik	28
2.13. Pengaruh temperatur dan waktu austempering pada kekerasan dan keuletan	29
2.14. Pengaruh temperatur dan waktu austenitisasi terhadap kekuatan tarik pada tem- peratur austempering 375°C dengan komposisi 3.44%C, 1.98%Si, 0.28% Mn	30
2.15. Bentuk batang uji tarik	32
2.16. Diagram tegangan-regangan	32
2.17. Prinsip uji kekerasan Brinell	34
2.18. Tahap-tahap kegagalan kelelahan	35
2.19. Perbedaan Jenis Beban	36
2.20. Lengkungan Wohler atau Kurva S-N	38
2.21. Hubungan faktor takik dengan kekuatan tarik	39
2.22. Model pengintian retak wood	41
2.23. Model penjalaran retak	43
2.24. Skema permukaan patah lelah pada berbagai kondisi pembebanan	45
2.25. Gradien tegangan untuk beban bending (a) dan beban aksial (b)	47
2.26. Harga faktor ukuran terhadap batas lelah	48
3.1. Prosedur Penelitian	50
3.2. Diagram proses annealing	52

3.3. Diagram proses Austempering	53
3.4. Standard bentuk spesimen uji tarik JIS Z 2201 (1980)	54
3.5a. Mesin uji lelah rotary	59
3.5b. Spesimen pada mesin uji lelah rotary	59
3.6. Diagram bodi bebas, prinsip kerja uji lelah rotary bending	60
4.1. Foto mikro spesimen as cast, tanpa etsa.	66
4.2. Foto mikro spesimen as cast, dengan etsa nital 2%.	66
4.3. Foto mikro spesimen austenitisasi 900°C, temper 524°C, tanpa etsa	67
4.4. Foto mikro spesimen austenitisasi 900°C, temper 524°C, dengan etsa nital 2%. ...	67
4.5. Foto mikro spesimen austenitisasi 900°C, temper 240°C, tanpa etsa	68
4.6. Foto mikro spesimen austenitisasi 900°C, temper 240°C, dengan etsa nital 2%. ...	68
4.7. Foto Mikro Spesimen Annealing (Full Annealing) Tanpa Etsa	69
4.8. Foto Mikro Spesimen Annealing (Full Annealing) Etsa Nital 2%	69
4.9. Grafik kekuatan tarik material Besi Cor Nodular	70
4.10. Grafik rata - rata kekuatan tarik material Besi Cor Nodular	70
4.11. Grafik kekerasan material Besi Cor Nodular	71
4.12. Grafik rata - rata kekerasan material Besi Cor Nodular	71
4.13. Grafik rata - rata hasil pengujian kelelahan material BTN	72
5.1. Garif perhitungan teoritis umur lelah material BTN	82

DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
2.1. Sifat dan komposisi besi tuang nodular	12
2.2. Garde atau kelas serta penggunaan besi tuang nodular	12
2.3. Hubungan tekanan uji dengan standar garis tengah bola menurut ASTM E10 th.1993	34
2.27. Faktor tipe beban pada kekuatan lelah	48
4.1. Data hasil pengujian Kekuatan tarik spesimen BTN	63
4.2. Data hasil pengujian Kekerasan spesimen BTN	64
4.3. Data pengujian kelelahan spesimen As Cast BTN	65
4.4. Data hasil pengujian kelelahan dengan mesin rotary bending -----	60
5.1. Hasil perhitungan teoritis umur lelah material besi cor nodular	82