
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2012/2013

January 2013

EBB 334/4 – Mechanical Metallurgy ***[Metalurgi Mekanikal]***

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

This paper consists of SEVEN questions. ONE question from PART A, THREE questions from PART B and THREE questions from PART C.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. SATU soalan dari BAHAGIAN A, TIGA soalan dari BAHAGIAN B dan TIGA soalan dari BAHAGIAN C.]

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

Arahan: Jawab LIMA soalan. Jawab **SEMUA** soalan dari BAHAGIAN A, **DUA** soalan dari BAHAGIAN B dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN C. 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.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Describe the usefulness of flow curve in plastic deformation of metal and its dependency on strain-rate and temperature.

Terangkan kegunaan lekuk aliran dalam ubahbentuk plastik logam dan kebergantungannya terhadap kadar terikan dan suhu.

(50 marks/markah)

- [b] A carbon steel hook for hoisting containers of ore in SRK Mining Ltd fracture while in operation. Examination of the failed link indicates considerable deformation and necking prior to failure. The fracture surface reveals a dimples pattern. Point out the possible cause for this fracture.

Penyangkuk diperbuat daripada keluli karbon digunakan untuk mengangkat bekas pengangkut bijih di Syarikat Perlombongan SRK Ltd telah patah ketika sedang beroperasi. Pemeriksaan pada bahagian yang patah menunjukkan berlakunya ubah bentuk dan peleheran. Permukaan patah tersebut menunjukkan corak berlompang. Bincangkan kemungkinan yang menyebabkan kegagalan ini berlaku.

(50 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

2. [a] A wide sheet (1 mm thick) of steel is bent elastically to a constant radius of curvature, $\rho = 50$ cm, measured from the axis of bending to the center of the sheet, as shown in Figure 1. Knowing that Young's Modulus, $E = 208$ GPa, and Poisson ratio $\nu = 0.29$ for steel, compute the stress in the surface. Assume that there is no net force in the plane of the sheet.

Satu kepingan lebar keluli (tebal 1 mm) dilentur secara elastik kepada satu jejari malar sebuah lengkungan, $\rho = 50$ cm, diukur dari paksi lenturan ke pusat kepingan, seperti dalam Rajah 1. Diketahui bahawa nilai keluli $E = 208$ GPa, dan nisbah Poisson $\nu = 0.29$, kirakan tegasan pada permukaan. Andaikan tiada daya bersih dalam satah keluli.

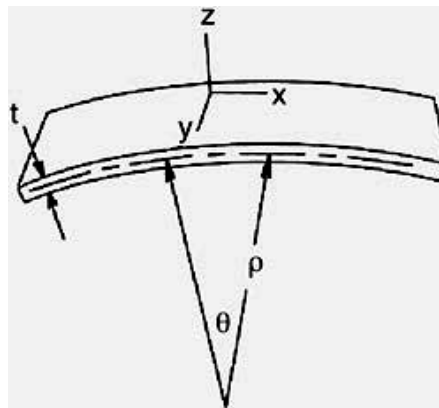


Figure 1: Schematic diagram of a bent sheet with thickness, t . The strain e_y and the stress σ_z are zero

Rajah 1: Skematik bagi kepingan logam yang dilentur dengan ketebalan, t . Terikan e_y dan Tegasan, σ_z adalah sifar

(50 marks/markah)

- [b] A spherical steel tank of an internal radius 900 mm and wall thickness 7 mm contains compressed air as shown in Figure 2. The steel has modulus elasticity E of 210 GPa and Poisson's ratio ν of 0.28. The steel tank is constructed of two hemispheres joined by a welded seam.
- (i) If the allowable tensile stress in the steel is 115 MPa, what is the maximum permissible air pressure in the tank?
 - (ii) If allowable shear stress in the steel is 40 MPa, what is the maximum permissible pressure in the tank?
 - (iii) If the normal strain at the outer surface of the tank is not to exceed 0.0003, what is the maximum permissible pressure?
 - (iv) Tests on the welded seam show that failure occurs when the tensile load on the welds exceeds 1.5 MN/m per cm of weld. If the required factor of safety against failure of the weld is 2.5, what is the maximum permissible pressure?
 - (v) Considering the above four preceding factors, what is the allowable pressure in the tank? Calculate its corresponding tensile stress in the shell.

Sebuah tangki sfera dengan jejari dalaman 900 mm dan tebal dinding 7 mm mengandungi udara termampat seperti dalam Rajah 2. Keluli tersebut mempunyai modulus elastik 210 GPa dan nisbah Poisson 0.28. Tangki keluli tersebut dibina daripada dua hemisfera yang disambungkan dengan kimpalan klim.

- (i) Jika tegasan tegangan keluli yang dibenarkan ialah 115 MPa, apakah tekanan udara maksimum yang diizinkan dalam tangki tersebut?
- (ii) Jika tegasan ricih dibenarkan untuk keluli tersebut ialah 40 MPa, apakah tekanan maksimum yang diizinkan?
- (iii) Jika terikan normal di sebelah permukaan luar tangki tidak melebihi 0.0003, berapakah tekanan maksimum yang dibenarkan dengan mengandaikan Hukum Hooke dipatuhi.
- (iv) Ujian ke atas kimpalan klim menunjukkan kegagalan berlaku apabila beban tegasan melebihi 1.5 MN/m per cm kimpalan. Jika faktor keselamatan terhadap kimpalan yang diperlukan ialah 2.5, berapakah tekanan maksimum dibenarkan?
- (iv) Dengan mempertimbangkan keempat-empat faktor penting di atas, apakah tekanan dibenarkan dalam tangki tersebut. Kirakan tegasan tegangan dalam kelompong.

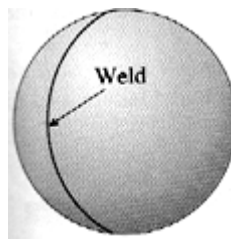


Figure 2: Spherical steel tank

Rajah 2: Tangki keluli berbentuk sfera

(50 marks/markah)

3. [a] Explain superplasticity behaviour of metal including its importance in metal working.

Terangkan kelakuan superplastik dalam logam termasuklah kepentingannya dalam industri pengerjaan logam.

(50 marks/markah)

- [b] A thin-wall tube with closed ends is subjected to a maximum internal pressure of 35 MPa in service. The mean radius of the tube is 30 cm.
- (i) If the tensile yield strength is 700 MPa, what is the minimum thickness must be specified to prevent yielding?
- (ii) If the material has a yield strength in shear of $k = 280$ MPa, what is the minimum thickness must be specified to prevent yielding?

Sebuah tiub berdinding nipis dengan hujung tertutup didedahkan kepada tekanan dalaman maksimum 35 MPa ketika digunakan. Jejari min tiub ialah 30 cm.

- (i) *Jika kekuatan alah tegangan ialah 700 MPa, apakah tebal minimum yang diperlukan untuk menghindari alah?*
- (ii) *Jika bahan tersebut mempunyai kekuatan alah dalam $k = 280$ MPa, apakah tebal minimum diperlukan untuk menghindari alah?*

(50 marks/markah)

4. [a] In metal forming process in order to deform a metal ingot without fracture, stress-strain analysis is required to determine the magnitude of stress applied. Based on metal ingot melting temperature and forming process working temperature, discuss the possible microstructure evolution mechanisms that would take place in the worked metal. Propose how these possible microstructure evolution mechanisms will govern properties of the final product.

Dalam proses pembentukan logam, untuk mengubah bentuk suatu jongkong logam tanpa pecah, analisis tegasan terikan adalah perlu untuk menentukan magnitud tegasan yang perlu. Berdasarkan suhu perleburan jongkong logam dan suhu kerja proses pembentukan, bincangkan mekanisma evolusi mikrostruktur yang mungkin berlaku dan logam kerjaan. Cadangkan bagaimana mekanisma evolusi mikrostruktur ini akan mempengaruhi sifat-sifat produk akhir.

(50 marks/markah)

- [b] The tensile stress in one region of an HSLA steel sheet (strain-rate sensitivity, $m = 0.005$) is 1 % greater than that in another region. What is the ratio of the strain-rates in the two regions? Neglect strain-hardening. What would be the ratio of the strain rates in the two regions for a titanium alloy ($m = 0.02$)?

Tegasan tegangan bagi satu zon dalam kepingan keluli HSLA (kepekaan kadar terikan, $m = 0.005$) adalah 1 % lebih tinggi berbanding zon lain. Tentukan nisbah kadar terikan bagi kedua-dua zon tersebut. Abaikan pengerasan terikan. Apakah nisbah kadar-kadar terikan untuk kedua-dua zon bagi aloi titanium ($m = 0.02$)?

(50 marks/markah)

PART C / BAHAGIAN C

5. [a] Describe briefly how the concept of fracture mechanic could be used as a part of the design of a metal component or product.

Perihalkan secara ringkas bagaimana konsep mekanik patah boleh digunakan sebagai sebahagian daripada proses rekabentuk komponen atau produk sesuatu bahan logam.

(30 marks/markah)

- [b] Calculate the fracture stress for a brittle material with the following properties. Give a comment.

$$E = 100 \text{ GPa}$$

$$\gamma_s = 1 \text{ Jm}^{-2}$$

$$a_0 = 0.25 \text{ nm}$$

Kirakan nilai tegasan patah untuk suatu bahan rapuh berdasarkan maklumat berikut. Berikan komen.

$$E = 100 \text{ GPa}$$

$$\gamma_s = 1 \text{ Jm}^{-2}$$

$$a_0 = 0.25 \text{ nm}$$

(30 marks/markah)

- [c] Explain how high temperature alloys could prevent fracture related with creep problem.

Terangkan bagaimana penggunaan aloi bersuhu tinggi mampu mencegah kegagalan yang berkait dengan masalah rayapan.

(40 marks/markah)

6. [a] Describe briefly what is fatigue test SN curve for metals.

Perihalkan secara ringkas apakah keluk SN ujian lesu bagi logam.

(10 marks/markah)

- [b] Explain how are the data for the SN curve obtained.

Terangkan bagaimana data bagi keluk SN diperolehi.

(40 marks/markah)

- [c] An alloy steel plate is subjected to constant amplitude uniaxial fatigues cyclic tensile and compressive stresses of magnitudes of 120 MPa and 30 MPa. Yield strength and fracture toughness of plate are 1400 MPa and $45\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ respectively. If the plate contains a uniform thickness edge crack of 1.00 mm, calculate how many fatigue cycles are estimated to cause fracture.

$$\text{Use } da/dN \text{ (m/cycle)} = 2.0 \times 10^{-12} \Delta K^3 \text{ (MPa}\sqrt{\text{m}})^3$$

Kepingan aloi keluli dikenakan magnitud kitaran tegasan tegangan dan mampatan ekapaksi ujian lesu 120 MPa dan 30 MPa. Kekuatan alah dan ketahanan patah kepingan aloi keluli ini ialah 1400 MPa dan $45\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ masing-masing. Jika kepingan aloi ini mengandungi retak penggir dengan ketebalan seragam sepanjang 1.00 mm, kirakan berapa kitaran lesu sebelum patah berlaku.

$$\text{Gunakan } da/dN \text{ (m/cycle)} = 2.0 \times 10^{-12} \Delta K^3 \text{ (MPa}\sqrt{\text{m}})^3$$

(50 marks/markah)

7. [a] Describe briefly two (2) measurement methods in metal wears study.

Perihalkan secara ringkas dua (2) kaedah pengukuran di dalam kajian haus untuk bahan logam.

(40 marks/markah)

- [b] Explain briefly with appropriate examples any two (2) primary types of wear.

Terangkan secara ringkas dengan contoh-contoh sesuai sebarang dua (2) jenis haus yang utama.

(40 marks/markah)

- [c] When a metal surface wears, explain how small chunks pull out and produce surface with an appearance like pits, even though corrosion process has not taken place.

Apabila permukaan suatu logam mengalami haus, terangkan mengapa terdapat suatu bahagian yang kecil terkeluar dan membentuk permukaan seperti lubang walaupun proses kakisan tidak berlaku.

(20 marks/markah)