
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

EBB 441/3 – Applied Metallurgy [Metalurgi Gunaan]

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 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 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, 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 in the examination questions, the English version shall be used.

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

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Elaborate on the deformation mechanism and what the influence to metal deformation processes for these two cases:
- (i) Deformation of metal and alloys depends on their ductility. E.g Mg (HCP) has limited ductility compared to Al or Cu (FCC) or even Fe (BCC). Deformation in Mg is essentially limited to (0001) slip and twinning on the $\{10\bar{1}2\}$ plane. Mg tolerates 5 to 10% reduction by cold rolling, but heavy cold work fractures the metal.
 - (ii) Temperature plays a very significant role in metal deformation. For example, heavy deformation is possible for Mg via hot work as above 250°C, the $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}0\}$ and $\{10\bar{1}1\}$ slip planes become active and Mg is highly ductile.

Please note that Mg is given only as an example. Your discussion must NOT be limited to Mg.

Perjelaskan dengan terperinci mekanisme ubah bentuk dan apakah kesan terhadap proses-proses ubah bentuk logam untuk kedua-dua kes:

- (i) *Ubah bentuk bahan logam dan aloi bergantung kepada kemuluran mereka. Sebagai contoh, Mg (HCP) mempunyai kemuluran yang terhad berbanding Al atau Cu (FCC) atau Fe (BCC). Ubah bentuk di dalam Mg secara asasnya terhad kepada gelinciran (0001) dan kembaran satah $\{10\bar{1}2\}$. Mg mampu menangan 5 hingga 10% pengurangan dengan gelekan sejuk, tetapi kerja sejuk yang banyak akan memecahkan logam tersebut.*
- (ii) *Suhu memainkan peranan yang sangat ketara di dalam ubah bentuk logam. Sebagai contoh, ubah bentuk yang banyak adalah mungkin bagi Mg melalui kerja panas kerana di atas suhu 250°C, satah-satah gelinciran $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}0\}$ dan $\{10\bar{1}1\}$ menjadi aktif dan Mg mempunyai kemuluran yang tinggi.*

Sila ambil perhatian bahawa Mg diberikan hanya sebagai contoh. Perbincangan anda mestilah TIDAK terhad kepada Mg sahaja.

(50 marks/markah)

- [b] Steel is often coated with a thin layer of zinc if it is to be used in open-air environment. What characteristics do you think the zinc provides to this coated or galvanized steel? What precautions should be considered in producing this product?

Keluli selalunya disalutkan dengan satu lapisan nipis zink jika ianya akan digunakan di persekitaran udara terbuka. Pada pandangan anda apakah sifat-sifat yang diberikan oleh zink pada keluli tersalut atau tergalvani? Apakah langkah berjaga-jaga yang harus dipertimbangkan dalam mengeluarkan produk ini?

(50 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

2. [a] Explain the following:
- (i) Why does die-casting process can produce smaller parts as compared to other types of casting processes?
 - (ii) Even though die casting produces thin parts, there is a limit to how thin they can be. Explain why thinner parts cannot be made by this process?

Terangkan yang berikut:

- (i) *Mengapakah proses tuangan dai boleh menghasilkan komponen yang paling kecil berbanding dengan proses-proses tuangan yang lain?*
- (ii) *Walaupun tuangan dai menghasilkan komponen yang nipis, terdapat had paling nipis yang boleh dihasilkan. Terangkan mengapa komponen yang lebih nipis tidak boleh dibuat dengan proses ini?*

(50 marks/markah)

- [b] Over the 2 days of Eid Fitr holiday, your die casting production plant shuts down. The morning after the holiday, the operator starts off the die casting machine and resumes production of a batch of Al automotive part. However, routine X-ray inspection revealed a significantly high number of pinhole pores occurring in the parts especially those made during the morning shift. Assess the situation, and suggests possible cause(s) and how to eliminate the defect.

Semasa cuti Aidilfitri selama dua hari, kilang pengeluaran tuangan dai anda telah ditutup. Pada pagi selepas cuti tersebut, pekerja operator memulakan mesin tuangan dai dan menyambung pengeluaran satu kelompok komponen automotif Al. Walau bagaimanapun, pemeriksaan X-ray rutin telah menunjukkan bilangan lubang pin yang ketara tingginya terdapat di dalam komponen-komponen terutama yang dihasilkan pada waktu shif pagi. Kaji situasi tersebut, dan cadangkan penyebab yang mungkin serta bagaimana untuk mengurangkan kecacatan tersebut.

(50 marks/markah)

3. [a] Metal deformation works on workpiece introduce grain directionality (dependence of grain structure to direction of metal flow) which can become detrimental to the component. With the help of suitable sketches to represent the structure, discuss the following;
- (i) Show how grain directionality can become detrimental?
 - (ii) Suggest how it can be exploited to achieve higher mechanical properties.

Kerja-kerja ubahbentuk logam kepada bahankerja memperkenalkan pengarahannya butir (kebergantungan struktur butir kepada arah aliran logam) yang mana boleh menyebabkan kesan buruk kepada komponen. Dengan bantuan lakaran-lakaran yang sesuai untuk mewakili struktur, nilaikan yang berikut:

- (i) Cadangkan bagaimana pengarahannya butir boleh memberikan kesan buruk.*
- (ii) Tunjukkan bagaimana ia boleh dieksploit untuk mencapai sifat-sifat mekanikal yang tinggi.*

(40 marks/markah)

- [b] Automotive gears such as in Figure 1 can be made by die casting process, investment casting, powder metallurgy or by cold rolling. Assuming you are the engineer in charge of production, you have to choose between these four processes for a certain type of gear (with specific dimension and product specification). Assess the advantages given by each of the processes in producing gears. Your assessment must also discuss whether the choice of process is dependent or independent upon the type of raw material.

Gear automotif seperti di dalam Rajah 1 boleh dihasilkan dengan proses penuangan dai, penuangan lilin, metalurgi serbuk atau dengan penggelekan sejuk. Andaikan anda adalah jurutera yang bertanggungjawab di dalam pengeluaran, anda perlu memilih di antara empat proses ini untuk sejenis gear yang tertentu (dengan dimensi yang spesifik dan spesifikasi produk). Nilaian kelebihan-kelebihan yang diberikan oleh setiap proses di dalam menghasilkan gear. Penilaian anda mestilah juga membincangkan sama ada pemilihan proses tersebut bergantung kepada jenis bahan mentah atau tidak.

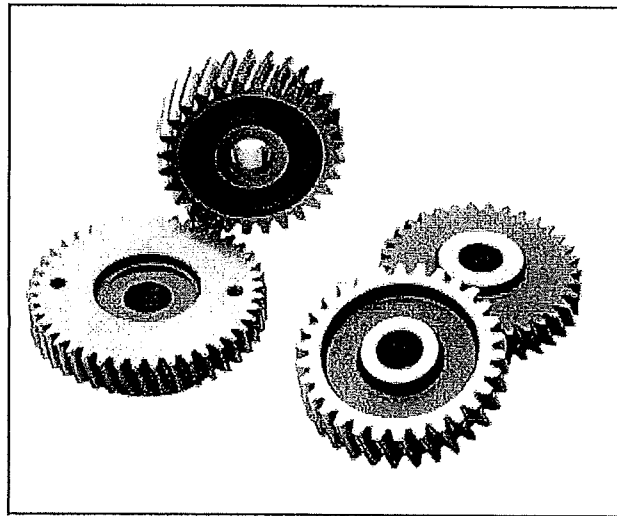


Figure 1 - Automotive gear

Rajah 1 - Gear automotif

(60 marks/markah)

4. [a] A cylindrical billet that is 1 m long and 80 mm in diameter is reduced by indirect (backward) extrusion to a 30 mm diameter. Die angle = 90° . If Johnson equation has $a = 0.8$ and $b = 1.5$, and the flow curve for the work metal has $K = 750$ MPa and $n = 0.15$;
- (i) Determine the ram force required to do the operation.
 - (ii) Assume the process is done through a direct extrusion instead, what would be the ram force value?

Satu bilet silinder dengan panjang 1 m dan diameter 80 mm dikurangkan diameternya dengan penyempritan tak-langsung (ke belakang) kepada diameter 30 mm. Sudut dai = 90° . Sekiranya persamaan Johnson mempunyai nilai $a = 0.8$ dan $b = 1.5$, dan keluk aliran untuk benda kerja logam mempunyai $K = 750$ MPa dan $n = 0.15$;

- (i) Tentukan daya ram yang diperlukan untuk melakukan operasi ini.*
- (ii) Andaikan sebaliknya proses ini dilakukan dengan penyempritan terus, apakah nilai daya ramnya?*

(40 marks/markah)

- [b] Figure 2 shows some design consideration in powder metallurgy process. Comment and provide reason to these design considerations.

Rajah 2 memberikan beberapa pertimbangan rekabentuk di dalam proses metalurgi serbuk. Komen mengenai perkara ini dan berikan sebab kepada pertimbangan rekabentuk tersebut.

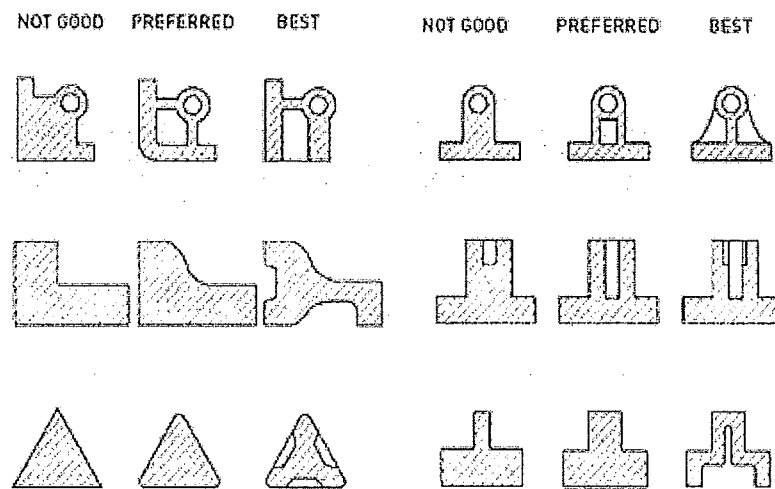


Figure 2 - Some design considerations in PM process

Rajah 2 - Beberapa pertimbangan rekabentuk di dalam proses metalurgi serbuk

(30 marks/markah)

- [c] Part (a) in Figure 3 is made by the conventional powder metallurgy (P/M) process while part (b) is via P/M forging. The complexity of shape and production rate is almost similar between these two production techniques. Comment on the advantages and disadvantages of P/M forging over the conventional P/M process.

Komponen (a) di dalam Rajah 3 diperbuat dengan proses konvensional metalurgi serbuk (M/S) manakala komponen (b) melalui tempaan M/S. Kerumitan bentuk dan kadar pengeluaran bagi kedua-dua teknik penghasilan ini adalah hampir sama. Berikan komen tentang kelebihan dan kekurangan tempaan M/S berbanding proses konvensional M/S.

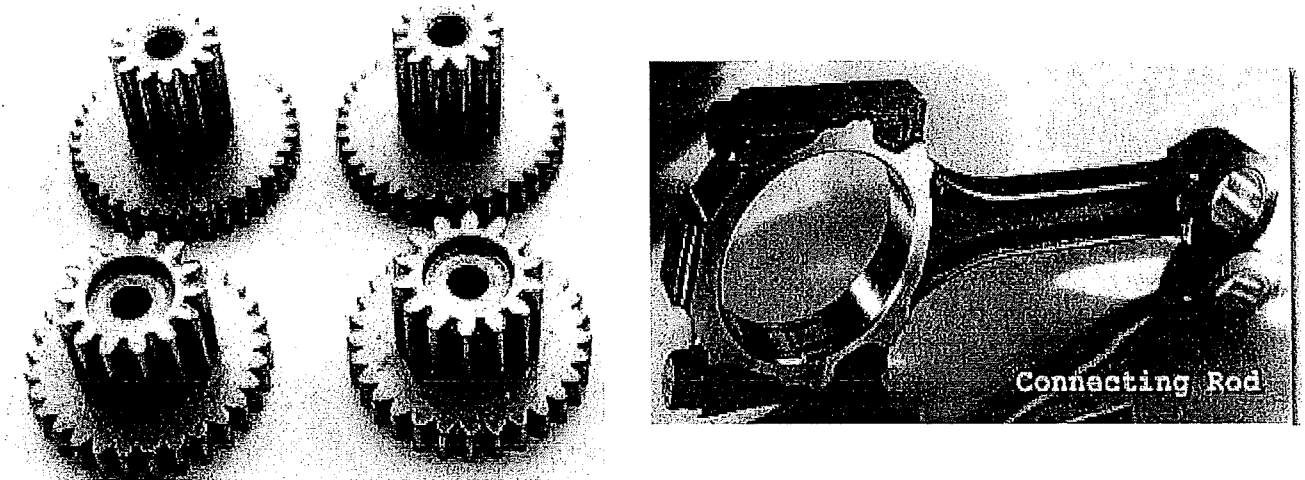


Figure 3 - (a) part made of conventional P/M process, and (b) part made of P/M forging.

Rajah 3 - (a) komponen diperbuat daripada proses konvensional M/S, dan (b) komponen diperbuat daripada tempaan M/S.

(30 marks/markah)

PART C / BAHAGIAN C

5. [a] An austenitic stainless steel corrodes in all of the heat-affected zone (HAZ) surrounding the fusion zone of a weld.
- (i) Explain why corrosion occurs at this area
 - (ii) Discuss the type of welding process or procedure that might have been used
 - (iii) What might you do to prevent corrosion in this region?

Sebatang keluli tahan karat austenitik mengalami kakisan di kesemua kawasan yang terjejas oleh kepanasan (HAZ) keliling zon lakuran satu kimpalan

- (i) *Jelaskan mengapa kakisan berlaku di kawasan ini.*
- (ii) *Bincangkan jenis proses kimpalan atau prosedur yang mungkin telah digunakan.*
- (iii) *Apakah kemungkinan yang dapat anda buat untuk mencegah kakisan di kawasan ini?*

(60 marks/markah)

- [b] Twenty-five jewelry pieces, each with a surface area 320 mm^2 are to be gold plated in a batch plating operation (Refer Table 1).
- (i) What average plating thickness will result if 8 amps are applied for 10 min in a cyanide bath?
 - (ii) If it is desired to plate an average thickness of 0.015 mm on the surface of each part, how long should the plating operation be allowed to run at a current of 10 amps?

Dua puluh lima kepingan barang kemas, setiap satu dengan luas permukaan 320 mm^2 akan disadur emas dalam operasi penyaduran (Rujuk Jadual 1).

- (i) *Apa ketebalan saduran yang akan dihasilkan jika arus 8 amps digunakan selama 10 min dalam larutan sianida?*
- (ii) *Jika ia ingin menyadur pada ketebalan purata 0.015 mm di permukaan setiap barangan, berapa lama sepatutnya operasi saduran dijalankan pada arus 10 amps?*

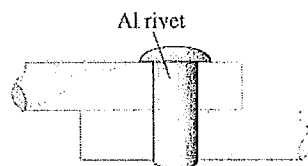
Table 1 - Typical cathode efficiencies in electroplating and values of plating constant C*Jadual 1 - Kecekapan katod yang biasa dalam penyaduran elektrik dan nilai saduran C malar*

Plate Metal ^a	Electrolyte	Cathode Efficiency (%)	Plating Constant C ^a	
			mm ³ /amp-s	in ³ /amp-min
Cadmium (2)	Cyanide	90	6.73×10^{-2}	2.47×10^{-4}
Chromium (3)	Chromium-acid-sulfate	15	2.50×10^{-2}	0.92×10^{-4}
Copper (1)	Cyanide	98	7.35×10^{-2}	2.69×10^{-4}
Gold (1)	Cyanide	80	10.6×10^{-2}	3.87×10^{-4}
Nickel (2)	Acid sulfate	95	3.42×10^{-2}	1.25×10^{-4}
Silver (1)	Cyanide	100	10.7×10^{-2}	3.90×10^{-4}
Tin (4)	Acid sulfate	90	4.21×10^{-2}	1.54×10^{-4}
Zinc (2)	Chloride	95	4.75×10^{-2}	1.74×10^{-4}

(40 marks/markah)

6. [a] Two sheets of a 1040 steel are joined together with an aluminum rivet (Figure 4). Discuss the possible corrosion cells that might be created as a result of this joining process. Recommend a joining process that might minimize corrosion for these cells.

Dua kepingan keluli 1040 disambung bersama dengan rivet aluminium (Rajah 4). Bincang kemungkinan sel kakisan yang boleh berlaku akibat proses penyambungan ini. Cadangkan satu proses sambungan yang mungkin meminimumkan kakisan untuk sel-sel ini

**Figure 4 - Two steel sheets joined by aluminum rivet***Rajah 4 - Dua kepingan keluli disambung oleh rivet aluminium*

(50 marks/markah)

- [b] The power source in a particular welding operation generates 2500 W, which is transferred to the work surface with heat transfer factor = 0.9. The melting point for the metal to be welded = 985°C and its melting factor = 0.5. A continuous fillet weld is to be made with a cross-sectional area = 35 mm². Determine the travel speed at which the welding operation can be accomplished. Given, $K = 3.33 \times 10^{-6}$.

Sumber kuasa di satu perincian operasi kimpalan menghasilkan 2500 W, yang dipindahkan ke permukaan tempat kerja dengan faktor pemindahan haba = 0.9. Takat lebur bagi logam untuk dipateri = 985°C dan faktor cairan = 0.5. Satu filet berterusan kimpal akan dibuat menggunakan dengan kawasan kerat lintang = 35 mm². Tentukan kelajuan perjalanan di mana operasi kimpalan dapat dijayakan. Diberi, $K = 3.33 \times 10^{-6}$.

(50 marks/markah)

7. [a] Compare conventional and non-conventional machining in term of surface finish, surface integrity, material removal rate, tool wear, environment issue and skill requirement.

Bandingkan permesinan konvensional dan non-konvensional dari segi kemas permukaan, integriti permukaan, kadar pemindahan bahan, hakisan alat, keperluan persekitaran dan kemahiran pekerja.

(40 marks/markah)

- [b] Aluminum tube is made of 6061-T6 alloy. The process in which these tubes are used requires the following heating and cooling profile as below:
- Ramp up from room temperature 25°C to 425°C at the rate of 10°C/min and soaking at 425°C for 2 h.
 - Cool down to room temperature at the rate of 1°C/min.

The initial hardness of the aluminum tube is 80 HB. The hardness dropped to approximately 8 HB in 6 cycles of heating and stayed at approximately 8 HB after 30 cycles.

- (i) Identify the reason for drop in hardness and will the hardness drop further?
- (ii) Indicate what is the phenomenon behind the hardness drop?
- (iii) Surface roughness of the aluminum tube is very critical; will the hardness drop affect surface roughness (pitting corrosion, etc.)?

Tiub aluminium diperbuat daripada aloi 6061-T6. Proses di mana tiub-tiub ini digunakan memerlukan pemanasan dan pendinginan profail seperti berikut:

- *Tingkatkan dari suhu bilik 25°C ke 425°C pada kadar 10°C/min dan tempoh rendam pada 425°C selama 2 jam.*
- *Sejukkan kepada suhu bilik pada kadar 1°C/min.*

Kekerasan awal tiub aluminium ialah 80 HB. Kekerasan jatuh kepada kira-kira 8 HB pada 6 kitaran pemanasan dan kekal pada kira-kira 8 HB selepas 30 kitaran.

- (i) *Kenalpastikan sebab penurunan kekerasan dan adakah kekerasan akan terus menurun?*
- (ii) *Tunjukkan apakah fenomena di sebalik penurunan kekerasan?*
- (iii) *Kekasaran permukaan tiub aluminium amat kritikal; jangkakan adakah penurunan kekerasan menjejaskan permukaan kekasaran (kakisan bopeng, dan lain-lain)?*

(60 marks/markah)