
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2009/2010

November 2009

EBB 334/4 - Mechanical Metallurgy [Metalurgi Mekanikal]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

This paper contains SEVEN questions. ONE question in PART A, THREE questions in PART B and THREE questions in PART C.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. SATU soalan di BAHAGIAN A, TIGA soalan di BAHAGIAN B dan TIGA soalan di 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] How do you apply the principles of deformable-body mechanics to create mathematical equations? Describe the importance of each step.

Bagaimanakah anda mengaplikasikan prinsip-prinsip mekanik jasad berubahbentuk untuk menerbitkan persamaan-persamaan matematik? Perihalkan kepentingan setiap langkah.

(25 marks/markah)

- [b] The prismatic bar in Figure 1 is subjected to an axial compressive load $P = -70$ MPa. The cross-sectional area of the bar is 2 cm^2 . Determine the normal stress and shear stress on the n face and on the t face of an element oriented at angle $\theta = 50^\circ$. Use free-body diagrams and equilibrium equations to solve for the required stresses.

Bar prisma dalam Rajah 1 dikenakan beban mampatan paksi $P = -70$ MPa. Keratan rentas bar ialah 2 cm^2 . Tentukan tegasan normal dan tegasan ricih pada muka n dan t bagi satu elemen yang diorientasikan pada sudut $\theta = 50^\circ$. Gunakan gambarajah jasad bebas dan persamaan keseimbangan untuk menyelesaikan tegasan yang dikehendaki.

(25 marks/markah)

Figure 1**Rajah 1**

- [c] Explain the application of fracture mechanics to the design of a fracture-resistant structure and to predict the catastrophic failure. Provide examples for the explanation.

Bincangkan aplikasi mekanik patah untuk merekabentuk struktur rintangan patah dan untuk menjangka berlakunya kegagalan bencana. Berikan contoh.

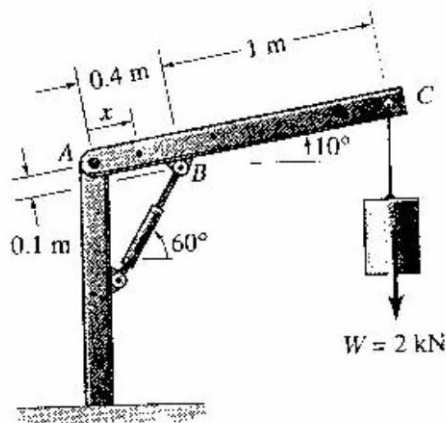
(50 marks/markah)

...3/-

PART B**BAHAGIAN B**

2. [a] A shop crane lifts a weight $W = 2 \text{ kN}$, with the crane in the configuration as shown in Figure 2. Determine the internal resultants of axial force $F(x)$, transverse shear force (V_x) and bending moment $M(x)$. $F(x)$, $V(x)$, and $M(x)$ on arbitrary cross section in the boom AC at distance x from end A.

Sebuah kren mengangkat satu pemberat $W = 2 \text{ kN}$, dengan konfigurasi kren seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Tentukan paduan daya paksi $F(x)$, daya ricihan melintang (V_x) dan momen lenturan $M(x)$. $F(x)$, $V(x)$, dan $M(x)$ pada keratan rentas arbitrari dalam joran AC yang berjarak x dari hujung A.

**Figure 2****Rajah 2**

(50 marks/markah)

- [b] Find the toughness (energy to cause fracture) for a metal that experiences both elastic and plastic deformation. Assume Equation $\sigma = E\varepsilon$ for elastic deformation, that the modulus of elasticity is 172 GPa, and that elastic deformation terminates at a strain of 0.01. For plastic deformation, assume that the relationship between stress and strain is described by Equation $\sigma_T = K\varepsilon_T^n$, in which the values for K and n are 6900 MPa and 0.30, respectively. Furthermore, plastic deformation occurs between strain values of 0.01 and 0.75, at which point fracture occurs.

Tentukan keliatan (atau tenaga yang menyebabkan pecah) bagi satu logam yang mengalami kedua-dua ubahbentuk elastik dan plastik. Andaikan Persamaan $\sigma = E\varepsilon$ bagi ubahbentuk elastik, dengan modulus elastik ialah 172 GPa dan ubahbentuk elastik berakhir pada terikan 0.01. Bagi ubahbentuk plastik, andaikan bahawa hubungan antara tegasan dan terikan diterangkan oleh Persamaan $\sigma_T = K\varepsilon_T^n$, dengan nilai K dan n masing-masing ialah 6900 MPa dan 0.30. Selain itu, ubahbentuk plastik berlaku antara nilai-nilai terikan 0.01 dan 0.75, di mana berlakunya pecah.

(50 marks/markah)

3. [a] Steady-state creep rate data are given in Table 1 for some alloy taken at 200°C. If it is known that the activation energy for creep is 140,000 J/mol, compute the steady state creep rate at a temperature of 250°C (523 K) and a stress level of 48 MPa.

Data kadar rayapan keadaan mantap diberikan dalam Jadual 1 bagi sesetengah aloi yang diambil pada 200°C (473 K). Jika diketahui tenaga pengaktifan bagi rayapan ialah 140,000 J/mol, kirakan kadar rayapan keadaan mantap pada suhu 250°C dan tahap tegasan 48 MPa.

Table 1

Jadual 1

$\dot{\varepsilon}_s^*$ (h^{-1})	σ (MPa)
2.5×10^{-3}	55
2.4×10^{-2}	69

(50 marks/markah)

- [b] A 500-kN-capacity hydraulic punch press is used to punch circular holes in a 10-mm-thick aluminium plate, as illustrated in Figure 3. If the average punching shear resistance of this plate is 250 MPa, what is the maximum diameter of hole that can be punched?

Satu penekan tebuk hidraulik berkeupayaan 500-kN digunakan untuk menebuk lubang bulat pada satu plat aluminium berketebalan 10-mm, seperti dilakarkan dalam Rajah 3. Jika rintangan ricihan penekanan plat ini ialah 250 MPa, apakah diameter maksima lubang yang boleh dihasilkan?

(50 marks/markah)

Figure 3

Rajah 3

4. [a] Shear stress τ produces a shear strain γ_{xy} (between lines in the x direction and lines in the y direction) of $\gamma_{xy} = 1200 \mu$ (i.e., $\gamma = 0.0012 \frac{m}{m}$).
- Determine the horizontal displacement δ_A of point A.
 - Determine the shear strain $\gamma_{x'y'}$ between the line in the x' direction and y' direction as shown on Figure 4.

Tegasan ricihan m menghasilkan satu terikan γ_{xy} (antara garisan dalam arah x dan garisan dalam arah y) dengan $\gamma_{xy} = 1200 \mu$ (iaitu $\gamma = 0.0012 \frac{m}{m}$).

- Tentukan anjakan mengufuk δ_A pada titik A.*
- Tentukan terikan ricih $\gamma_{x'y'}$ antara garuisan dalam arah x' dan arah y' seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4.*

(30 marks/markah)

Figure 4

Rajah 4

- [b] For the plane stress state at a point shown in Figure 5, do the following:
- (i) Draw Mohr's circle.
 - (ii) Determine the stresses on all faces of an element that is rotated 30° counterclockwise from the orientation of the stress element in Figure 5.
 - (iii) Determine the orientation of the principle planes; determine the principle stresses.
 - (iv) Determine the orientation of the planes of maximum shear stress; determine the value of the maximum shear stress.

Bagi keadaan tegasan satah pada satu titik yang ditunjukkan dalam Rajah 5, lakukan langkah berikut:

- (i) Lukiskan bulatan Mohr'.*
- (ii) Tentukan tegasan-tegasan pada semua muka bagi satu elemen yang diputar 30° mengikut arah jam dari orientasi elemen tegasan dalam Rajah 5.*
- (iii) Tentukan orientasi satah-satah utama; tentukan tegasan-tegasan utama.*
- (iv) Tentukan orientasi satah-satah tegasan ricih maksimum; tentukan nilai tegasan ricih maksimum.*

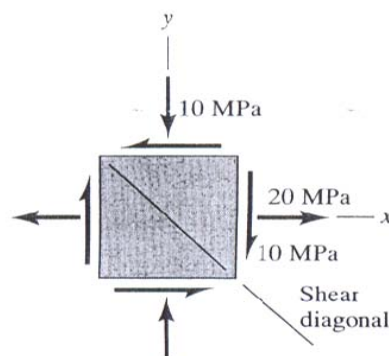


Figure 5

Rajah 5

(70 marks/markah)

PART C**BAHAGIAN C**

5. [a] A thin metal plate is subjected to a set of uniform stresses on its edges as shown in Figure 6, where γ is 0.5. The yield strength of this metal is 600 MPa. By using Tresca and Von Mises criterion find the maximum stress beyond which plastic deformation appears and its safety factor.

Suatu kepingan tipis logam dikenakan set tegasan seragam pada pinggirnya seperti ditunjukkan dalam Rajah 6 di mana nilai γ ialah 0.5. Kekuatan alah logam ini ialah 600 MPa. Dengan menggunakan kriteria Tresca dan Von Mises tentukan tegasan maksimum sebelum ubahbentuk plastik berlaku dan faktor keselamatan.

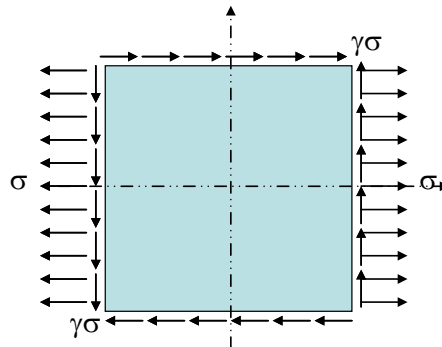


Figure 6
Rajah 6

(60 marks/markah)

- [b] A solid stainless steel shaft of circular cross section has a diameter of 15 mm and a length of 1 m. The shear modulus of elasticity (G) is 75 GPa. If the shaft is subjected to a torque of 50 N-m at its ends, compute:
- the maximum shear stress in the shaft
 - the angle of twist

Sebuah aci keluli tahan karat padu dengan keratan rentas berbentuk bulat mempunyai diameter 15 mm dan panjang 1 m. Modulus ricih keanjalan (G) ialah 75 GPa. Jika aci ini dikenakan kilasan sebanyak 50 N-m pada hujungnya, kirakan:

- nilai maksimum tegasan ricih pada aci
- sudut piuhan

(40 marks/markah)

6. [a] High-strength steel which has critical fracture toughness of $80 \text{ MPa}\sqrt{m}$ is subjected to alternating stress varying from -900 MPa (compression) to $+900 \text{ MPa}$ (tension). It is to survive for 10^5 cycles before failure occurs. Assume that $Y = 1$. Calculate:

- (i) The size of surface crack required for failure to occur.
- (ii) The largest initial surface crack size that will permit this to happen.

For this steel, $C = 1.62 \times 10^{-12}$ and $n = 3.2$

Suatu keluli berkekuatan tinggi mempunyai nilai keliatan patah kritikal sebanyak $80 \text{ MPa}\sqrt{m}$ dikenakan tegasan ulang-alik daripada -900 MPa (mampatan) sehingga $+900 \text{ MPa}$ (tegan). Keluli ini mampu bertahan sehingga 10^5 kitaran sebelum gagal. Anggapkan $Y = 1$. Kirakan:

- (i) *Saiz retak permukaan bagi kegagalan berlaku.*
- (ii) *Saiz mula retak permukaan terbesar yang membenarkan kegagalan ini berlaku.*

Bagi keluli ini, $C = 1.62 \times 10^{-12}$ dan $n = 3.2$

(40 marks/markah)

- [b] Explain how fatigue failure occurs even if the material does not see an overall stress level higher than the yield strength.

Jelaskan bagaimana kegagalan lesu boleh berlaku walaupun sesuatu bahan itu tidak dikenakan tegasan purata yang lebih tinggi daripada nilai kekuatan alahnya.

(30 marks/markah)

- [c] Describe THREE major factors that affect the fatigue strength of a metal.

Jelaskan TIGA faktor utama yang memberi kesan terhadap kekuatan lesu sesuatu logam.

(30 marks/markah)

7. [a] If the unit strains are $\epsilon_x = -0.00012$, $\epsilon_y = + 0.00112$ and $\gamma = - 0.00020$, by using Mohr's circle, determine the principal strains and in which directions do they occur.

Jika unit terikan adalah $\epsilon_x = -0.00012$, $\epsilon_y = + 0.00112$ dan $\gamma = -0.00020$, dengan menggunakan bulatan Mohr tentukan terikan prinsipal dan arah kewujudannya.

(40 marks/markah)

- [b] Some aircraft component has yield strength of 517 MPa and a plane strain fracture toughness of $5.5 \text{ MPa}\sqrt{m}$. To be sure that the part does not fail, the manufacturer plans to assure that the maximum applied stress is only one third the yield strength. A nondestructive test will detect any internal flaws greater than 0.125 cm long. Assuming that Y is 1.4, does the nondestructive test has the required sensitivity to detect any internal flaws? Explain.

Sebahagian komponen kapal terbang mempunyai kekuatan alah sebanyak 517 MPa dan keliatan patah terikan planar $5.5 \text{ MPa}\sqrt{m}$. Bagi memastikan bahagian itu tidak gagal, pihak pengeluar merancang untuk memastikan tegasan kenaan maksimum adalah sepertiga daripada nilai kekuatan alah. Ujian tanpa musnah akan mengesan sebarang kecacatan dalaman lebih daripada 0.125 cm panjang. Anggapkan nilai $Y = 1.4$, adakah ujian tanpa musnah yang ingin dilakukan mempunyai kepekaan yang diperlukan untuk mengesan sebarang kecacatan dalaman yang berlaku? Terangkan.

(40 marks/markah)

- [c] Describe two types of failure for torsion.

Jelaskan dua bentuk kegagalan bagi kilasan.

(20 marks/markah)