
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2009/2010

April/May 2010

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

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

This paper consists of THREE questions from PART A and FOUR questions from PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi TIGA soalan dari BAHAGIAN A dan EMPAT soalan dari BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer TWO questions from PART A, TWO questions from PART B and ONE question from any part. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab DUA soalan dari BAHAGIAN A, DUA soalan dari BAHAGIAN B 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 must be used.

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

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Give one example of application where metal matrix composites used for a non-structural application. Describe what are the properties required for this application.

Nyatakan satu contoh penggunaan yang melibatkan komposit seramik logam untuk kegunaan bukan struktur. Terangkan apakah keperluan sifat-sifat yang perlu diambilkira bagi aplikasi sebegini.

(30 marks/markah)

- [b] Suppose you want to fabricate a nickel matrix composite reinforced with thoria particulate by adding 10 wt% of thorium oxide to nickel. Assume each thorium oxide particle has a radius of 100 Å. Estimate how many particles are present in each cubic centimeter? The densities of thorium oxide and nickel are 9.69 and 8.9 gm/cm³, respectively.

Andaikan anda ingin menghasilkan komposit matrik nikel diperkuat butiran thoria dengan menambahkan 10 wt% (peratusan berat) partikel thorium oksida ke dalam nikel. Andaikan setiap partikel thorium oksida mempunyai saiz jejari 100 Å. Anggarkan berapakah bilangan partikel tetulang yang hadir dalam setiap cm padu? Nilai-nilai ketumpatan bagi thorium oksida dan nikel adalah 9.69 gm/cm³ dan 8.9 gm/cm³.

(30 marks/markah)

- [c] With suitable diagram and flow chart, outline the processing steps involved in direct oxidation or the Lanxide process of ceramic matrix composites. List the advantages and disadvantages of this process.

Dengan menggunakan rajah dan carta alir yang sesuai, jelaskan langkah-langkah pemprosesan yang terlibat dalam proses pengoksidaan langsung atau Lanxida untuk menghasilkan komposit matrik seramik. Senaraikan kelebihan dan kekurangan kaedah ini.

(40 marks/markah)

2. [a] Suppose that you are asked to select a material for a spherical pressure vessel to be used as fuel cylinder for natural gas fueled vehicles (NGC) in automotive application. The stress in the vessel wall is:

$$\sigma = \frac{pr}{2t}$$

Anda telah diminta untuk memilih bahan bagi menghasilkan bekas tekanan sfera untuk digunakan sebagai silinder bahan api kenderaan gas asli (NGV) dalam aplikasi otomotif. Tegasan pada dinding bekas adalah:

$$\sigma = \frac{pr}{2t}$$

Where p is the internal pressure, r is the outer radius of the sphere, and t is the wall thickness. The mass of the vessel is:

$$m = 4\pi r^2 t \rho$$

Di mana p adalah tekanan dalaman, r adalah jejari luar sfera, dan t adalah ketebalan dinding. Berat bekas adalah:

$$m = 4\pi r^2 t \rho$$

Where ρ is the material density. The operating stress of the vessel will always be:

$$\sigma \leq \frac{Y.S.}{S}$$

Where S is a safety factor.

Di mana ρ adalah ketumpatan bahan. Tegangan operasi bekas sentiasa:

$$\sigma \leq \frac{Y.S.}{S}$$

Di mana S adalah faktor keselamatan.

- (i) Show that the minimum mass of the pressure vessel will be:

$$m = 2S\pi r^3 \frac{\rho}{Y.S.}$$

Tunjukkan bahawa berat minimum bekas tekanan adalah:

$$m = 2S\pi r^3 \frac{\rho}{Y.S.}$$

(15 marks/markah)

- (ii) Given Table 1 and the following data, select the material that will produce the highest specific strength to be used in the application.

Diberi Jadual 1 dan data yang berkaitan, pilih bahan yang akan menghasilkan kekuatan spesifik yang tertinggi untuk digunakan dalam aplikasi tersebut.

Material / Bahan	ρ (Mg/m³)	Cost / Kos (\$/kg)	Yield Strength / Y.S. (MPa)
Reinforced concrete / <i>Konkrit diperkuat</i>	2.50	0.40	200
Fiberglass – reinforced polymer <i>Polimer diperkuat gentian kaca</i>	1.80	3.30	200
Carbon fiber-reinforced polymer / <i>Polimer diperkuat gentian karbon</i>	1.50	70.00	600

(15 marks/markah)

- (iii) By referring to the materials in (ii), propose a suitable processing method to produce the pressure vessel. With a schematic diagram discuss on the processing method.

Dengan merujuk kepada bahan dalam bahagian (ii), cadangkan satu kaedah pemprosesan bagi menghasilkan bekas tekanan. Dengan gambarajah skematik yang bersesuaian bincangkan kaedah pemprosesan tersebut

(40 marks/markah)

- [b] With suitable schematic diagrams, differentiate the fabrication of fiber reinforced polymer composites via hand lay-up method and spray-up method.

Dengan gambarajah skematik, bezakan penghasilan komposit polimer diperkuat gentian dengan menggunakan kaedah pelalaian tangan dan kaedah spray.

(30 marks/markah)

3. In order to improve lead-free solders alloy of Sn-3.5Ag-0.25Cu (SAC), titanium (Ti) nanopowders have been added into the system. Figure 1 shows tensile stress-strain curves of the SAC mixed with Ti (wt.%) at room temperatures.

Bagi tujuan untuk meningkatkan alai petri Sn-3.5Ag-0.25Cu (SAC), serbuk-nano titanium (Ti) telah ditambah. Rajah 1 menunjukkan lekuk tegangan-regangan bagi SAC dengan Ti (wt.%) dalam suhu bilik.

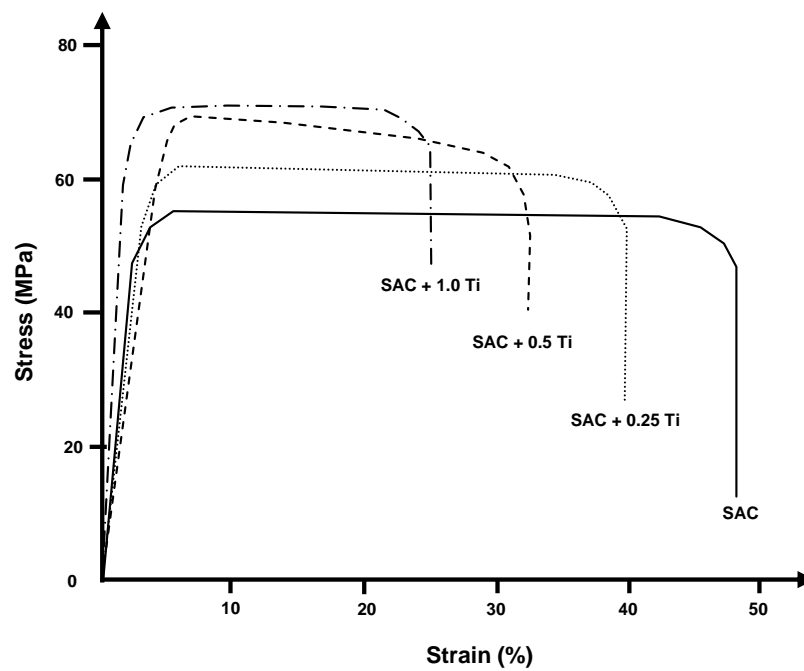


Figure 1 / Rajah 1

- [a] Based on your knowledge about advanced materials, why do we need to add Ti nanopowder to SAC?

Berdasarkan pengetahuan anda berkenaan bahan termaju, kenapa kita perlu menambahkan serbuk-nano ke dalam SAC?

(20 marks/markah)

- [b] Analyse and explain the mechanical properties for samples SAC, SAC+ 0.25Ti and SAC + 1.0Ti.

Analisis dan terangkan sifat-sifat mekanikal untuk sampel-sampel, SAC+ 0.25Ti dan SAC + 1.0Ti.

(60 marks/markah)

- [c] What will happen when Ti nanopowder is added for more than 5.0 wt%? Explain your answers.

Apakah yang akan terjadi apabila serbuk-nano Ti ditambah melebihi 5.0 wt%? Terangkan jawapan anda.

(20 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

4. [a] Describe the failure mechanism in ceramic matrix composite (CMC). How is the failure mechanism in CMC different from those in the metal matrix composite (MMC) and PMC (polymer matrix composite).

Terangkan mekanisme kegagalan dalam komposit matrik seramik. Bagaimanakah mekanisme kegagalan komposit matrik seramik berbeza berbanding komposit matrik logam dan komposit matrik polimer.

(40 marks/markah)

- [b] Describe the significance of specific strength as a material parameter instead of strength. Focus your discussion using metal matrix composite and monolithic metal.

Perihalkan kepentingan kekuatan spesifik sebagai parameter bahan berbanding kekuatan. Hadkan perbincangan anda berdasarkan komposit matrik logam dan logam monolitik.

(30 marks/markah)

- [c] Porsche has successfully developed automotive disc brake made of high performance ceramic composite. Explain the advantages of this new disc brake compared to the traditional disc brake material.

Porsche telah berjaya membangun cakera brek automotif menggunakan komposit seramik berprestasi tinggi. Terangkan kelebihan yang terdapat pada cakera brek baru ini berbanding bahan cakera brek tradisional.

(30 marks/markah)

5. [a] Consider the injection molding of low-cost casings using a polyethylene-clay particle composite system. The modulus of elasticity of the composite increases and the tensile strength of the composite decreases with volume fraction of clay as follows:

Pertimbangkan suntikan acuan bagi bingkai kos rendah menggunakan system komposit partikel tanah liat-polietilena. Modulus keelastikan bagi komposit meningkat dan kekuatan tegangan menurun dengan pecahan isipadu tanah liat seperti berikut:

Clay volume fraction / <i>Pecahan isipadu tanah liat</i>	Modulus of elasticity / <i>Modulus keelastikan (MPa)</i>	Tensile strength / <i>Kekuatan tegangan (MPa)</i>
0.3	830	24.0
0.6	2070	3.4

Assuming both modulus and strength change linearly with volume fraction of clay, determine the allowable composition range that ensures a product with a modulus of at least 1,000 MPa and a strength of at least 10 MPa.

Anggapan kedua-dua modulus dan kekuatan berubah secara linear dengan pecahan isipadu tanah liat, tentukan julat komposisi yang dibenarkan bagi memastikan produk dengan modulus sekurang-kurangnya 1,000 MPa dan kekuatan sekurang-kurangnya 10 MPa dihasilkan.

(60 marks/markah)

- [b] Explain how the interface between the fibers and the matrix is important in determining the properties of the composites.

Terangkan bagaimana antaramuka di antara gentian dan matriks penting dalam mengenalpasti sifat komposit.

(20 marks/markah)

- [c] Uniform dispersion of the reinforcements in the matrix is critical and difficult to achieve. Discuss on how mechanical properties of composite materials are affected by this factor.

Taburan penguat dalam matriks yang sekata adalah penting dan sukar untuk diperolehi. Bincangkan bagaimana sifat mekanikal komposit dipengaruhi oleh faktor ini.

(20 marks/markah)

6. [a] Define intermetallic.

Definisikan antara-logam.

(10 marks/markah)

- [b] For preparation of Mg_2Ni intermetallic materials, several methods such as conventional melting, replacement-diffusion method, combustion synthesis, melting spinning and rotation-cylinder method have been developed. Explain what are the advantages if mechanical alloying is used to prepare Mg_2Ni intermetallic.

Untuk penyediaan bahan antara-logam Mg_2Ni , pelbagai kaedah contohnya pencairan biasa, kaedah penyerapan-gantian, sintesis letupan, putaran cairan dan kaedah putaran silinder telah dibangunkan. Terangkan apakah kebaikan jika pengalioian mekanikal digunakan untuk penyediaan bahan antara-logam Mg_2Ni .

(30 marks/markah)

- [c] Figure 2 shows XRD patterns for the Mg_2Ni intermetallic ball-milled in vacuum atmosphere. Based on this data, analyse the preparation of Mg_2Ni intermetallic by ball-mill technique.

Rajah 2 menunjukkan corak XRD untuk bahan antara-logam Mg_2Ni yang di kisar-bebola dalam vakum. Berdasarkan data ini analisis penyediaan bahan antara-logam Mg_2Ni dengan menggunakan kaedah kisaran-bebola.

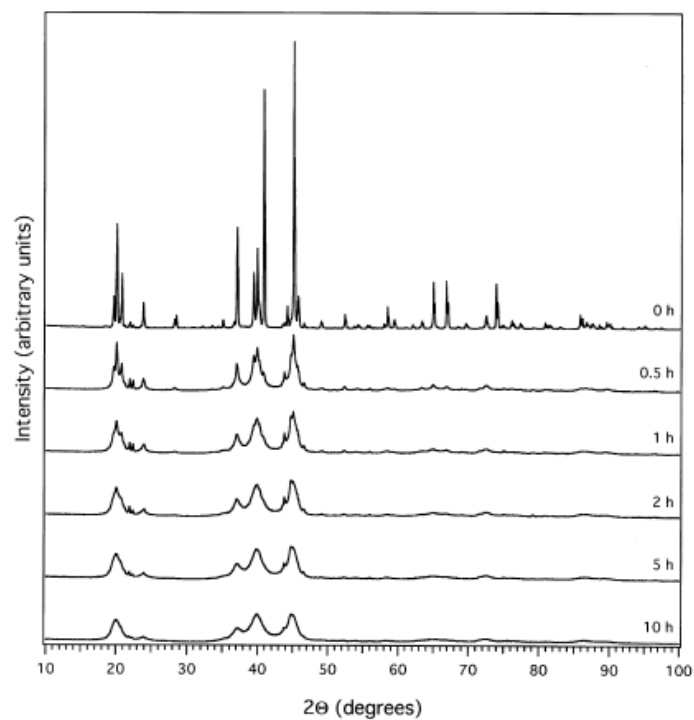


Figure 2 / Rajah 2

(30 marks/markah)

- [d] Figure 3 shows XRD pattern for the Mg_2Ni intermetallic ball-milled in hydrogen atmosphere. Based on this data, analyse the preparation of Mg_2Ni-H_x intermetallic by ball-mill technique.

Rajah 3 menunjukkan corak XRD untuk bahan antara-logam Mg_2Ni yang di kisar-bebola dalam gas hidrogen. Berdasarkan data ini, analisis penyediaan bahan antara-logam Mg_2Ni-H_x dengan menggunakan kaedah kisaran-bebola.

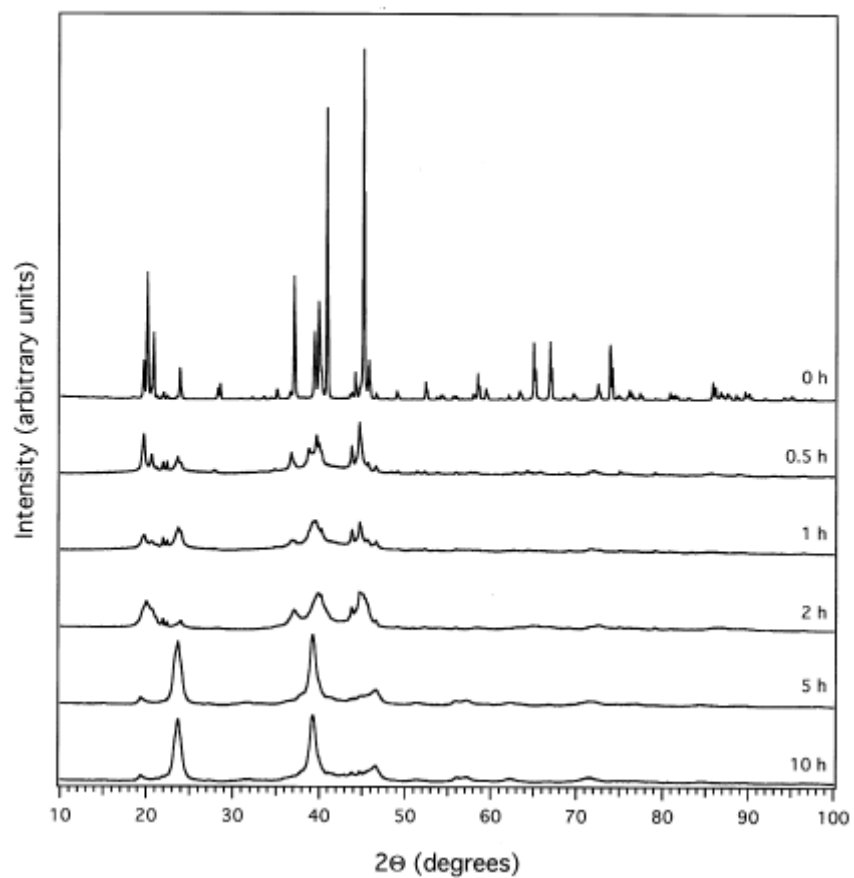


Figure 3 / Rajah 3

(30 marks/markah)

7. [a] Write down the 'rule of mixtures' equation in terms of the properties and quantities of reinforcement and matrix. What are the importance of this rule? Comment on its experimental validity.

Tuliskan persamaan hukum percampuran dalam sebutan sifat dan kuantiti tetulang dan matrik. Apakah kepentingan hukum ini? Komen dari segi kesahihan hukum ini.

(30 marks/markah)

- [b] Recommend suitable materials to be used as matrix and reinforcement in electrical conductive adhesives for electronic applications. Explain and justify your answer.

Cadangkan bahan yang sesuai untuk digunakan sebagai matriks dan penguat dalam perekat konduktif elektrik bagi aplikasi elektronik. Terangkan dan berikan justifikasi bagi jawapan anda.

(30 marks/markah)

- [c] Explain advantages and risks application of ceramic materials in total joint (medical grade ceramics).

Terangkan kelebihan dan risiko penggunaan bahan seramik dalam penyambungan (seramik grad perubatan).

(40 marks/markah)