

PENENTUAN JANGKAHAYAT LESU BAGI KELULI LEMBUT DI BAWAH
PENGARUH SUHU BERBEZA


MUHAMMAD FAISAL BIN JUSOH

Laporan ini dikemukakan sebagai
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur Dan Bahan)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

MAY 2008

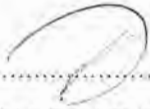
'Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada penerangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)'

Tandatangan : 

Nama Penyelia : En. Kamarul Ariffin b. Zakaria

Tarikh : MAY 2008

"Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya telah jelaskan sumbernya"

Tandatangan: 

Nama Penulis: MUHAMMAD FAISAL B JUSOH

Tarikh: 13/05

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi dipanjatkan kesyukuran kepada Ilahi kerana dengan limpah dan kurnia-Nya , kajian ini berjaya di siapkan. Jutaan terima kasih di ucapkan kepada Penyelia Projek Sarjana Muda ini, En. Kamarul Ariffin b Zakaria diatas tunjuk ajar serta sumbangan beliau dalam membimbing, memberi tunjuk ajar serta teguran berbasas yang membantu saya semasa menyiapkan kajian ini.

Tidak lupa juga kepada ahli keluarga yang banyak memberi sokongan moral serta bantuan secara langsung dan tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Tanpa bantuan daripada mereka, saya tidak mungkin berjaya menyiapkan kajian ini dengan baik.

Perhargaan juga diberikan kepada juruteknik-juruteknik yang turut menyumbangkan tenaga dalam menyiapkan kajian ini. Mereka adalah En Rashdan dan En Mahadzir. Bantuan daripada mereka akan saya kenang kerana tanpa bantuan mereka, tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini.

Akhir sekali, semoga penghasilan kajian ini mampu memberikan banyak manfaat dan dorongan kepada semua orang dan mencetus banyak idea untuk memperbaiki kajian ini.

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan bagi menentukan pengaruh suhu terhadap jangkahayat kelesuan keluli lembut. Untuk menentukan jangkahayat kelesuan bagi keluli lembut ini, ujian kelesuan perlu di buat ke atas spesimen ini. Di dalam menentukan nilai yang perlu ditetapkan dalam ujian kelesuan, ujian ketegangan juga perlu di lakukan bagi mendapatkan tegasan alah spesimen. Selain itu, melalui ujian tegangan ini, sifat mekanikal bagi spesimen dapat dikenalpasti. Setiap spesimen juga perlu menjalani proses rawatan haba. Ini adalah untuk memberikan pengaruh suhu kepada spesimen. Apabila spesimen menjalani proses rawatan haba, mikrostruktur juga mengalami perubahan dan perubahan mikrostruktur dalam spesimen perlu di kaji.

ABSTRACT

This research is to determine the effect of temperature on the fatigue life of mild steel. In order to determine the fatigue life of this specimen, fatigue test has been conducted. The value of amplitude in fatigue test has been gain from the tensile test. The reference value is on the yield strength of the specimen. Beside that, from the tensile test, the mechanical properties of the specimen also have been obtained. Some of the specimens have been heat treated in order to give the temperature effect on them. When the specimens have been heat treated, there must be changes in their microstructure, so microstructure study has been conducted.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xi
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI SIMBOL	xv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
BAB 1	Pengenalan	
	1.1 Latar Belakang Projek	1
	1.2 Objektif	1
	1.3 Skop	2
	1.4 Pernyataan Masalah	2
BAB 2	KAJIAN ILMIAH KELESUAN	
	2.1 Pengenalan	3
	2.2 Kitaran Tegangan	5
	2.3 Ciri-Ciri Keretakan Kelesuan	7
	2.4 Faktor Utama Yang Mempengaruhi Kekuatan Lesu Sesuatu Bahan Logam	11

2.5	Faktor Yang Mempengaruhi Jangka Hayat Lesu Sesuatu Bahan.	13
2.6	Jenis-Jenis Kitaran Lesu	
2.6.1	Kelesuan Kitar Rendah	14
2.6.2	Kelesuan Kitar Tinggi	14
2.7	Pengenalpastian Fenomena Gagal Lesu	15

BAB 3 KAJIAN ILMIAH KELULI LEMBUT

3.1	Pengenalan	17
3.2	Sifat Mekanikal Keluli Lembut	18
3.3	Sifat Am Keluli Pada Suhu Rendah	21
3.4	Sifat Am Keluli Pada Suhu Tinggi	21

BAB 4 KAJIAN ILMIAH RAWATAN HABA

4.1	Pengenalan	23
4.2	Teori Rawatan Haba	23
4.3	Peringkat Rawatan Haba	24
4.4	Gambarajah Fasa	28
4.5	Jenis Rawatan Haba	
4.5.1	Pelembutan	31
4.5.2	Pengerasan	34

BAB 5	KAEDAH KAJIAN	
5.1	Pengenalan	36
5.2	Kajian Ilmiah	38
5.3	Penyediaan Spesimen	38
5.4	Ujian Makmal	41
5.5	Rawatan Haba	47
5.6	Kajian Mikrostruktur	47
5.7	Analisa Dan Kesimpulan	52
BAB 6	KEPUTUSAN	
6.1	Ujian Ketegangan	53
6.2	Ujian Kelesuan	54
6.3	Kajian mikrostruktur	58
BAB 7	PERBINCANGAN	
7.1	Pengenalan	60
7.2	Ujian Ketegangan	61
7.3	Ujian Kelesuan	66
7.4	Kajian Mikrostruktur	68
BAB 8	KESIMPULAN	
8.1	Kesimpulan	71
8.2	Cadangan	73

RUJUKAN	74
LAMPIRAN A	76
LAMPIRAN B	77
LAMPIRAN C	78
LAMPIRAN D	79

SENARAI JADUAL

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Retak bagi fenomena gagal lesu dalam lenturan	16
3.1	Sifat mekanikal bagi keluli lembut	20
4.1	Suhu kritikal bagi keluli karbon terpilih	27
4.2	Contoh rawatan haba jenis annealing yang diberikan kepada spesimen hot rolled SAE 1050 steel	31
5.1	Komposisi bagi sebatian Nital	51
6.1	Penetapan amplitud bagi setiap spesimen	55
6.2	Keputusan Ujian Kelesuan Bagi keluli lembut di bawah pengaruh suhu , $T= 30\text{ }^{\circ}\text{C}$	55
6.3	Keputusan Ujian Kelesuan Bagi keluli lembut di bawah pengaruh suhu , $T= 600\text{ }^{\circ}\text{C}$	56
6.4	Keputusan Ujian Kelesuan Bagi keluli lembut di bawah pengaruh suhu , $T= 750\text{ }^{\circ}\text{C}$	56
7.1	Perbandingan sifat mekanikal bagi keluli lembut(AISI 1020) dari segi teori dan eksperimen	66

SENARAI RAJAH

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Faktograf retak lesu permukaan.	4
2.2	Retak lesu yang ditemui oleh Ewing	5
2.3	Lengkungan tegasan melawan bilangan hayat bagi gagal lesu untuk aluminium alloy 2014-T6	6
2.4	Makrograf bagi retak-lesu pada permukaan bagi batang keluli	8
2.5	Makrograf bagi retak-lesu pada permukaan bagi batang keluli	8
2.6	Zon lesu tipikal dengan tanda pengenalan	16
4.1	Gambarajah Fasa Fe-Fe ₃ C	28
4.2	Mikrostruktur bagi spesimen yang telah diberikan rawatan haba pada arah putaran.	32
4.3	Martensite	32
4.4	Cementite	33
4.5	Ferrite	33
5.1	Carta alir kaedah kajian yang digunakan	37
5.2	Gergaji Lentur	39
5.3	Mesin Larik	39
5.4	Lubang tengah pada spesimen	39
5.5	Alur tengah pada spesimen	40
5.6	Mesin Larik CNC	41
5.7	Spesimen bentuk tetulang anjing	41
5.8	Spesimen bagi ujian tegangan	42
5.9	Penandaan titik tengah bagi spesimen	43
5.10	Universal Testing Machine (Instron Model 5585)	43
5.11	Extensometer dipasang pada spesimen	44
5.12	Alat kawalan	45

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
5.13	Perisian 8800:Instron SAX V7,1	46
5.14	Relau Bakar	47
5.15	Bentuk spesimen yang digunakan	48
5.16	IMPTECH DMS 3000	49
5.17	Resin	49
5.18	Bahan Antilekat Silicon Spray	49
5.19	Spesimen setelah dijalankan proses penambahan	49
5.20	Mesin pipis manual	50
5.21	Mesin Gilap Automatik	51
6.1	Graf tegangan melawan terikan bagi keluli lembut (AISI 1020)	54
6.2	Graf lengkungan SN bagi keluli lembut (AISI 1020) di bawah pengaruh suhu berbeza.	57
6.3	Mikrostruktur bagi keluli lembut tanpa rawatan Haba	58
6.4	Mikrostruktur bagi keluli lembut selepas rawatan haba pada suhu $T= 600\text{ }^{\circ}\text{C}$	59
6.5	Mikrostruktur bagi keluli lembut selepas rawatan haba pada suhu $T= 750\text{ }^{\circ}\text{C}$	60
7.1	Graf Tegangan melawan Terikan bagi Keluli Lembut (AISI 1020) dengan analisa sifat-sifat Mekanikal	62
7.2	Pengleheran yang berlaku ke atas spesimen yang diuji	64
7.3	Pembentukan struktur cawan dan kon pada spesimen yang telah diuji	65
7.4	Lengkungan SN bagi keluli lembut(AISI 1020) di bawah pengaruh suhu berbeza	66

BIL	TAJUK	MUKA SURAT
7.5	Mikrostruktur bagi keluli lembut pada suhu 30 °C	68
7.6	Mikrostruktur bagi keluli lembut pada suhu 600 °C	69
7.7	Mikrostruktur bagi keluli lembut pada suhu 600 °C	70

SENARAI SIMBOL

ASTM	=	American Society for Testing and Materials
CNC	=	Computer Numerical Control
UTM	=	Ultimate Tensile Machine
ASM	=	American Standard of Material

SENARAI LAMPIRAN

BIL SURAT	TAJUK	MUKA
1	Spesifikasi mesin gergaji lentur scantool	76
2	Spesifikasi mesin CNC larik	77
3	Spesifikasi mesin penambahan tekanan automatik	78
4	Spesifikasi mesin pengilap	79

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang Projek

Kelesuan merupakan kejadian dimana sesuatu bahan dikenakan beban atau daya yang berterusan sehingga bahan tersebut mengalami fenomena gagal lesu. Karakter kegagalan dalam kejadian lesu dan faktor-faktor yang mempengaruhi kitaran hayat lesu bagi sesuatu bahan akan di kaji dalam projek ini. Bahan ujikaji yang digunakan adalah dari jenis keluli lembut (AISI 1020). Oleh yang demikian, kajian terperinci seperti sifat mekanikal serta bentuk yang sesuai untuk diuji dalam makmal perlu di laksanakan. Bentuk yang sesuai untuk di uji adalah mengikut piawaian yang telah ditetapkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Ini adalah kerana bahan ini perlu menjalani ujian tegangan supaya nilai tegangan alah bahan tersebut dapat dikenalpasti. Kajian ini adalah bertujuan mengkaji kesan suhu terhadap jangkahayat lesu bagi keluli lembut.

1.2 Objektif

Objektif utama bagi projek ini adalah untuk menentukan jangka hayat lesu bagi keluli lembut di bawah pengaruh suhu yang berbeza.

1.3 Skop

Skop utama dalam projek ini adalah untuk mengetahui kitaran gagal lesu bagi spesimen yang di gunakan. Fasa pertama yang perlu di lalui ialah dengan menjalankan kajian ilmiah mengenai sifat mekanikal bagi spesimen yang di gunakan. Di dalam projek ini, spesimen yang digunakan ialah keluli lembut. Spesimen ini perlu di buat mengikut piawaian yang telah ditetapkan. Spesimen disediakan dengan menggunakan mesin larik CNC. Rawatan haba akan di kenakan ke atas spesimen supaya perubahan mikrostruktur serta kesannya ke atas jangka hayat spesimen dapat diketahui dan direkodkan. Kemudian, ujian ketegangan di lakukan untuk mengetahui nilai tegangan alah spesimen tersebut. Ujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin UTM (Ultimate Testing Machine). Seterusnya, untuk mengetahui jangka hayat spesimen tersebut, ujian kelesuan dilakukan. Skop yang terakhir adalah untuk menjalankan analisa terhadap spesimen dan membuat kesimpulan mengenai keputusan yang diperolehi.

1.3 Pernyataan Masalah

Telah dipastikan bahawa sejak 1830 lagi di mana apabila besi dikenakan tegangan yang berulang akan mengalami kegagalan pada daya tegangan yang lebih rendah daripada yang diperlukan untuk menyebabkan keretakan pada aplikasi muatan tunggal. Kegagalan yang berlaku semasa dikenakan beban dinamik dikenali sebagai fenomena gagal lesu kerana jika dilihat secara amnya bahawa kegagalan ini berlaku hanya apabila tempoh servis telah dicapai. Terdapat faktor yang menyebabkan permulaan sesuatu fenomena lesu ini dan antaranya ialah kesan perubahan suhu. Oleh itu, melalui projek ini, pengaruh suhu terhadap jangka hayat lesu bagi sesuatu bahan dapat ditentukan sama ada semakin panjang atau semakin pendek.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH KELESUAN

2.1 Pengenalan

L.F Collin (1972) menyatakan bahawa keretakan akibat lesu adalah biasanya dikenalpasti sebagai salah satu penyebab utama yang menyebabkan kegagalan dalam struktur sesuatu bahan logam. Kelesuan adalah sejenis kerosakan struktur yang bertindak secara menumpu dan perlahan-lahan serta semakin bertambah kesannya ke atas sesuatu logam apabila logam tersebut dikenakan beban atau daya ketegasan yang berubah-ubah pada tekanan nominal.

Fenomena gagal lesu biasanya berpusat pada titik tumpuan tegangan seperti pada sudut tajam ataupun pada *metallurgical inclusion* (flaw). Sebaik sahaja titik itu terbentuk, keretakan pada titik tersebut akan merebak merentasi bahagian tersebut dibawah pengaruh tegangan yang berulang. Pada peringkat ini, *clampsell* atau *beach mark* akan terbentuk seperti yang dalam rajah 2.1 di bawah. Rajah itu menunjukkan retak lesu bermula pada sudut atas kiri laluan kunci dan merebak hampir keseluruhan keratan rentas sebelum retak akhir berlaku. Akhirnya, bahagian yang selebihnya akan menjadi terlalu kecil sehingga menyebabkan bahagian tersebut tidak lagi mampu menampung sebarang daya dan keretakan yang lengkap akan terhasil. Oleh yang demikian, biasanya terdapat dua jenis permukaan yang jelas dapat dikenalpasti iaitu;

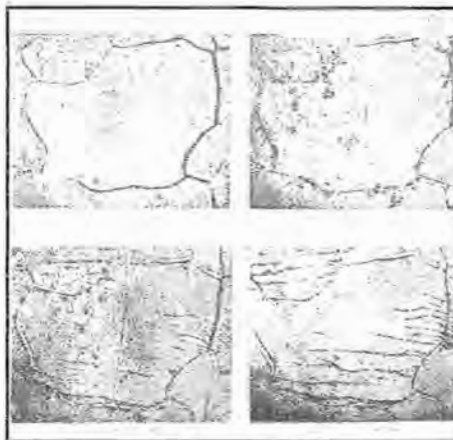
- Kawasan permukaan licin yang disebabkan oleh kesan gosokan di antara kawasan permukaan licin yang terdedah dimana keretakan merebak merentasi bahagian tersebut.
- Kawasan permukaan kasar yang terbentuk akibat keretakan apabila beban menjadi terlalu besar untuk keratan rentas yang selebihnya.



Rajah 2.1 Faktograf retak lesu permukaan..

(Sumber : Dr. K. Kurtis (2001))

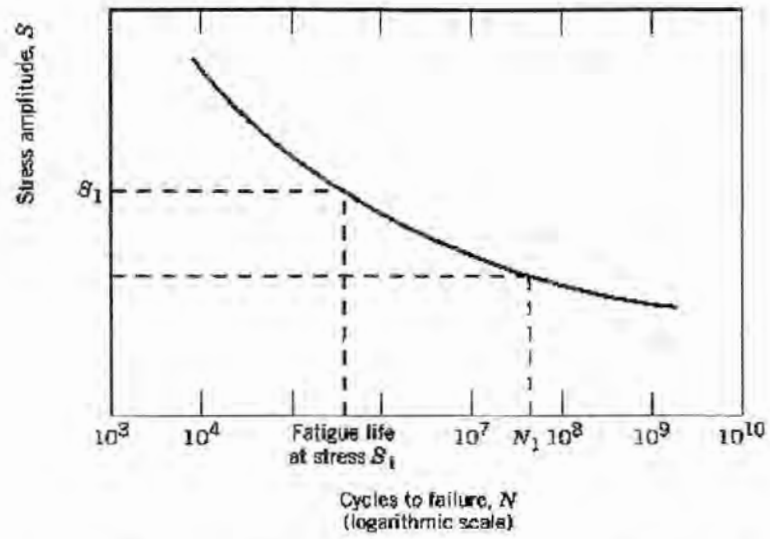
Pada kurun ke 19, telah mencatatkan bahawa Ewing, J. A (1903) merupakan individu pertama yang mendemonstrasikan tentang kegagalan kelesuan logam dalam keretakan mikroskopik. Ewing merupakan seorang jurutera dan ahli fizik berbangsa Scotland. Sebagai seorang profesor di beberapa institusi pengajian beliau telah banyak menolong dalam menubuhkan program kejuruteraan.



Rajah 2.2 Retak lesu yang ditemui oleh Ewing
(Sumber : en.wikipedia.org)

2.2 Kitaran Tegangan

Terdapat beberapa jenis ujian untuk menentukan jangka hayat lesu sesuatu bahan. Ujian yang selalu di gunakan ialah ujian kitaran bar dimana spesimen akan dikenakan daya mampatan dan regangan yang berubah-ubah. Semasa ujian lesu ke atas contoh spesimen dilakukan, bahagian tengah spesimen akan merasai tegangan pada bahagian bawah permukaannya dan mampatan pada bahagian atas permukaan spesimen tersebut. Data daripada eksperimen ini akan di plot dalam bentuk lengkungan SN yang mana tegangan, S yang menyebabkan kegagalan akan di plot melawan bilangan kitaran, N di mana kegagalan berlaku. (Courtney, T. H., 2000). Rajah 2.3 di bawah menunjukkan contoh lengkungan SN bagi aluminium alloy 2014-T6.



Rajah 2.3 Lengkungan tegasan melawan bilangan hayat bagi gagal lesu untuk aluminium alloy 2014-T6

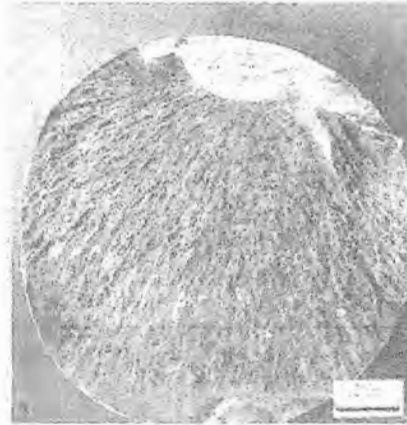
(Sumber : Fenner, A.J, (1965))

2.3 Ciri-ciri Keretakan Kelesuan

Keretakan yang disebabkan oleh kelesuan mempunyai sifat yang tersendiri dan biasanya digunakan untuk mengesahkan bahawa penyebab kegagalan logam tersebut adalah diakibatkan oleh fenomena lesu. (Courtney, T. H., 2000).

Makrograf bagi retak lesu bagi permukaan dapat di lihat dalam rajah 2.4 di mana dimana retak berpusat pada bahagian atas keluli. Pada peringkat ini, perubahan bentuk pada permukaan mempunyai dua sifat yang jelas dapat di lihat. Pertama, di kenali sebagai 'clamshell' atau 'beach marking' menyatakan perebakan bagi retak pada permukaan adalah secara perlahan. Fenomena ini di kenali sebagai pertumbuhan retak perlahan yang mana merupakan ciri-ciri bagi fenomena gagal lesu.

Contoh dalam rajah 2.5 itu menunjukkan retak berpusat pada kawasan yang terputus dalam bebenang pemotong. Secara realitinya, kawasan retak di atas permukaan retak lesu kadangkala tidak boleh digambarkan dengan mudah. Sebagai contoh, produk yang terhakis mungkin terbentuk di atas kawasan yang mengalami fenomena perebakan retak lesu dan mungkin mengaburkan kawasan tersebut. Permukaan itu juga tidak dapat dilihat dengan jelas sekiranya medium yang bersifat menghakis wujud di atas permukaan tersebut.



Rajah 2.4 Makrograf bagi retak-lesu pada permukaan bagi batang keluli



Rajah 2.5 Makrograf bagi retak-lesu pada permukaan bagi batang keluli

(Sumber : Dr. K. Kurtis (2001))

Kawasan yang kasar dan berserat untuk bahagian permukaan retak yang selebihnya adalah sejajar dengan fasa akhir bagi proses retak tersebut. Kawasan pada bahagian retak perlahan-laju adalah penilaian secara kasar untuk nilai maksimum kitaran tekanan, ketahanan retak sesuatu bahan ataupun kekuatan tegangan bahan