
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2008/2009

April/May 2009

EBP 317/3 – Advanced Polymer Composites [Komposit Polimer Maju]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

This paper contains TWO questions from PART A and FIVE questions from PART B.
[Kertas soalan ini mengandungi DUA soalan dari BAHAGIAN A dan LIMA soalan dari BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer ALL questions in PART A, and THREE questions from PART B. For PART B, if a candidate answers more than three questions only the three answer will be examined and awarded marks.

[Arahan: Jawab SEMUA soalan pada BAHAGIAN A dan TIGA soalan daripada BAHAGIAN B. Bagi soalan di BAHAGIAN B, jika calon menjawab lebih daripada tiga soalan hanya tiga soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

Answer to any question must start on a new page.
[Mulakan jawapan anda untuk setiap 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 material of a tension link is changed from an aluminum alloy to a unidirectional graphite-epoxy composite. The composite was reinforced with 30% (**volume percent**) of graphite fiber to match its tensile modulus with that of the aluminum alloy. Calculate:
- The composite density.
 - The percentage weight saving in this material replacement? Use the properties given in Table 1.
 - Strength and modulus – weight ratios of the composite.

= Bahan bagi hubungan tegangan ingin ditukar dari aloi aluminium kepada komposit uniarah grafit/epoksi. Komposit tersebut diperkuatkan dengan 29.2% gentian grafit agar kekakuan tegangan menyamai kekakuan tegangan aloi aluminium. Kirakan:

- Ketumpatan komposit
- Peratusan berat yang dikurangkan berikutan penggantian bahan. Sila rujuk maklumat yang diberikan pada Jadual 1.
- Nisbah kekuatan dan kekakuan – berat bagi komposit.

Table 1 – Properties of the materials
Jadual 1 – Sifat-sifat bahan

Material / Bahan	Density / Ketumpatan (Mg/m ³)	Tensile modulus / Kekakuan tegangan (GPa)	Tensile strength / Kekuatan tegangan (MPa)
Graphite fiber / Gentian grafit	1.80	224	4500
Epoxy / Epoksi	1.12	4	50
Aluminum alloy / Aloi aluminium	2.7	70	77
Epoxy + 30% Graphite / Epoksi + 30% Grafit		70	1385

(30 marks/markah)

...3/-

- [b] Write a short note on ultrasonic inspection.

Tulis nota ringkas berkaitan pemeriksaan ultrasonik.

(70 marks/markah)

2. [a] Consider a uniaxially aligned continuous hybrid composite comprises of two different types of fiber i.e. S-glass and Kevlar 49 fiber in an epoxy resin matrix. Using the information given below:

- (i) determine the longitudinal tensile modulus of the composites.
- (ii) predict the sequence of failure of the constituent materials.
- (iii) calculate the modulus of the composites before the failure of the third constituent material.

Pertimbangkan satu komposit hibrid selanjar dan terjajar secara uni-paksi yang terdiri daripada dua jenis gentian yang berbeza iaitu S-glass dan Kevlar 49 dalam matrik epoksi. Dengan menggunakan maklumat yang diberikan di bawah:

- (i) tentukan modulus tegangan longitudinal bagi komposit tersebut.
- (ii) ramalkan urutan kegagalan bagi bahan jujuk.
- (iii) kirakan modulus bagi komposit sebelum berlakunya kegagalan bahan jujuk yang ketiga.

Given / Diberi:

Weight of S-glass fiber <i>Berat gentian kaca-S</i>	= 40%
Weight of epoxy resin <i>Berat resin epoksi</i>	= 35%
Density of S-glass fiber <i>Ketumpatan gentian kaca-S</i>	= 2490 kgm ⁻³
Density of epoxy resin <i>Ketumpatan resin epoksi</i>	= 1160 kgm ⁻³
Density of Kevlar 49 <i>Ketumpatan gentian Kevlar 49</i>	= 1450 kgm ⁻³
Tensile modulus of S-Glass <i>Modulus tensil gentian kaca-S</i>	= 87 GPa
Tensile modulus of Kevlar 49 <i>Modulus tensil gentian Kevlar 49</i>	= 131 GPa
Tensile modulus of epoxy <i>Modulus tensil epoksi</i>	= 0.75 GPa
Tensile strength of S-Glass fiber <i>Kekuatan tensil gentian kaca-S</i>	= 4.3 GPa
Tensile strength of Kevlar 49 <i>Kekuatan tensil gentian Kevlar 49</i>	= 3.6 GPa
Tensile strength of epoxy resin <i>Kekuatan tensil resin epoksi</i>	= 0.031 GPa

Specify clearly any assumption made.

Nyatakan dengan jelas sebarang anggapan yang dibuat.

(70 marks/markah)

- [b] Write a critical essay on "Microstructure-processing-property relationships of short fiber reinforced thermoplastics."

Tuliskan satu karangan kritik tentang "Hubungkait di antara mikrostruktur-pemprosesan dan sifat bagi termoplastik diperkuatkan gentian pendek".

(30 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

3. [a] Derive the following expression for fiber volume fraction:

Terbitkan persamaan berikut bagi pecahan isipadu gentian:

$$v_f = \frac{w_f \rho_m}{w_f \rho_m + w_m \rho_f}$$

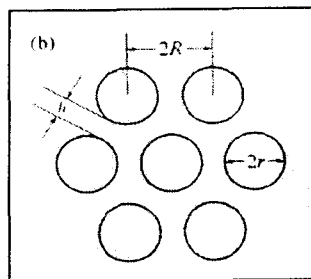
where v, w and ρ are the volume and weight fractions and density. The subscripts f and m refer to fiber and matrix, respectively.

di mana v, w dan ρ adalah pecahan bagi isipadu dan berat dan ketumpatan. Subskrip f and m merujuk kepada gentian dan matrik.

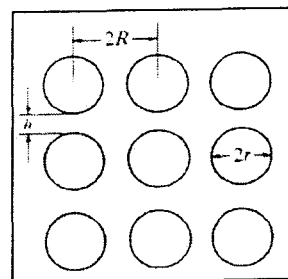
(50 marks/markah)

- [b] Prove that for hexagonal and square packing arrangements, fiber volume fractions are given as:

Buktikan bagi penyusunan heksagonal dan segi empat sama, pecahan isipadu gentian diungkapkan sebagai:



$$V_f = \left(\frac{\pi}{2\sqrt{3}} \right) \left(\frac{r}{R} \right)^2$$



$$V_f = \left(\frac{\pi}{4} \right) \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

Determine the maximum fiber volume fractions for both arrangements.

Kirakan pecahan isipadu gentian maksima bagi kedua-dua penyusunan di atas.

(50 marks/markah)

4. [a] How does silane coupling agent play its role to form adhesion between glass fiber and unsaturated polyester matrix?

Bagaimanakah agen pengkupelan silana (silane coupling agent) berperanan membentuk pelekatan antara gentian kaca dan matrik poliester tak tepu?

(30 marks/markah)

- [b] Write a comprehensive note on single fiber pull-out test.

Tuliskan nota lengkap tentang ujian tarik keluar gentian tunggal.

(70 marks/markah)

5. [a] Define composite materials.

Takrifkan bahan komposit.

(10 marks/markah)

- [b] Glass fibers are usually treated with a size at an early stage in manufacture. Why?

Gentian kaca kebiasaannya diselaputi dengan bahan perekat pada peringkat awal pemprosesan. Kenapa?

(30 marks/markah)

- [c] Define non destructive testing.

Takrifkan pengujian tak musnah.

(10 marks/markah)

- [d] Briefly discuss 5 purposes of non destructive testing.

Secara ringkas bincangkan 5 tujuan pengujian tak musnah.

(50 marks/markah)

6. [a] Briefly explain the fiber – matrix bonding mechanisms in composite materials.

Secara ringkas terangkan mekanisme pelekatan fiber – matrik bagi bahan komposit.

(50 marks/markah)

- [b] Describe how to produce and process sheet molding compound (SMC) and bulk molding compound (BMC) to manufacture products from composite materials.

Terangkan bagaimana sheet molding compound (SMC) dan bulk molding compound (BMC) dihasilkan dan diproses untuk menghasilkan produk daripada bahan komposit.

(50 marks/markah)

7. Consider a uniaxially aligned short fiber composites of an epoxy resin and glass fibers produced using a hand lay-up technique.

Pertimbangkan satu komposit gentian pendek terarah uni-paksi berasaskan resin epoksi dan gentian kaca yang dihasilkan menerusi teknik "hand lay-up".

- [a] A specimen with dimensions of 25mm x 25mm x 3mm and a weight of 3.00 g was used to determine the fiber content. If the residual weight of fiber after the resin "burn-off" is 1.70g, determine the volume fractions of epoxy resin, glass fibers and voids in the specimen.

Satu spesimen dengan dimensi 25mm x 25mm x 3mm dan berat 3.00 g telah digunakan untuk menentukan kandungan gentian. Sekiranya baki berat gentian setelah dijalankan pembakaran resin ialah 1.70g, tentukan nilai pecahan isipadu resin epoksi, gentian kaca dan rongga dalam spesimen tersebut.

(15 marks/markah)

- [b] Using the information obtained in [a] and consider that a tensile force is applied to a composite specimen in a direction parallel to the fiber alignment, determine:
- (i) mean stress in the fiber once the composite failed.
 - (ii) critical fiber volume fraction, considering that the critical fiber volume of 3% for the continuous epoxy/glass fiber system.
 - (iii) reinforcement efficiency of the short glass fiber/epoxy composites.
 - (iv) fiber length requires if the tensile strength of the short fiber composites to achieve 95% of the tensile strength of the uniaxially aligned continuous fiber composites.

Specify clearly any assumption made.

Dengan menggunakan maklumat yang diperolehi dalam [a] dan mempertimbangkan satu daya tensil yang dikenakan ke atas spesimen komposit dalam arah selari dengan arah jajaran gentian, tentukan:

- (i) tegasan min gentian apabila komposit gagal.
- (ii) pecahan isipadu gentian kritikal, dengan mempertimbangkan pecahan isipadu gentian dalam sistem komposit selanjur epoksi/gentian kaca ialah 3%.
- (iii) keberkesanan penguatan bagi komposit epoksi/gentian kaca pendek.
- (iv) panjang gentian yang diperlukan untuk mencapai 95% daripada kekuatan tegangan bagi satu komposit selanjur yang terjajar secara uniaxial.

Nyata dengan jelas sebarang anggapan yang dibuat.

Given / Diberi:

Shear strength of epoxy resin / Kekuatan ricih resin epoksi	= 25 MPa
Fiber aspect ratio / Nisbah aspek gentian	= 60
Fiber diameter / Garispusat gentian	= 15 μm
Poisson's ratio of epoxy / Nisbah Poisson resin epoksi	= 0.38
Poisson's ratio of glass fiber / Nisbah Poisson gentian kaca	= 0.22
Tensile modulus ratio of constituent materials Nisbah modulus tensil bahan jujuk	= 20
Tensile modulus of epoxy resin / Modulus tensil resin epoksi	= 3.60 GPa
Tensile strain of glass fiber Terikan takat putus gentian kaca	= 4.8 %
Density ratio of constituent materials Nisbah ketumpatan bahan jujuk	= 1.95
Density of glass fiber / Ketumpatan gentian kaca	= 2540 kgm^{-3}

(85 marks/markah)