
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2011/2012

Januari 2012

EBB 405/3 – Failure Analysis and Non-Destructive Testing ***[Ujian Kegagalan dan Ujian Tak Musnah]***

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains TWELVE printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of THREE questions from PART A and FOUR questions from PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi TIGA soalan dari BAHAGIAN A dan EMPAT soalan dari BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer **ALL** questions from PART A and any **TWO** questions from PART B. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab **SEMUA** soalan dari BAHAGIAN A dan mana-mana **DUA** soalan dari BAHAGIAN B. *Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]*

The answers to all questions must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

...2/-

PART A**BAHAGIAN A**

1. Figure 1 shows a cracked steel block ($30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$) in acrylonitrile butadiene styrene (ABS) polymer block.

Rajah 1 menunjukkan satu blok keluli yang retak ($30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$) dalam akrilonitril butadiena stirena (ABS) polimer blok.

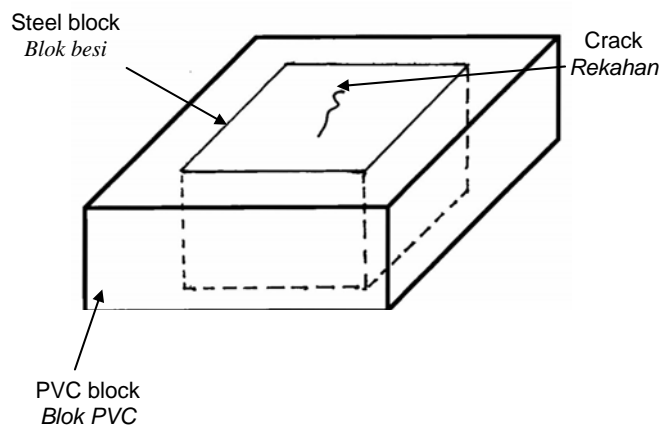


Figure 1: Steel and ABS block

Rajah 1: Blok keluli dan ABS

- [a] List general basic test sequence for any sample using magnetic particle testing.

Senaraikan secara am urutan ujian asas untuk sebarang sampel bagi ujian zarah magnet.

(20 marks/markah)

- [b] Based on Figure 1, explain and draw the sequence for magnetic particle test.

Berdasarkan Rajah 1, terangkan dan lukiskan urutan ujian zarah magnet.

(80 marks/markah)

...3/-

2. [a] A metallurgist working in a steel plant suspect cracks are present in the cast billets from the continuous casting machine (CCM). The engineer has decided to use a liquid penetrant testing method but over washing is a big concern due to the penetrant available. Differentiate the four penetrant washing methods that can be used. Secondly, justify which method would give the highest sensitivity to the defects present in the billet and why?

Seorang jurutera metalurgi yang bekerja di sebuah kilang besi mengesyaki terdapat keretakan pada acuan bilet yang dituang dari mesin tuangan berterusan. Jurutera telah memutuskan untuk menggunakan ujian penusukan cecair, tetapi bimbang dengan pembersihan terlebih daripada cecair penusuk. Bezakan empat kaedah pembersihan cecair penusuk yang boleh digunakan. Kedua, tentukan kaedah mana yang memberi sensitiviti yang tinggi untuk kecacatan yang wujud pada bilet tersebut, dan berikan sebabnya?

(40 marks/markah)

- [b] Capillary action is important for liquid penetrant testing. Figure 2 shows the relationship between surface tension and surface wetting angle. Using two different penetrant in Table 1, calculate the height of the penetrant above the surface crack at 20°C with respect to crack length for both. From the calculations, which penetrant gives the smallest capillary height at this temperature for a constant crack size? It is given the contact angle is very small and $g = 9.8 \text{ m.s}^{-2}$. Other data is given in Table 1.

Tindakan kapilari adalah penting untuk ujian penusukan cecair. Rajah 2 menunjukkan hubungan di antara tegangan permukaan dan sudut pembasahan. Dengan menggunakan perbezaan dua cecair penusuk di dalam Jadual 1, kirakan ketinggian cecair penusuk ke dalam retakan permukaan pada suhu 20°C. Dari kiraan ini, cecair penusuk yang mana memberi tindakan kapilari yang paling tinggi pada suhu dan saiz retakan yang sama? Diberikan sudut pembasahan adalah kecil dan $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$. Data yang lain diberikan dalam Jadual 1.

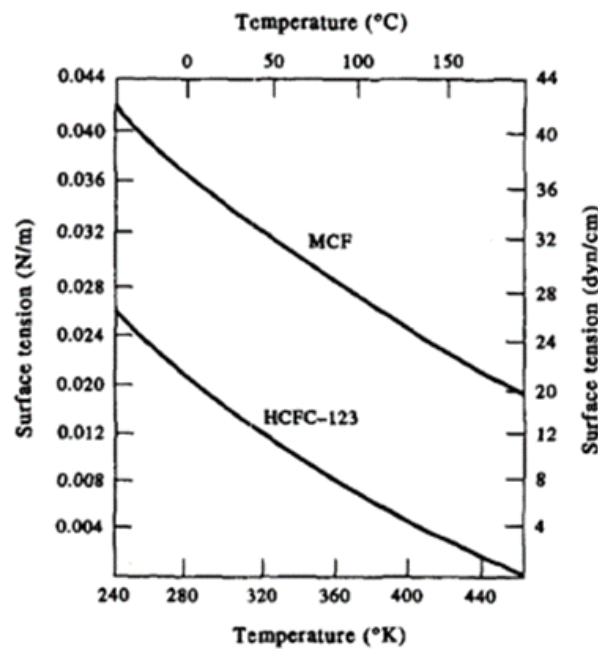


Figure 2: Surface tension as a function of temperature for HCFC-123 and MCF

Rajah 2: Ketegangan permukaan HCFC-123 dan MCF pada suhu berlainan

Table 1: Comparison of characteristics of HCFC-123 and methyl chloroform (Ibid).

Jadual 1: Perbandingan ciri-ciri HCFC-123 dan Metil Klorofom

Characteristics	HCFC-123	Methyl chloroform
Chemical name	1,1-dichloro-2,2,2-trifluoroethane	1,1,1-trichloroethane
Chemical formula	CCl_2HCF_3	CH_3CCl_2
Molecular weight	152.90	133.41
Boiling point ($^{\circ}\text{C}$)	27.90	75.00
Density (g/cm^3)	1.47	1.32
Surface tension (N/m) (at zero point)	0.0608	0.0785
Critical temp. ($^{\circ}\text{C}$)	183.94	333.00
Flammable limits in air	Non-flammable	6.1–16.7
Flash point	None	None
Ozone-depletion potential	0.02	0.12
Worker exposure limit (ppm)	10.00	350.00

(60 marks/markah)

3. [a] Eddy Current testing is a NDT testing to evaluate surface and subsurface defects. Demonstrate how eddy current testing can evaluate defects based on detected signal.

Ujian Arus Pusing adalah Ujian Tak Musnah untuk menilai kecacatan pada permukaan dan sub permukaan. Demonstrasikan bagaimana ujian arus pusing dapat menilai kecacatan berdasarkan isyarat yang dikesan.

(40 marks/markah)

- [b] Explain the following:
- Effect of test frequency to test coil impedance.
 - Effect of Signal-to-Noise Ratio in Eddy Current Testing.

Terangkan berkenaan berikut:

- Kesan frekuensi ujian ke atas impedan gegelung ujian.*
- Kesan Nisbah Isyarat-kepada-hingar dalam Pengujian Arus Pusing.*

(60 marks/markah)

PART B**BAHAGIAN B**

4. Figure 3 shows sound beam used for ultrasonic testing. The lobes cover three dark defect points (A, B and C).

*Rajah 3 menunjukkan penggunaan sinaran/pancaran yang kukuh untuk ujian ultrasonik .
Cuping meliputi tiga titik kecacatan gelap (A, B dan C).*

- [a] Redraw Figure 3 and label the zones.

Lukis semula Rajah 3 dan labelkan zon-zon yang berkaitan.

(10 marks/markah)

- [b] Sketch (intensity vs. distance) and explain the possible characteristics for peak A, B and C.

Lakarkan (keamatan lawan jarak) dan menjelaskan ciri-ciri yang mungkin untuk puncak-puncak A, B dan C.

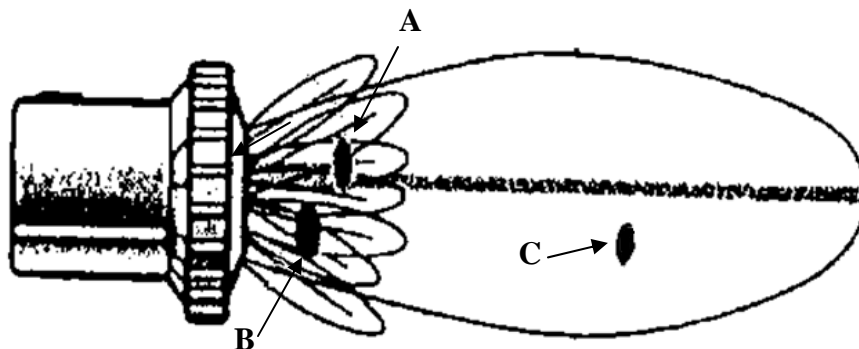


Figure 3: Ultrasonic beam

Rajah 3: Pancaran ultrasonik

(30 marks/markah)

[c] What is K factor for beam divergence?

Apakah faktor K untuk kecapahan pancaran?

(10 marks/markah)

[d] What happen to signal (intensity vs. distance) when we use larger reflector (larger than the width of the beam)?

Apa yang berlaku kepada isyarat (keamatan lawan jarak) apabila kita menggunakan reflektor yang lebih besar (lebih besar daripada lebar pancaran)?

(20 marks/markah)

[e] Calculate percentage of the reflected sound energy back to the probe at the water to steel interface. [Acoustic impedance of water = 1.48 and steel = 46).

Hitungkan peratusan tenaga bunyi yang dipantul semula kepada alat pengukur pada air ke antara muka keluli. [Akustik impedan air = 1.48 dan keluli = 46).

(30 marks/markah)

5. [a] Differentiate 3 properties which are unique for X-rays and Gamma rays.

Bezakan 3 ciri-ciri unik bagi sinar- X dan Gamma.

(20 marks/markah)

- [b] An X-ray operator is running an XRD machine at a power of 20 W and voltage of 240 volts. The exposure time for the X-ray is set at 25 sec and distance from X-ray source and sample is 25 cm.

Seorang juruteknik sinar -X sedang bekerja dengan mesin XRD dengan kuasa 20 W dan voltan 240 volts. Pendedahan kepada sinar-X adalah selama 25 saat dengan jarak dari sumber sinar-X dan sampel ialah 25 cm.

- (i) What is exposure factor (EF)? Give 3 ways the EF can be kept constant for each repeated scan with the same settings?

Apakah dia faktor pendedahan? Berikan 3 cara untuk mengekalkan faktor pendedahan untuk setiap ulangan imbasan dengan tetapan yang sama.

(20 marks/markah)

- (ii) Estimate the accumulated dose of radiation (Rem) in the operator body in 3 months if the following working procedures are taken. The operator works for 1 month at working distance (R) of 10 meter and another 2 months at R= 20 meter. It is given the dose rate near the machine, $D_o = 0.25$ milli-Sievert and working distance is $R_o = 10$ centimeter from the X-ray source.

Anggarkan dos radiasi yang terkumpul (Rem) dalam badan juruteknik dalam jangkamasa 3 bulan sekiranya prosedur kerja berikut diambil. Juruteknik bekerja selama 1 bulan dengan jarak bekerja (R) adalah 10 meter dan 2 bulan berikutnya adalah sejauh 20 meter. Diberikan kadar dos berhampiran mesin, $D_o = 0.25$ milli-Sievert dan jarak $R_o = 10$ sentimeter dari sumber sinar-X.

(40 marks/markah)

- [c] Explain and discuss the role of radiation beam filters in X-ray radiography.

Kupas dan bincangkan peranan alat tapisan radiasi dalam radiografi sinar-X.

(20 marks/markah)

6. [a] Explain a general flowchart in order to evaluate or investigate product failure.

Terangkan satu cartalir am dalam penilaian ataupun pemeriksaan kegagalan produk.

(25 marks/markah)

- [b] Construct a complete failure analysis on the following statement:

Premature failure of integral pinion shaft was reported at a cement mill. The shaft failed after service life of approximately 15,000 hours (625 days) against intended design life of 30 years. The shaft is made from EN 10083-1 (1991) 30CrNiMo8 with machining, through hardened and tempered to achieve 310-335 BHN. The shaft rotates at 133 to 134 RPM. The failure of the shaft noticed in form of cracks. Cracks were observed at 45° to the longitudinal axis of shaft.

Based on the information above and other investigation information such as material chemical composition and others, if necessary, investigate the failure mode and suggest proper remedial actions.

Your report must be written in proper format.

Binakan satu analisis kegagalan yang lengkap bagi kenyataan berikut:

Kegagalan pra-matang aci pinan telah dilaporkan di kilang simen. Aci tersebut gagal selepas hayat perkhidmatan kira-kira 15,000 jam (625 hari) berbanding dengan rekabentuk hayat yang dijangkakan 30 tahun. Aci diperbuat daripada EN 10083-1(1991) 30CrNiMo8 melalui pemesinan, pengerasan dan terbaja untuk mencapai kekerasan 310-335 BHN. Aci berputar pada putaran 133 – 134 putaran per minut. Kegagalan aci diperhatikan dalam bentuk retakan. Retak yang diperhatikan adalah pada 45° pada paksi longitudinal aci.

Berdasarkan maklumat-maklumat penyiasatan di atas dan hasil pemeriksaan lain seperti komposisi kimia bahan dan lain-lain yang dirasakan perlu, periksa mod kegagalan dan cadangkan langkah-langkah pemulihan yang betul.

Laporan anda hendaklah ditulis dalam format yang betul.

(75 marks/markah)

7. [a] Compare the three types of penetrant commonly used and discuss the advantages and disadvantages of each type.

Bandingkan 3 jenis cecair penusuk yang biasanya digunakan dan bincangkan kelebihan dan kekurangan setiap jenis tersebut.

(40 marks/markah)

- [b] Relate minimum dwell time during liquid penetrant testing with part geometry, stress corrosion and temperature.

Kaitkan masa enapan minimum semasa ujian penusukan cecair dengan geometri, tekanan pengakisan dan suhu.

(30 marks/markah)

- [c] Categorize the 6 developer forms and discuss the criteria for choosing the proper developer.

Kategorikan 6 jenis pemaju dan bincangkan ciri-ciri untuk memilih pemaju yang tepat.

(30 marks/markah)