



Second Semester Examination
Academic Session 2017/2018

May/June 2018

EME 452 – Tribology
[Tribologi]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this paper contains **SIX [6]** printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **ENAM [6]** mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **ALL FOUR [4]** questions.
*[**ARAHAN** : Jawab **SEMUA EMPAT [4]** soalan.]*

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.]

1. [a] The Reynold's equation is used primarily to determine the lubrication parameters of the flow between two surfaces such as the journal bearing. Using a control volume approach and assuming a flow in the journal bearing is limited to the circumferential direction (1-D flow) and no flow in the axial direction, derive the Reynold's equation.

Persamaan Reynold digunakan terutamanya untuk menentukan parameter-parameter pelincir bagi aliran di antara dua permukaan seperti gelas jurnal. Dengan menggunakan pendekatan isipadu kawalan dan andaikan aliran di dalam gelas jurnal dihadkan kepada arah lingkaran (aliran 1-D) dan tiada aliran arah paksi, terbitkan persamaan Reynold yang berkaitan.

(80 marks/markah)

- [b] Discuss the significance of the Reynold's equation and the important parameters in the lubrication analysis of a journal bearing in a stable position and also the procedure that can be used to calculate the values of the parameters.

Bincangkan kepentingan persamaan Reynold dan parameter-parameter penting di dalam analisis pelinciran bagi sebuah gelas jurnal pada kedudukan yang stabil dan juga langkah-langkah untuk mengira nilai parameter-parameter tersebut.

(20 marks/markah)

2. A cylindrical roller bearing with 10 rollers with the roller diameter of 5 mm and length of 5 mm and raceway diameter of 30 mm is used to support a load of 1000 N and running at a rotating speed of 1800 rpm. The lubricating oil viscosity is 0.01 Pa.s at atmospheric pressure and viscosity-pressure coefficient is $\alpha = 2.2 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{N}$. Assuming a fully flooded condition and using the Pan and Hamrock equation (1989) determine the following:

Galas dengan penggolek silinder mempunyai 10 penggolek berdiameter 5 mm dan panjang 5 mm dan bergerak di dalam alur laluan yang mempunyai diameter 30 mm. Galas ini digunakan untuk menyokong beban 1000 N dan berputar pada kelajuan 1800 putaran seminit. Minyak pelincir yang digunakan mempunyai kelikatan 0.01 Pa.s pada tekanan atmosfera dan pekali kelikatan-tekanan $\alpha = 2.2 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{N}$. Andaikan keadaan pelinciran banjir sepenuhnya dan menggunakan persamaan Pan dan Hamrock (1989) tentukan yang berikut:

- (i) The minimum film thickness based on the elastohydrodynamic lubrication.

ketebalan filem minimum berdasarkan pelinciran elasto hidrodinamik.

(70 marks/markah)

- (ii) What is the implication of the minimum film thickness obtained from (i) to the roughness of the surfaces and what would be a sensible lambda ratio (i.e. ratio of h_{min}/R_a) and briefly explain why?

Apakah kaitan nilai ketebalan filem minimum yang diperolehi dari (i) dengan kekasaran permukaan dan apakah nilai nisbah lambda yang sesuai (i.e. nisbah h_{min}/R_a) dan jelaskan kenapa?

(20 marks/markah)

- (iii) Propose a suitable machining process to achieve the value of roughness that you explained in (ii) above.

Cadangkan satu proses pemesinan yang sesuai untuk memperolehi nilai kekasaran yang anda jelaskan di dalam (ii) di atas.

(10 marks/markah)

3. [a] Carbonitriding, chemical vapour deposition, laser surface cladding and electroplating are some of the methods to produce wear resistance coatings for sustainable tools. Define each terminology used. Indicate ONE (1) major application with ONE (1) advantage and disadvantage of each these methods.

Karbonitrida, pemendapan wap kimia, permukaan laser pelapisan dan penyaduran elektrik telah menjadi sebahagian daripada banyak kaedah yang boleh digunakan untuk menghasilkan lapisan rintangan haus untuk kelestarian alat. Berikan definisikan setiap kaedah yang di atas. Nyatakan SATU (1) penggunaan utama dengan SATU (1) kelebihan dan kelemahan setiap kaedah-kaedah yang tersebut.

(40 marks/markah)

- [b] In order to prolong the life of a mechanical device exposed to grits impinging at 90° impingement angles, list THREE (3) parameters affecting the wear?

Untuk memanjangkan hayat alat mekanikal yang terdedah kepada bijian kecil yang berlanggaran pada sudut pelampiasan 90° , senaraikan TIGA (3) parameter yang mempengaruhi kehausan.

(30 marks/markah)

- [c] Using Archard's wear coefficient formula, $V = KI A_r = KI \frac{W}{H}$ where V is the wear volume at $0.786 \text{ mm}^3/\text{s}$, K is the proportional constant, A_r is the real contact area, W is the load, H is the Vickers hardness of the softer surface and l is the sliding distance. Calculate the K value for 1.5 cm and 5.0 cm diameters of copper ball bearing sliding at 100 rpm in duration of 45 minutes, at 50 N and Vickers hardness 70. Comment on the results.

Dengan menggunakan pekali formula haus Archard, $V = KI A_r = KI \frac{W}{H}$ di mana V adalah isipadu haus adalah $0.786 \text{ mm}^3/\text{s}$, K adalah pemalar berkadar, A_r adalah kawasan sentuhan sebenar, W adalah beban, H adalah kekerasan Vickers permukaan lembut dan l adalah jarak gelongsor. Hitungkan nilai K untuk 1.5 cm dan 5.0 cm diameter bebola bering tembaga menggelongsor pada 100 rpm dalam tempoh 45 minit, pada 50 N dan kekerasan Vickers 70. Ulas keputusan yang didapati.

(30 marks/markah)

4. [a] Identify THREE (3) main factors to determine a vehicle's braking performance.

Kenalpasti TIGA (3) faktor-faktor utama untuk menentukan prestasi brek kenderaan.

(20 marks/markah)

- [b] A race car is driven at the speed of 180 km/h. Assumed that the temperature of the rubber is 125°C , the ambient temperature is 25°C , and at the threshold velocity $\mu_{th} = 1$ is 5 m/s. Calculate the constant C and the skidding distance for this vehicle when speed decreased to 72 km/h with wheels locked. Comment on the difference between braking distance on Earth and on Mars.

Given that the control equations for limiting friction temperatures are as follows:

$$T_{limiting} = T_{ambient} + \Delta T_{frictional}$$

$$\text{where } \Delta T_{frictional} = C\mu U^{0.5}$$

where units for: $T_{limiting}$ is the temperature inside the road-tyre contact ($^\circ\text{C}$), C is the constant ($K * s^{0.5} * m^{-0.5}$), μ is the coefficient of friction (unitless) and U is the skidding speed (m/s).

$$\text{Stopping distance, } d = \frac{v^2}{2\mu g}$$

(v : velocity, μ cof between tyre and surface and g : gravitational force)

Mars surface has ice surface hence $\mu = 0.15$ and $g = 3.711 \text{ m/s}^2$.

Kereta lumba dipandu dengan kelajuan 180 km/j. Anggapkan bahawa suhu getah adalah 125°C , suhu atmosfera adalah 25°C , dan pada kelajuan ambang $\mu_{th} = 1$ adalah 5 m/s. Kirakan jarak tersasar bagi kenderaan ini apabila kelajuan menurun kepada 72 km/j dengan roda berkunci. Komen mengenai perbezaan di antara jarak berhenti di bumi dan di Marikh.

Diberikan persamaan kawalan bagi menghadkan suhu geseran adalah seperti berikut:

$$T_{limiting} = T_{ambient} + \Delta T_{frictional}$$

di mana $\Delta T_{frictional} = C\mu U^{0.5}$

*di mana unit untuk: $T_{limiting}$ suhu sentuhan dalam di antara jalan raya-tayar ($^\circ\text{C}$), C adalah pemalar ($\text{K} * \text{s}^{0.5} * \text{m}^{-0.5}$), μ adalah pekali geseran (tanpa unit) dan U kelajuan tersasar (m/s).*

$$\text{Jarak berhenti, } d = \frac{v^2}{2\mu g}$$

(v : halaju, μ pekali geseran di antara tayar dan permukaan serta g : tarikan graviti)

Permukaan Marikh berais dengan $\mu = 0.15$ dan $g = 3.711 \text{ m/s}^2$

(40 marks/markah)

[c] For the vehicle travelling at the same velocity of 180 km/h, calculate:

Untuk kenderaan perjalanan pada kelajuan sama 180 km/h, kirakan:

- (i) The skidding distance during an abnormally hot day for the same speed reduction from 50 m/s to 20 m/s when the surface temperature reaches 70°C ? Assume that the heat does not effect the road.**

Jarak mengelincir sepanjang hari yang tersangat panas setelah kenderaan mengurangkan kelajuan daripada 50 m/s ke 20 m/s apabila suhu permukaan mencecah 70°C ? Anggapkan bahawa haba tidak memberi kesan di atas jalan raya berkenaan.

- (ii) The stopping distance assuming that the velocity at which the coefficient of friction reverts to its threshold value of $\mu_{th} = 1$ is 5 m/s.**

Jarak berhenti dengan menganggap bahawa halaju pada pekali geseran yang kembali kepada nilai ambang $\mu_{th} = 1$ adalah 5 m/s.

- (iii) **Suppose that the skidding rubber tyre, the friction coefficient is inversely proportional to the square root of the sliding speed greater than 5 m/s. For the speeds of 5 m/s or less, there is no melting wear occurring and the frictional coefficient is $\mu = 1.0$. Calculate the friction coefficient at 50 m/s and 20 m/s skidding speeds. Comment on the role of friction coefficient in skidding at high speed.**

Andaikan bahawa tayar getah mengelincir, mempunyai pekali geseran yang berkadar songsang dengan punca kuasa gelongsor kelajuan yang lebih besar daripada 5 m/s. Untuk kelajuan 5 m/s atau kurang, tiada kehausan peleburan berlaku dan pekali geseran adalah $\mu = 1.0$. Hitungkan pekali geseran pada 50 m/s dan kelajuan tergelincir pada 20 m/s. Komen mengenai peranan pekali geseran dalam tergelincir pada kelajuan yang tinggi.

(40 marks/markah)

-oooOooo-