

---

## UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2008/2009

April/Mei 2009

### EBB 337/3 - Advanced Materials and Composites *[Bahan Termaju dan Komposit]*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please ensure that this examination paper contains NINE printed pages and ONE page APPENDIX before you begin the examination.

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

This paper contains SEVEN questions. THREE questions in PART A and FOUR questions in PART B.

*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. TIGA soalan di BAHAGIAN A dan EMPAT soalan di BAHAGIAN B.]*

**Instruction:** Answer FIVE questions. Answer ALL questions from PART A and TWO questions from PART B. 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 dan DUA soalan dari BAHAGIAN B. 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.]*

**PART A****BAHAGIAN A**

1. [a] The effectiveness of composites can be influenced by the amount, size, shape, distribution and orientation of the filler. Using a suitable example for each, explain how these factors influence the properties of a polymer matrix composite with the particulate filler.

*Keberkesanan sesuatu komposit dipengaruhi oleh jumlah, saiz, bentuk dan orientasi pengisi. Dengan menggunakan contoh yang sesuai bagi setiap faktor, bincangkan bagaimana faktor-faktor ini mempengaruhi sifat-sifat komposit pengisi partikel terisi matriks.*

(50 marks/markah)

- [b] Consider a composite made of uniaxially oriented carbon fibers in an epoxy matrix. The fiber and matrix properties are:  $E_f = 250$  GPa,  $E_m = 4$  GPa.
- (i) Determine the longitudinal modulus of composite, as a function of volume fraction,  $V_f$  of fibers. Plot the curve.
- (ii) Estimate the transverse modulus as a function of  $V_f$ . Plot the curve.

*Pertimbangkan komposit satu paksi yang dihasilkan oleh gentian karbon dan matriks epoksi. Modulus gentian dan matriks adalah seperti berikut:  $E_f = 250$  GPa,  $E_m = 4$  GPa.*

- (i) *Hitungkan modulus komposit membujur dengan anggapan keadaan sama terikan, sebagai fungsi pecahan isipadu gentian,  $V_f$ . Lakarkan graf tersebut.*
- (ii) *Anggarkan modulus melintang sebagai fungsi pecahan isipadu gentian,  $V_f$ . Lakarkan graf tersebut.*

(50 marks/markah)

2. [a] What are the driving factors that make ceramic matrix composites an attractive alternative to traditional industrial materials such as high alloy steels and refractory metals?

*Apakah faktor pemacu yang menjadikan komposit matriks seramik sebagai satu pilihan yang menarik berbanding bahan industri tradisional seperti keluli aloi tinggi dan logam refraktori?*

(30 marks/markah)

- [b] Discuss the importance of thermal expansion compatibility in fabrication of ceramic matrix composites.

*Bincangkan kepentingan keserasian pengembangan terma dalam fabrikasi komposit matrik seramik.*

(30 marks/markah)

- [c] With a schematic diagram, outline the processing steps in the reaction bonding process of ceramic matrix composites. State one example of a ceramic matrix composite that is typically fabricated using this method.

*Dengan menggunakan rajah skema, tunjukkan langkah-langkah yang terlibat dalam proses pengikatan tindakbalas bagi komposit matriks logam. Nyatakan satu contoh komposit matriks seramik yang lazim dihasilkan melalui kaedah ini.*

(40 marks/markah)

3. A three point flexural test was conducted on ceramic based sandwich structure as shown in Figure 1(a).

*Ujian pelenturan tiga titik telah dijalankan ke atas struktur apit berasaskan seramik dan ditunjukkan dalam Rajah 1(a).*

- (i) What is the failure mode shown in Figure 1(b)?

*Apakah jenis mod kegagalan yang ditunjukkan dalam Rajah 1(b)?*

(10 marks/markah)

- (ii) Give three factors that contributed to this failure.

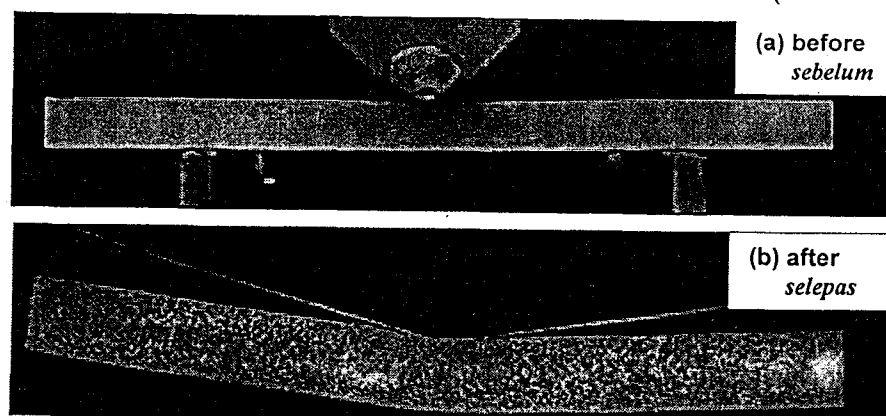
*Berikan tiga faktor yang menyumbang kepada kegagalan ini.*

(30 marks/markah)

- (iii) If honeycomb is replaced as the core material, based on your knowledge on advanced materials, propose a method to avoid the failure mode as stated in 3(i) and 3(ii).

*Jika indung madu digantikan sebagai bahan asas dan berdasarkan pengetahuan anda terhadap bahan termaju, cadangkan satu kaedah untuk menghalang berlakunya mod kegagalan seperti yang dinyatakan dalam 3(i) dan 3(ii).*

(60 marks/markah)



**Figure 1**

*Rajah 1*

**PART B****BAHAGIAN B**

4. [a] The composite interphase can significantly affect the mechanical and thermal properties of the composites. Discuss how silane coupling agents affect the mechanical properties of a glass fiber/epoxy composite in wet and dry conditions.

*Antarafasa komposit boleh mempengaruhi sifat-sifat mekanikal dan terma komposit. Bincangkan bagaimana agen pengkupel silana mempengaruhi sifat mekanikal komposit gentian kaca/matriks epoksi dalam keadaan basah dan kering.*

(50 marks/markah)

- [b] (i) Match the following manufacturing methods with the application. One manufacturing method has a clear advantage for each application.

V. Vacuum bagging	F. Filament winding
H. Hand Lay Up	P. Pultrusion

_____ Composite beam
_____ Boat
_____ Helicopter blade
_____ Aircraft skin
_____ Pressurized tank (i.e.: Jetfighter air tank)

*Suaikan kaedah-kaedah penghasilan berikut dengan aplikasinya. Setiap kaedah penghasilan mempunyai kelebihan yang jelas bagi setiap aplikasi.*

V. Bag vakum	F. Pelilitan Filamen
H. 'Lay up' tangan	P. Pultrusi

_____ Rasuk komposit
_____ Bot
_____ Bilah helikopter
_____ Kulit pesawat
_____ Tangki tekanan (Contohnya: tangki udara pesawat penggempur)

(15 marks/markah)

- (ii) Explain the fabrication of fiber reinforced polymer (FRP) composites via the filament winding method. Draw a schematic diagram of the equipment used in this technique.

*Terangkan fabrikasi komposit polimer diperkuat gentian (FRP) menggunakan kaedah pelilitan filament. Lukiskan gambarajah skematik bagi peralatan yang digunakan dalam kaedah ini.*

(35 marks/markah)

5. [a] Dispersion strengthened Cu-TiB<sub>2</sub> composite can be fabricated via powder metallurgy method using ex-situ and in-situ processing approaches. Explain the main differences in both approaches, including their advantages and disadvantages.

*Komposit Cu-TiB<sub>2</sub> diperkuat serakan boleh dihasilkan secara kaedah metalurgi serbuk melalui pendekatan pemprosesan 'ex-situ' dan 'in-situ'. Terangkan perbezaan utama antara kedua-dua pendekatan, termasuk kelebihan dan kekurangan masing-masing.*

(30 marks/markah)

- [b] With a schematic diagram, outline the fabrication of Al-SiC composite by liquid melt infiltration under gas pressure.

*Dengan menggunakan rajah, terangkan fabrikasi komposit Al-SiC menggunakan penusukan cecair leburan di bawah pengaruh tekanan gas.*

(30 marks/markah)

- [c] With the aid of appropriate diagrams, discuss the effect of reinforcement on the following properties of a metal matrix composite.
- coefficient of thermal expansion
  - Young's modulus

*Dengan bantuan rajah-rajah yang sesuai, bincangkan kesan tetulang terhadap sifat-sifat komposit matriks logam dari aspek berbeza:*

- Pekali pengembangan terma*
- Modulus Young*

(40 marks/markah)

6. [a] The main advantage of  $Mg_2Ni$  alloy that is Ni-MH battery researchers around the world is its high specific capacity.

*Kelebihan utama aloi  $Mg_2Ni$  yang menarik minat penyelidik bateri Ni-MH di seluruh dunia ialah nilai kapasiti spesifik yang tinggi.*

- Write the electrochemistry equation for hydriding-dehydriding of  $Mg_2Ni$  alloy.

*Tuliskan persamaan elektrokimia untuk penghidrogenan-nyahhidrogen bagi aloi  $Mg_2Ni$ .*

(10 marks/markah)

- Calculate the theoretical specific capacity ( $mA\ h\ g^{-1}$ ) of  $Mg_2Ni$  alloy.

*Kirakan nilai teori kapasiti spesifik ( $mA\ h\ g^{-1}$ ) bagi aloi  $Mg_2Ni$ .*

(30 marks/markah)

- [b] Give two disadvantages of  $Mg_2Ni$  alloys when used in Ni-MH batteries.

*Berikan dua kekurangan aloi  $Mg_2Ni$  apabila digunakan dalam bateri Ni-MH.*

(20 marks/markah)

- [c] Explain, with an appropriate plot of pressure-composition-temperature (PCT) of the alloy material used in Ni-MH batteries for:

*Terangkan dengan menggunakan lakaran yang sesuai untuk tekanan-komposisi-suhu (PCT) bahan aloi yang digunakan dalam bateri Ni-MH untuk:*

- (i) Ideal PCT plot

*Lakaran PCT yang unggul*

(20 marks/markah)

- (ii) PCT plot for  $Mg_2Ni$  alloy

*Lakaran PCT untuk aloi  $Mg_2Ni$*

(20 marks/markah)

7. [a] (i) Draw and name three common fibre configurations.

*Lukiskan dan namakan tiga jenis konfigurasi gentian.*

- (ii) What do anisotropic and isotropic mechanical behaviour mean? Make reference to your fibre configuration drawings.

*Apakah yang dimaksudkan dengan ketakisotropikan dan isotropik sifat-sifat mekanikal? Dengan merujuk kepada konfigurasi fiber anda.*

(30 marks/markah)



- [b] A silver-tungsten composite for an electrical contact is produced by first making a porous tungsten powder metallurgy compact, then infiltrating pure silver into the pores. The density of the tungsten compact before infiltration is  $12.0 \text{ g/cm}^3$ . Calculate the volume fraction of porosity and the final weight percent of silver in the compact after infiltration. Densities of tungsten and silver are  $19.3 \text{ g/cm}^3$  and  $10.49 \text{ g/cm}^3$ , respectively.

*Satu komposit perak-tungsten untuk kegunaan sesentuh elektrik telah dihasilkan mula-mulanya melalui pembentukan padatan metalurgi serbuk berliang diikuti dengan penusukan perak tulin ke dalam liang. Ketumpatan padatan tungsten sebelum penusukan ialah  $12.0 \text{ g/cm}^3$ . Kirakan pecahan isipadu keliangan dan peratus berat akhir perak dalam padatan selepas penusukan. Ketumpatan tungsten dan perak ialah  $19.3 \text{ cm}^3$  dan  $10.49 \text{ g/cm}^3$ , masing-masing.*

(30 marks/markah)

- [c] (i) What do you understand is meant by biodegradable materials?

*Apakah yang anda faham tentang bahan biodegradasi?*

(20 marks/markah)

- (ii) By giving an example of a biodegradable polymer, design a conducting polymer sample based on:

*Dengan memberikan satu contoh bahan polimer degradasi, rekakan satu sampel polimer berkonduktor berasaskan:*

- (a) Ionic conductor

*Pengalir ionik*

(10 marks/markah)

- (b) Electronic conductor

*Pengalir elektronik*

(10 marks/markah)

## Appendix

## Lampiran

## Constant Value

Avogadro's constant ( $N_A$ )	$6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmann constant (k)	$1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$ $8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/atom-K}$
Coulomb constant (k)	$9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$
Electron charge (e)	$1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Electron Mass ( $m_e$ )	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Faraday's constant	96500 C/mole (i.e. amp.sec/mole)
Gas constant (R)	$8.31 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$
Gravity (g)	$9.81 \text{ ms}^{-2}$
Permeability of a vacuum ( $\mu_0$ )	$4\pi \times 10^{-7} \text{ ms}^{-1}$
Permittivity of a vacuum ( $\epsilon_0$ )	$8.85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$
Planck's constant (h)	$6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$
Velocity of light in a vacuum (c)	$3.00 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$

## Periodic Table

Key

- Atomic number
- Symbol
- Atomic weight

Metal

Nonmetal

Intermediate

1 H 1.0080	2 He 4.0026																				
3 Li 6.939	4 Be 9.0122											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.183				
11 Na 22.990	12 Mg 24.312							VIII								13 Al 26.982	14 Si 28.086	15 P 30.974	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.847	27 Co 58.933	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 69.72	32 Ge 72.55	33 As 74.922	34 Se 78.96	35 Br 79.91	36 Kr 83.80				
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc (99)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.30				
55 Cs 132.91	56 Ba 137.34	Rare earth series	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.98	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)				
87 Fr (223)	88 Ra (226)	Actinide series																			
Rare earth series		57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97					
Actinide series		89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa (231)	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lw (257)					