

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2011/2012

January 2012

## **EBB 334/3 – Mechanical Metallurgy** **[Metalurgi Mekanikal]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

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

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

This paper consists of SEVEN questions. ONE question in PART A, TWO questions in PART B, TWO questions in PART C and TWO questions in PART D.

*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. SATU soalan di BAHAGIAN A, DUA soalan di BAHAGIAN B, DUA soalan di BAHAGIAN C dan DUA soalan di BAHAGIAN D.]*

**Instruction:** Answer **FIVE** questions. Answer **ALL** questions from PART A, **ONE** question from PART B, PART C, PART D and **ONE** question from any sections. If a 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, **SATU** soalan dari BAHAGIAN B, BAHAGIAN C, BAHAGIAN D dan **SATU** soalan dari mana-mana bahagian. 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.]*

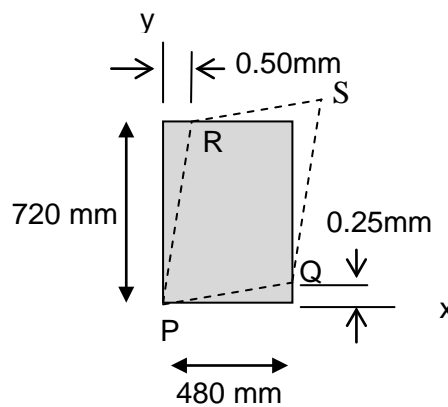
In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

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

**PART A / BAHAGIAN A**

1. [a] A thin rectangular plate is uniformly deformed as shown in Figure 1. Determine the shear strain  $\gamma_{xy}$  at P.

*Satu plat nipis segiempat bujur berubahbentuk secara seragam seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Tentukan terikan rich  $\gamma_{xy}$  pada P.*



**Figure 1 / Rajah 1**

(30 marks/markah)

- [b] Explain the following:
- (i) State of plane stress and state of plane strain
  - (ii) Strain rate sensitivity in metal deformation process

*Terangkan keadaan-keadaan yang berikut:*

- (i) *Keadaan tegasan satah dan keadaan terikan satah*
- (ii) *Sensitiviti kepada kadar terikan dalam proses pembentukan logam*

(30 marks/markah)

- [c] A metal structure contains internal flaws as large as 0.001 cm in length. The plain strain fracture toughness of the structure is 45 MPa $\sqrt{m}$  and the tensile strength is 550 MPa. Evaluate whether the flaw will cause the structure to fail before the tensile strength is reached. Assume  $Y = 1$ .

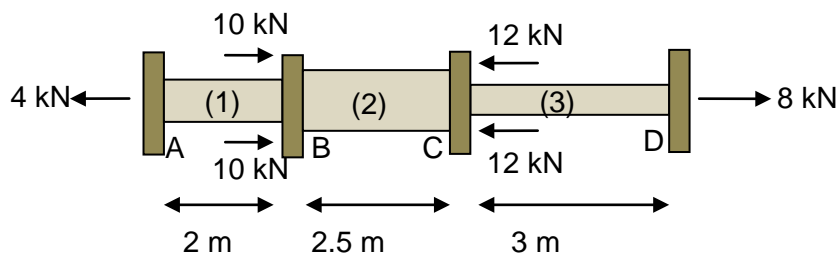
*Satu struktur logam mempunyai kecacatan dalaman sehingga 0.001 cm panjang. Terikan keliatan patah biasa bagi struktur ini adalah 45 MPa $\sqrt{m}$  dan kekuatan tegangan pula adalah 550 MPa. Tentukan samada cacat yang wujud ini boleh menyebabkan struktur akan gagal sebelum mencapai nilai kekuatan tegangan. Anggapkan  $Y = 1$ .*

(40 marks/markah)

**PART B / BAHAGIAN B**

2. [a] The structure axial member shown in Figure 2 consists of a 20 mm-diameter solid aluminum [ $E = 70 \text{ GPa}$ ] segment (1), a 24 mm-diameter solid aluminum segment (2) and a 16 mm-diameter solid steel [ $E = 200 \text{ GPa}$ ] segment (3). Calculate strain in each of the three respective segments.

*Anggota struktur berpaksi dalam Rajah 2 terdiri daripada aluminum padu dengan diameter 20 mm [ $E = 70 \text{ GPa}$ ] keratan (1), keratan aluminum padu dengan diameter 24 mm (2) dan keratan keluli padu dengan diameter 16 mm [ $E = 200 \text{ GPa}$ ] (3). Kirakan terikan dalam setiap keratan tersebut.*

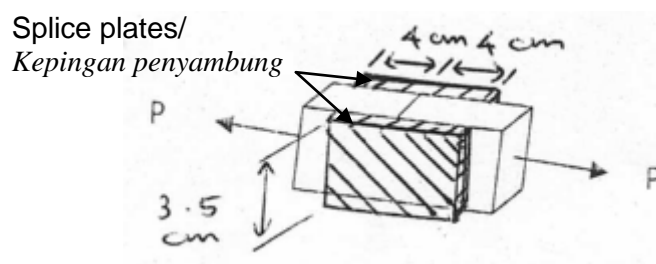


**Figure 2 / Rajah 2**

(50 marks/markah)

- [b] A contractor used glue to attach two  $3.5 \times 8 \times 0.5 \text{ cm}$  steel splice plates shown in Figure 3 to the two  $2 \times 4 \text{ cm}$  boards, solve the value of the average direct shear stress in the glue joints for a tensile load of 500 kN.

*Seorang kontraktor menggunakan gam untuk melekatkan dua kepingan penyambung plat keluli  $3.5 \times 8 \times 0.5 \text{ cm}$  seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3, dua papan  $2 \times 4 \text{ cm}$ . Kirakan nilai purata tegasan ricih langsung dalam sambungan gam untuk beban tegangan 500 kN.*



**Figure 3 / Rajah 3**

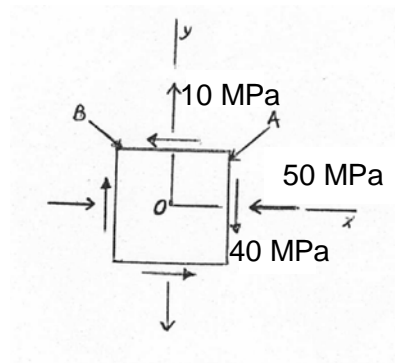
(50 marks/markah)

...5/-

3. [a] At a point on the surface of a generator shaft, the stresses are  $\sigma_x = -50$  MPa,  $\sigma_y = 10$  MPa and  $\tau_{xy} = -40$  MPa as shown in Figure 4. Using Mohr's circle analyze the following:
- Stresses acting on an element inclined at an angle  $\theta = 45^\circ$ ,
  - The principal stresses
  - The maximum shear stresses and
  - Sketch a properly oriented element

*Pada satu titik pada permukaan sebuah batang janakuasa, tegasan-tegasan  $\sigma_x = -50$  MPa,  $\sigma_y = 10$  MPa and  $\tau_{xy} = -40$  MPa bertindak seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4. Dengan menggunakan bulatan Mohr, tentukan yang berikut:*

- Tegasan-tegasan bertindak terhadap satu unsur dengan sudut  $\theta = 45^\circ$ ,*
- Tegasan utama dan*
- Tegasan ricih maksimum dan*
- Lakarkan unsur terorientasi yang sesuai*



**Figure 4 / Rajah 4**

(100 marks/markah)

**PART C / BAHAGIAN C**

4. [a] A cylindrical pressure vessel 2.50 m in diameter is fabricated by shaping two 10 mm thick steel plates and butt-welding the plates along helical arcs, as shown in Figure 5. The maximum internal pressure in the pressure vessel is 1200 kPa. For this pressure vessel, calculate the following:
- The axial stress and the hoop stress
  - The absolute maximum shear stress

*Sebuah kebuk tekanan silinder berdiameter 2.50 m diperbuat dengan membentuk dua plat keluli 10 mm tebal dan mengimpal hujung kedua-dua plat di sepanjang lengkung helikal, seperti ditunjukkan dalam Rajah 5. Tekanan dalaman maksimum di dalam kebuk tekanan ialah 1200 kPa. Untuk kebuk tekanan ini, kirakan yang berikut:*

- Tegasan paksi dan tegasan membulat*
- Tegasan ricih maksimum*

(40 marks/markah)

**Figure 5 / Rajah 5**

- [b] Discuss the following topics. Please provide sketch (whenever necessary) to illustrate your point.

*Bincangkan topik-topik yang berikut. Sila berikan lakaran (di mana memerlukan) untuk menggambarkan penjelasan anda.*

- Strain hardening phenomenon and its effects on microstructure and mechanical properties of metal.

*Fenomena pengerasan terikan dan kesannya kepada mikrostruktur dan sifat-sifat mekanikal logam.*

(25 marks/markah)

...7/-

- (ii) Explain the stages in creep failure and suggest at least one method to improve creep resistance of a material.

*Terangkan tahap-tahap kegagalan rayapan dan cadangkan sekurang-kurangnya satu kaedah untuk meningkatkan ketahanan rayapan sesuatu bahan.*

(25 marks/markah)

- [c] Elastic and plastic behavior each play a role in metal deformation processes. Explain how they influence the process and which is more important.

*Kelakuan elastik dan plastik setiap satunya memainkan peranan di dalam proses-proses ubah bentuk logam. Terangkan bagaimana mereka mempengaruhi proses tersebut dan yang mana satukah yang lebih penting.*

(10 marks/markah)

5. [a] During stress testing of a new design for a titanium alloy helicopter transmission case, the following strains were measured on the outer surface of the transmission case by use of a 45° rectangular rosette :  $\epsilon_a = -270 \mu$ ,  $\epsilon_b = 371 \mu$ , and  $\epsilon_c = 670 \mu$ .

*Sewaktu ujian tegasan satu rekabentuk baru untuk aloi titanium kotak transmisi helikopter, terikan-terikan berikut telah diukur pada permukaan luaran kotak transmisi tersebut menggunakan satu roset segiempat 45° :  $\epsilon_a = -270 \mu$ ,  $\epsilon_b = 371 \mu$ , dan  $\epsilon_c = 670 \mu$ .*

**Figure 6 - Rosette Configuration**

**Rajah 6 - Konfigurasi roset**

- (i) Determine the strain components  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$  and  $\gamma_{xy}$ .

*Tentukan komponen-komponen terikan  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$  and  $\gamma_{xy}$ .*

(20 marks/markah)

- (ii) Sketch a Mohr's circle for this strain state, and determine the principal strains and the maximum shear strain at the rosette's location.

*Lakarkan bulatan Mohr untuk keadaan terikan ini, dan tentukan terikan-terikan utama dan terikan ricih maksimum pada lokasi roset.*

(20 marks/markah)

- (iii) Letting  $E = 100$  GPa and  $\nu = 0.33$ , determine the principal stresses and the maximum in-plane (i.e the plane of the gage) shear stress. Sketch a stress element oriented in the principal directions.

*Dengan menggunakan  $E = 100$  GPa dan  $\nu = 0.33$ , tentukan tegasan-tegasan utama dan tegasan ricih dalam-satah maksimum (iaitu satah pengukur). Lakarkan elemen tegasan diorientasi dalam arah-arrah utama.*

(20 marks/markah)



- [b] A cylindrical billet that is 100 mm long and 40 mm in diameter is reduced by indirect (backward) extrusion to a 15 mm diameter. Die angle =  $90^\circ$ . If Johnson equation has  $a = 0.8$  and  $b = 1.5$ , and the flow curve for the work metal has  $K = 750$  MPa and  $n = 0.15$ , determine;
- (i) Extrusion ratio
  - (ii) True strain (homogeneous deformation)
  - (iii) Extrusion strain
  - (iv) Ram pressure
  - (v) Ram force

*Satu bilet silinder dengan panjang 100 mm dan diameter 40 mm dikurangkan dengan penyempritan berbalik (tidak langsung) kepada diameter 15 mm. Sudut dai adalah  $90^\circ$ . Sekiranya persamaan Johnson mempunyai  $a = 0.8$  dan  $b = 1.5$ , dan lekuk aliran untuk bahan kerja mempunyai  $K = 750$  MPa dan  $n = 0.15$ , tentukan;*

- (i) Nisbah penyempritan*
- (ii) Terikan sebenar (ubah bentuk seragam)*
- (iii) Terikan penyempritan*
- (iv) Tekanan ram*
- (v) Daya ram*

(40 marks/markah)

**PART D / BAHAGIAN D**

6. [a] Explain briefly with a diagram Griffith theory of brittle fracture.

*Terangkan secara ringkas menggunakan rajah teori patah rapuh Griffith.*

(50 marks/markah)

- [b] Aluminium has a surface energy of  $4.32 \text{ J/m}^2$  and an elastic modulus of 70000 MPa. A large plate of this material is to withstand a nominal stress of 50 MPa. Evaluate the largest flaw size that can be tolerate without fracture occurring.

*Silika lakur mempunyai tenaga permukaan  $4.32 \text{ J/m}^2$  dan modulus kenyal 70000 MPa. Satu kepingan besar bahan ini perlu menampung tegasan nominal sebanyak 50 MPa. Nilaiakan saiz cacat terbesar yang boleh wujud tanpa menyebabkan patah berlaku.*

(50 marks/markah)

7. [a] Describe briefly with an appropriate example function of lubricant in metal working.

*Perihalkan secara ringkas menggunakan contoh sesuai peranan pelincir di dalam kerja logam.*

(40 marks/markah)

- [b] From engineering point of view, explain steps that can be taken to eliminate hydrogen embrittlement for metal structure.

*Daripada sudut pandang kejuruteraan, terangkan langkah-langkah yang boleh diambil untuk mencegah kerapuhan hidrogen bagi struktur logam.*

(40 marks/markah)

- [c] The weight of pendulum of an impact tester is 20 kg, and the length of the pendulum arm is 800 mm. If the arm is horizontal before striking the specimen, calculate the potential energy of the tester and the striking velocity?

*Berat suatu pendulum penguji hentaman adalah 20 kg dan panjang lengan pendulum adalah 800 mm. Jika lengan pendulum berada di dalam kedudukan mendatar sebelum menghentam spesimen, kirakan tenaga keupayaan penguji dan halaju hentaman.*

(20 marks/markah)