


“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini memadai dari segi konsep dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)”

Tandatangan	: 
Nama Penyelia	: EN. WAN MOHD. FARID BIN WAN MOHAMAD
Tarikh	: MEI 2007

**PENGESANAN PERAMBATAN RETAK DALAM ALUMINIUM TEMPATAN
YANG DILINDAPKEJUT DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK PENGESANAN
VISUAL**


MOHD AKMAL BIN AB HALIM

**Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal sebagai memenuhi
sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan
Mekanikal (Struktur & Bahan)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

Mei 2007

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

Tandatangan : 

Nama Penulis : MOHD AKMAL BIN AB HALIM

Tarikh : MEI 2007

Untuk ma dan abah tersayang
Puan Saidah Binti Ibrahim dan Encik Halim Bin Bakar

Abang-abang, kakak-kakak dan adik-adik

Sanak saudara, kawan lelaki dan kawan perempuan...

PENGHARGAAN

Syukur alhamdulillah dengan limpah kurnia-Nya saya berjaya menyiapkan kajian ini. Pertama sekali, jutaan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Penyelia Projek Sarjana Muda ini, En. Wan Mohd Farid Bin Wan Mohamad, Pensyarah di Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknikal Malaysia Melaka (utem), di atas tunjuk ajar dan sumbangan bermakna bagi membantu, menegur dan membinbing saya untuk menghasilkan kajian ini.

Pendekatan dan kaedah yang bersesuaian yang telah diberikan, berjaya diterjemahkan dengan sebaik mungkin bagi matlamat ini. Sesungguhnya pengalaman ini akan menjadi aset berpanjangan yang tak terhingga nilainya.

Penghargaan juga tidak seharusnya dilupakan untuk diberikan kepada ibu serta ahli keluarga, rakan-rakan serumah dan rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak memberi dorongan dan bantuan secara lansung dan tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Tidak dilupakan juga jutaan terima kasih kepada juruteknik yang berpengalaman iaitu Encik Rashdan dan Encik Raduan diatas pertolongan yang telah diberikan semasa kajian dilakukan. Tanpa pertolongan tersebut tidak mungkin saya dapat menyiapkan kajian ini.

Semoga penghasilan kajian ini mampu memberikan banyak manfaat dan dorongan kepada semua orang dan mencetus banyak idea untuk memperbaiki kajian ini.

ABSTRAK

Kajian ini dilakukan untuk mencari perbandingan panjang retak antara dua jenis aloi berbeza iaitu sampel aluminium 5083 dan aluminium 6063 sebelum dilindapkejut dan juga sampel yang telah dilindapkejut dengan menggunakan medium udara dan minyak. setelah sampel dihasilkan, ujian regangan dilakukan ke atas sampel sehingga putus dengan menggunakan mesin instron 8802. Ini bertujuan untuk mencari selang pemanjangan. Kemudian, ujian regangan dilakukan terhadap sampel pada setiap selang pemanjangan. Selepas itu, retak yang berlaku pada sampel dikesan dengan menggunakan teknik pemeriksaan visual iaitu dengan menggunakan kanta dan mikroskop. Daripada ujian regangan ini, terdapat 55.56 % daripada keseluruhan sampel yang diuji berjaya dikesan retak.

ABSTRACT

The objective of this research is to compare the crack length between two type of alloys which are aluminium 5083 and aluminium 6063 before and after quenching where oil and air act as the medium After the sample is produceed, the tensile test is tested on the sample using 8802 machine till the sample ruptered purposely to find extension range. Then, the tensile test is tested on each of the extention range of the sample. Visual inspection using lense and microscope is used to find the crack on the sample. From this research, 55.56% of the tested sample was cracked using visual inspection.

ISI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
1	PENDAHULUAN	
	1.1 Latar belakang	1
	1.2 Penyataan masalah	4
	1.3 Objektif kajian	5
	1.4 Skop Kajian	6
	1.5 Aplikasi kajian	7
2	KAJIAN ILMIAH	
	2.1 Penyediaan sampel	9
	2.2 Ujian regangan	11
	2.3 Pengesanan Retak	13
3	METODOLOGI	
	3.1 Pengenalan	17
	3.2 Prosedur, Bahan, dan Peralatan	18
	3.3 Penyediaan Sampel	19
	3.4 Proses Lindapkejut	20

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	3.5	Ujian Regangan 21
	3.6	Pengesanan Retak 21
4	KEPUTUSAN	
	4.1	Pengenalan 23
	4.2	Rawatan Haba Ke Atas Sampel 23
	4.3	Ujian Regangan 24
	4.4	Analisis 32
	4.4.1	Perbandingan antara dua jenis aluminium berbeza 32
	4.4.2	Perbandingan sampel antara medium lindapkejut berbeza 34
5	PERBINCANGAN	
	5.1	Pengenalan 36
	5.2	Proses Lindapkejut 36
	5.3	Ujian Regangan 37
	5.4	Peratusan Panjang Retak Yang Diperolehi 38
	5.5	Kesan Masa Terhadap Panjang Retak 39
	5.6	Kesan Ujian Regangan Terhadap Perambatan Retak 39

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
6	KESIMPULAN DAN CADANGAN PENAMBAHBAIKAN	
6.1	Kesimpulan	40
6.2	Cadangan Untuk Kajian Masa Depan	41
	RUJUKAN	43
	LAMPIRAN A	44
	LAMPIRAN B	45
	LAMPIRAN C	47

SENARAI JADUAL

NO JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1	Jadual keputusan ujian regangan aluminium 5083	28
2	Jadual keputusan ujian regangan aluminium 6063	28
3	Panjang retak dan masa yang diperolehi untuk sampel 5	29
4	Panjang retak dan masa yang diperolehi untuk sampel 5U	29
5	Panjang retak dan masa yang diperolehi untuk sampel 5M	29
6	Panjang retak dan masa yang diperolehi untuk sampel 6	30
7	Panjang retak dan masa yang diperolehi untuk sampel 6U	30
8	Panjang retak dan masa yang diperolehi untuk sampel 6M	30

SENARAI RAJAH

NO RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1	Bentuk dan dimensi spesimen untuk ujian kelesuan oleh G. Meneghetti, Susmel dan r. Tovo (2006)	9
2	Dimensi bahan ujkaji A	10
3	Dimensi bahan ujkaji B	11
4	Contoh bahan ujkaji bagi ujian regangan oleh Javad Hashemi (2003)	12
5	Graf tekanan melawan terikan untuk 6061 T6 Aluminium	13
6	Penerimaan signal dengan menggunakan pulse transducer (2.25MH)	13
7	Kaedah mengesan retak.	14
8	Pengesanan retak semasa putaran tinggi ujian kelesuan bagi aloi aluminium 6063 (plat bar 200mmX 30mm X 3mm).	14
9	Ujian gema nadi	15
10	Sudut Rasuk (Angle Beam)	16
11	Carta alir prosedur eksperimen yang dijalankan di dalam kajian	18

NO RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
12	Saiz dan ukuran sampel yang digunakan dalam kajian	20
13	Graf ujian regangan aluminium 5083 bagi sampel 5	24
14	Graf ujian regangan aluminium 5083 bagi sampel 5M	25
15	Graf ujian regangan aluminium 5083 bagi sampel 5U	25
16	Graf ujian regangan aluminium 5083 bagi sampel 6	26
17	Graf ujian regangan aluminium 5083 bagi sampel 6M	26
18	Graf ujian regangan aluminium 5083 bagi sampel 6U	27
19	Panjang retak yang diperolehi untuk sampel 6M	26
20	Graf berbandingan antara dua jenis aluminium yang belum dilindapkejut	32
21	Graf berbandingan antara dua jenis aluminium yang dilindapkejut menggunakan medium udara	33
22	Graf berbandingan antara dua jenis aluminium yang dilindapkejut menggunakan medium minyak	33
23	Graf perbandingan jenis aluminium 5083 yang dilindapkejut dengan menggunakan medium berbeza	34
24	Graf perbandingan jenis aluminium 6063 yang dilindapkejut dengan menggunakan medium berbeza	35

SENARAI RINGKASAN

SIMBOL

Θ

Hz

μm

Mpa

σ

ϵ

δ

T

F

A

L

N

MAKSUD

Sudut

Frekuensi

Micrometer

Megapaskal

Tegasan

Terikan

Perubahan jarak

Suhu (Temperature)

Daya (Force)

Luas (Area)

Panjang (Length)

Kitaran (cycle)

SINGKATAN

NDT

ASTM

UTM

SEM

MAKSUD

Non Destructive Testing

American Standard Test Material

Universal Testing Machine

Scanning Electron Microscope

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang.

Kajian pengesanan retak telah dilakukan pada abad ke 19 lagi di mana, sejarah telah mencatatkan bahawa James Alfred Ewing merupakan individu pertama yang mendemonstrasikan tentang regangan logam dalam keretakan mikroskopik. Selepas itu, A. M. Miner dan A. Palmgren's telah menjalankan hipotesis kerosakan linear sebagai satu amalan alat retak pada tahun 1945. Seterusnya, pada tahun 1954 L. F. Coffin dan S. S. Manson telah menjelaskan pertumbuhan retak dari segi ketegangan plastik dengan menggunakan ujian regangan. Beliau telah membuat *notch* berukuran 3mm pada sampel untuk permulaan ujian regangan. Manakala pada tahun 1961, P. C. Paris mencadangkan kaedah-kaedah untuk meramal kadar pertumbuhan retak awal dan mempertahankan pendekatan fenomenologis.

Bermula abad ke 20, pengesanan retak diteruskan oleh Kalpana S. Katni pada Jun 2000. beliau menjalankan kajian tentang mekanisma kegagalan nano-komposit dengan menggunakan ujian regangan. Pada April 2001, seterusnya, Buo Chan menjalankan kajian terhadap laluan retak terhadap keluli yang bersambung antara satu sama lain dengan menggunakan tegasan regangan pada tahun 2001. pada Jun 2002, Sung. R Chai menjalankan kajian kekuatan muktamad regangan sebagai fungsi kadar kajian yang mana menunjukkan keadaan patah berlaku. Seterusnya, kesinambungan perambatan retak telah disambung dalam kajian ini.

Kajian yang dilakukan ini ialah pengesanan perambatan retak dalam keluli tempatan yang dilindapkejut dengan menggunakan teknik ultrasonik. Terdapat pelbagai jenis aluminium yang dapat diambil untuk melakukan projek ini. Namun begitu pemilihan aluminium yang sesuai adalah amat penting untuk memastikan kelancaran projek ini. Untuk menjayakan projek ini, dua jenis aloi tempatan yang berbeza telah dipilih iaitu aluminium 5083 dan aluminium 6063. Pemilihan aluminium ini adalah mengambil kira beberapa jenis faktor yang mustahak. Faktor tersebut adalah tempoh masa untuk aluminium tersebut semasa melakukan ujian regangan. Dua jenis aloi ini mengambil masa yang paling singkat berbanding dengan jenis yang bahan lain mengikut kepada teorinya. Selain itu, jenis aluminium ini juga senang diperolehi kerana ianya sering digunakan dalam industri. Sebagai kesimpulannya, pemilihan aloi ini adalah bersesuaian dengan projek ini.

Aloi aluminium 6063 adalah aloi yang mempunyai kekuatan sederhana biasanya dirujuk sebagai aloi seni bina. Ia mempunyai satu kemasan permukaan yang baik, mempunyai rintangan tinggi untuk kakisan dan adalah sesuai untuk kimpalan. Kebiasaannya aloi jenis aluminium 6063 adalah digunakan dalam aplikasi senibina, membuat bingkai tingkap, membuat pintu, pengairan dalam sistem pembuluan (tubing) dan sebagainya. Mengandungi unsur-unsur kimia seperti Si, Fe, Cu, Mn, Mg, Zn, Ti, Cr dan Al.

Aluminium 5083 adalah diketahui bahawa mempunyai prestasi yang memberangsangkan dalam persekitaran yang maju. Aluminium jenis ini adalah amat tahan lasak untuk rintangan air laut kerana ianya tahan karat dan tahan lasak pada persekitaran industri kimia. Aluminium 5083 juga mengekalkan kekuatan luar biasa selepas kimpalan. Namun kekuatan itu dapat diatasi sekiranya digunakan pada suhu yg melebihi 650°C. Kegunaan logam ini adalah lebih kurang dengan penggunaan aloi aluminium 6063 iaitu untuk kegunaan senibina, bingkai tingkap dan sebagainya. Juga

mengandungi unsur kimia yang sama seperti aluminium 6063 namun nilai peratusan komposisinya berbeza.

Pemilihan bentuk sampel untuk projek ini adalah berbentuk plat. Pada plat tersebut telah dilakukan *notch* pada bahagian tengah-tengah sampel. Tujuan dilakukan *notch* tersebut adalah untuk memudahkan pengesanan retak awal. Secara tidak langsungnya perambatan retak pun tertumpu dibahagian tersebut. Manakala bentuknya pula adalah jenis yang bersegi (*square*). Dalam projek ini, pemilihan jenis yang bersegi adalah lebih baik daripada jenis yang bulat. Ini kerana, jenis yang bersegi memudahkan untuk melakukan pengesanan retak. Teknik penyediaan spesimen untuk kajian ini adalah dengan hanya kaedah pemotongan bahan sahaja. Ini kerana material yang diterima adalah mempunyai persamaan tebal dan lebar dengan saiz sampel yang dikehendaki. Cuma panjangnya sahaja perlu dipotong mengikut ukuran yang dikehendaki.

Kajian ini menghasilkan sampel yang telah dilindapkejut pada suhu yang hampir dengan takat lebur sampel yang ingin diuji. Untuk sampel aluminium jenis 6063, takat lebur sampel berkenaan mencapai sehingga 610°C. Dengan itu, sampel itu dirawat sehingga suhu 580°C, manakala bagi sampel aluminium jenis 5083, sampel tersebut dipanaskan sehingga 550°C kerana takat lebur sampel berkenaan mencapai sehingga 570°C sahaja. Ini bertujuan apabila sampel itu dilindapkejut dengan medium, maka sampel berkenaan mengalami pengstruktur semula dan menjadi lebih keras dari pada sampel yang asal.

Dengan itu dapat dilihat bahawa proses perambatan retak akan berlaku lebih lambat berbanding dengan sampel piawai iaitu tanpa melakukan proses lindapkejut. Proses berlakunya permulaan retak juga berbeza mengikut medium-medium yang diletakkan. Mesin UTM merupakan ujian paling sesuai untuk membuat permulaan retak, ini diakui kerana ujian ini mengikut standard ASTM E812. Dengan menetapkan

menetapkan kadar regangan yang ditarik iaitu 5mm/min, sampel diregangkan dalam keadaan pemanjangan berterusan dengan daya.

Untuk mengesan perambatan retak dan retak awal, terdapat berbagai kaedah dan cara. Kaedah tersebut adalah menggunakan kaedah ujian tanpa musnah (*non-destructive testing*). Di dalam ujian tanpa musnah terdapat pelbagai teknik untuk mengesan retak. Antaranya adalah dengan menggunakan kaedah *eddy-current*, *Visual Inspection*, *Liquid Penetrant*, *Magnetic Particle Testing*, *Ultrasonic Testing* dan *Radiography*. Namun untuk projek ini, teknik pengesanan visual digunakan kerana mempunyai faktor yang lebih baik dari teknik-teknik yang lain.

Kaedah *Liquid Penetrant* dan *Magnetic Particle Testing* tidak dapat digunakan dalam kajian ini kerana sampel yang digunakan ialah sampel yang digunakan dalam kajian ini ialah aluminium di mana ia gagal mengesan retak pada sampel aluminium manakala teknik ultrasonik pula tidak dapat digunakan kerana kaedah tersebut gagal mengesan retak pada sampel yang ketebalannya kurang dari 3mm. Jesteru itu, teknik pengesanan visual digunakan kerana antara kebaikannya ialah senang dilakukan dan tidak memerlukan kos yang mahal untuk menjalankan pemeriksaan. Disamping itu, hasil pemeriksaan dari teknik ini juga dapat diperolehi dengan serta merta

1.2 Pernyataan Masalah

Dalam melakukan kajian ini, terdapat pernyataan masalah yang dihadapi sebelum dan semasa menjalankan ujian ujian. Permasalahan pertama yang timbul ialah dimensi piawai yang ditetapkan ke atas bentuk sampel yang ingin dijalankan. Setelah merujuk kepada pelbagai piawaian seperti (ASTM) E466 dan Standard dan Piawai British (BS)

3518: Bahagian 1 1993 (kedua-dua yang telah dirujuk untuk dalam urusan anugerah). Kajian ini mengambil Bentuk dan dimensi sampel berdasarkan jurnal G. Meneghetti, L. Susmel, R. Tovo (Februari 2006) jenis plate yang bersaiz 6mX 3mmX 25mm.

Permasalahan kedua ialah untuk mengetahui tempat di mana permulaan berlakunya perambatan retak. Seperti yang diketahui, semua bahagian sampel akan berlakunya retak semasa menjalankan ujian, tetapi tidak mengetahui tempat khusus berlakunya perambatan retak sama ada di bahagian tengah, bawah atau atas di bahagian sampel. Kemudian, setelah merujuk pada jurnal, kajian ini menetapkan *notch* sebanyak 3 mm pada bahagian tepi di tengah-tengah sampel. Permasalahan ketiga ialah bagaimana keadaan corak atau alur perambatan retak yang dikesan sama ada alur lurus, condong atau tidak tersusun.

Permasalahan seterusnya ialah bila permulaan retak akan berlaku bagi setiap sampel. Selepas melakukan proses lindapkejut, kekuatan keluli akan bertambah dan berbeza bagi setiap sampel. Dengan demikian, pernyataan masalah ini boleh dijadikan sebahagian daripada objektif tambahan dalam kajian yang dilakukan.

1.3 Objektif Kajian

Dalam membuat kajian, objektif adalah penting dalam menyelesaikan masalah yang dihadapi semasa menjalankan kajian makmal. Antara objektif kajian ialah mengkaji kesan lindapkejut dengan menggunakan medium berbeza terhadap perambatan retak yang berlaku dalam aluminium tempatan apabila dikenakan beban. Seperti yang diketahui, selepas melakukan proses lindapkejut, bahan tersebut akan menjadi lebih keras dalam kekerasan logam yang digunakan berbeza mengikut medium yang

diletakkan selepas dipanaskan. seperti yang dicadangkan, kaedah dalam teknik NDT yang dicadangkan untuk mengesan retak tersebut adalah dengan menggunakan kaedah pengesanan visual.

Objektif seterusnya ialah mengkaji kaitan beban regangan yang dikenakan terhadap perambatan retak yang berlaku dalam aluminium tempatan. Dengan menggunakan ujian regangan, kajian boleh mengaitkan daya-daya lain seperti daya tegangan (*tensile*), daya mampatan (*compresses*), daya tegangan mampatan (*tensile compresses*) dan juga daya ubah-ubah (*flutate*). Hasil daripada itu akan menghasilkan daya tekanan (*stress*), daya tegangan terakhir (*ultimate tensile stress*) dan juga tegasan alah (*yield stress*) juga dapat dikaitkan perambatan retak yang berlaku dalam aluminium tempatan.

Antara objektif lainnya adalah untuk mengetahui bila berlakunya permulaan retak dan di bahagian mana perambatan retak berlaku. Sementara itu, kajian ini juga dapat mengetahui bagaimana untuk menentukan dan mengesan permulaan retak dengan sah. Ini kerana melalui kajian ini, ujikaji akan dilakukan untuk membuktikan yang teori mengenai perambatan retak adalah sah.

1.4 Skop Kajian

Skop kajian adalah penting dalam melihat ringkasan keseluruhan kajian yang dijalankan. Tanpa skop kajian, penilai atau orang luar susah memahami atau menilai perkembangan kajian yang dijalankan. Skop yang pertama ialah menghasilkan kajian ilmiah berdasarkan jurnal, artikel, buku dan lain-lain yang berkaitan. Langkah ini sedikit rumit kerana kesukaran dalam mencari jurnal-jurnal yang berkaitan dan seterusnya

aluminium ini mengambil masa yang paling singkat berbanding dengan keluli tempatan yang lain mengikut kepada teorinya. Oleh itu, pemilihan aluminium dalam kajian ini adalah sesuai.

Skop yang ketiga ialah melakukan proses lindapkejut ke atas spesimen dengan menggunakan medium yang berbeza iaitu, minyak dan udara. Dari segi pemerhatian, medium minyak lebih cepat menyejuk berbanding medium udara. Kemudian menetapkan parameter-parameter yang berkaitan semasa menjalankan ujian regangan dan ujian pengesanan visual. Skop yang terakhir ialah melakukan ujian regangan secara berperingkat ke atas spesimen dengan menggunakan mesin UTM (static type) dan mengesahkan perambatan retak dengan menggunakan teknik pengesanan visual untuk setiap peringkat.

1.5 Aplikasi Kajian

Aplikasi dalam melakukan kajian banyak didapati dalam bidang automobil dan permotoran. Komponen-komponen di dalam enjin mestilah menggunakan logam yang lebih keras kerana enjin melakukan pembakaran dan biasanya suhu yang digunakan dapat mencairkan logam. Dengan itu, logam yang dilindapkejut merupakan logam yang sesuai kerana ia lebih keras berbanding logam-logam yang biasa.

Dalam bidang pembinaan juga boleh didapati aplikasinya dengan menggunakan kerangka atau rasuk yang telah dilindapkejut. Ini dapat meningkatkan ketahanan logam yang digunakan. Pembinaan jambatan juga sesuai untuk penggunaan aluminium yang dilindapkejut kerana dapat menahan beban yang ditanggung dengan lebih lama. Selain ringan, aluminium juga akan menjadi lebih keras selepas dilindapkejut.

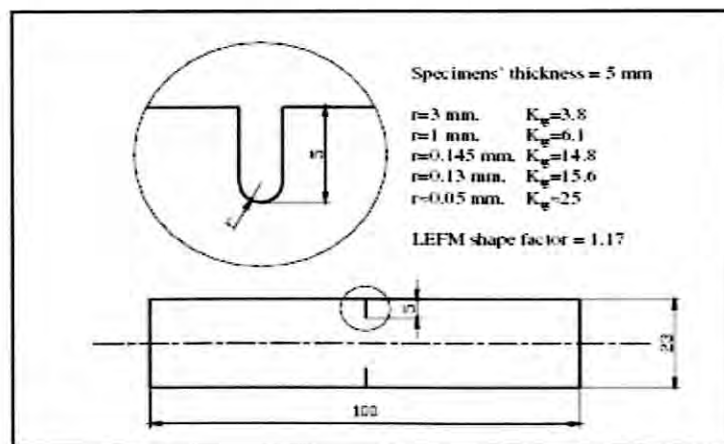
Penggunaan teknik ultrasonik pula dapat diaplikasi dalm industri paip dan gas. Teknik ini dapat mengesan keretakan dan kebocoran gas yang berlaku dimana tidak nampak pada pandangan mata kasar. Biasanya, syarikat-syarikat minyak seperti Petronas atau Shell menggunakan teknik ultrasonik untuk mengesan kebocoran gas. Syarikat-syarikt penerbangan juga menggunakan tenik ini untuk mengesan keretakan pada bahagian-bahagian kapal terbang yang menggunakan kerangka aluminium.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Penyediaan sampel

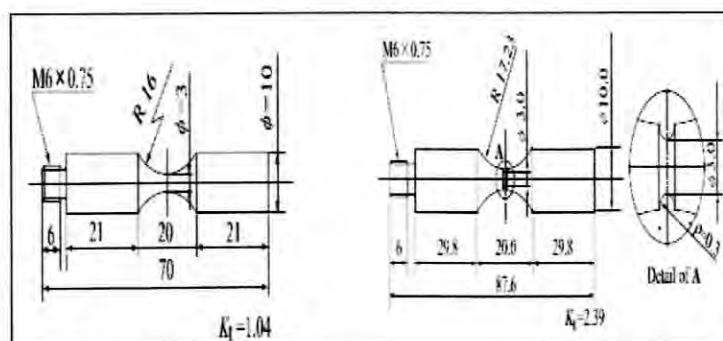
G. Meneghetti, Susmel, r. Tovo (2006) telah menjalankan ujikaji retak keatas spesimen yang mempunyai penumpuan tegasan yang berbeza. Sampel yang digunakan adalah bersaiz 23mm lebar, panjang 100mm dan tebal 5mm. Terdapat dua *notch* dilakukan pada spesimen. *Notch* yang dihasilkan adalah untuk kegunaan ujian-ujian ketegangan dan ujian kelesuan dengan tujuan untuk memastikan bahawa kegagalan ataupun keretakan berlaku dan tertumpu di bahagian tersebut.



Rajah 1 : Bentuk dan dimensi spesimen untuk ujian kelesuan oleh G. Meneghetti, Susmel dan r. Tovo (2006)

Yoshiaki Akiniwa, Nobuyuki Miyamoto, Hirotaka Tsuru, Keisuke Tanaka [2006]; Dalam kajian mereka berempat iaitu mengenai pengaruh *notch* keatas kekuatan logam. Kajian ini dilakukan dengan membandingkan dua bahan ujikaji yang berbeza iaitu permukaannya licin dan bahan ujikaji yang permukaan mempunyai *notch* yang mana dinamakan sebagai SUJ2-A dan SUJ2-B. Lihat Rajah 2 dan Rajah 3 untuk dimensi bagi setiap spesimen. Graf daya melawan pemanjangan yang diperolehi dari bahan ujikaji yang permukaan licin adalah berbeza dengan bahan ujikaji yang mempunyai *notch* tetapi perbezaannya tidak berapa jelas. Perbezaan diantara SUJ2-A dan SUJ2-B hanya datang dari penyebaran percantuman saiz.

Kajian ini juga mengatakan bahawa kitar keretakan terbahagi kepada tiga iaitu yang pertamanya ialah peringkat A. Pada peringkat ini berlakunya penyebaran retak dari percantuman kepada permukaan berbutir-butir. Kemudian peringkat B iaitu penyebaran retak dari berbutir kepada mata ikan dan yang ketiga iaitu peringkat C dimana pada peringkat ini berlakunya kepatahan. Kesemua mekanisme penyebaran retak sehingga kepada kepatahan akan digunakan untuk pengiraan kekuatan logam. Faktor keamanan tekanan pada peringkat A adalah malar pada sekitar $4\text{MPm}_{1/2}$. Untuk kes *notch* berbentuk bulat, kelesuan bermula dari permukaan dan pembentukan. Manakala kekuatan bagi bahan yang bertakik adalah lebih rendah berbanding yang permukaan tinggi.



Rajah 2 : Dimensi bahan ujikaji A