
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2010/2011

April/May 2011

EBP 317/3 - Advanced Polymer Composites *[Komposit Polimer Termaju]*

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. TWO questions in PART A and FIVE questions in PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. DUA soalan di BAHAGIAN A dan LIMA soalan di BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer **FIVE** questions. Answer **ALL** questions from PART A and **THREE** questions from PART B. 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 dan **TIGA** 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.]

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.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Briefly explain the concept of load transfer in a composite material.

Secara ringkas terangkan konsep pemindahan tegasan di dalam bahan komposit.

(15 marks/markah)

- [b] Why are composite materials being considered as substitutions for metals in many structural components such as in aerospace and automotive industries?

Kenapakah bahan komposit dipertimbangkan sebagai gantian kepada logam untuk komponen-komponen struktur bagi industri seperti angkasa lepas dan automotif?

(35 marks/markah)

- [c] Compare the strength and modulus-weight ratios of two cantilever beams (both at the same dimensions), one made of AISI 4340 steel and the other made of unidirectional high modulus carbon fiber-epoxy composites. Calculate the percentage of weight difference between the two beams.

Bandingkan nisbah kekuatan dan ketegaran bagi dua rasuk penyokong (kedua-duanya mempunyai ukuran yang sama) yang diperbuat daripada besi AISI 4340 dan uni-paksi komposit gentian karbon-epoksi dengan modulus yang tinggi. Kirakan peratusan perbezaan berat bagi kedua-dua rasuk ini.

Material	Specific gravity	Modulus(GPa)	Tensile strength (MPa)
AISI 4340 steel	7.87	207	1722
Carbon fiber-epoxy composite	1.63	215	1240

(50 marks/markah)

2. [a] Short carbon fiber reinforced polybutylene terephthalate (PBT) in the form of plate with dimensions of 120 mm x 120 mm x 3 mm was produced using injection molding technique. Dumbell shaped specimens were cut parallel to the mold filling direction (MFD). Tensile test was conducted until the composite specimen failed. Using the information given below determines:
- (i) tensile modulus of the composite
 - (ii) transition from matrix controlled fracture to fibre controlled fracture occurrence
 - (iii) full fibre controlled fracture takes place
 - (iv) tensile strength of the composite

Please state clearly any assumption made.

Satu plat komposit polibutilena tereftalat (PBT) yang diperkuatkan gentian karbon pendek berukuran 120 mm x 120 mm x 3 mm telah dihasilkan menggunakan teknik pengacuanan suntikan. Sampel berbentuk dumbel telah dipotong dalam arah selari dengan arah pengisian acuan. Ujian tensil telah dijalankan sehingga spesimen komposit gagal. Berdasarkan maklumat yang diberi tentukan nilai:

- (i) modulus tegangan komposit*
- (ii) berlakunya peralihan daripada kegagalan terkawal matrik kepada kegagalan terkawal gentian*
- (iii) berlakunya kegagalan terkawal gentian sepenuhnya*
- (iv) kekuatan tegangan komposit*

Sila nyatakan dengan jelas sebarang anggapan yang dibuat.

(75 marks/markah)

- [b] What would you expect to happen to the stiffness and strength properties of the PBT composites if the specimens were cut perpendicular to the mold filling direction (MFD)?

Apakah yang anda jangkakan akan terjadi kepada sifat kekakuan dan kekuatan komposit PBT tersebut sekiranya sampel dumbel dipotong dalam arah bertegak lurus dengan arah pengisian acuan?

Given:

Diberi:

Ratio of density of constituent materials = 1.67

Nisbah ketumpatan bahan jujuk

Weight fraction of PBT = 0.7

Pecahan berat PBT

Diameter of carbon fibres = 6 mikron

Garispusat gentian karbon

Aspect ratio of carbon fibres = 66.7

Nisbah aspek gentian karbon

Density of PBT = 1.14 g/cm³

Ketumpatan PBT

Ratio of tensile modulus of constituent materials = 85.2

Nisbah, modulus tegangan bahan jujuk

Poisson's ratio of PBT = 0.33

Nisbah Poisson PBT

Poisson's ratio of carbon fibres = 0.25

Nisbah Poisson gentian karbon

...5/-

Shear modulus of PBT <i>Modulus ricih PBT</i>	= 1.02 GPa
Interfacial shear strength <i>Kekuatan ricih pada antaramuka</i>	= 32 MPa
Fibre orientation correction factor <i>Faktor keberkesanan orientasi gentian</i>	= 0.38
Fibre length correction factor <i>Faktor keberkesanan panjang gentian</i>	= 0.87
Ratio of tensile strength of constituent materials <i>Nisbah kekuatan tegangan bahan jujuk</i>	= 45.7
Tensile strength of carbon fibres <i>Kekuatan tegangan gentian karbon</i>	= 3.2 GPa
Critical volume fraction of fibres in continuous fibre composites <i>Pecahan isipadu kritik gentian dalam komposit yang sama tetapi selanjar</i>	= 0.03

(25 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

3. [a] Prove that the maximum fiber volume fractions for hexagonal and square packing arrangements are 0.907 and 0.785, respectively.

Buktikan bahawa pecahan isipadu gentian maksimum bagi penyusunan heksagon dan segiempat sama adalah masing-masing 0.907 dan 0.785.

(60 marks/markah)

- [b] The matrix must 'wet' the fiber. Well 'wetted' fibers will increase the interface surface area leading to effective stress transfer from the matrix to the fibers. Glass and graphite fibers having surface energies of 560 and 70 mJ m⁻², respectively are readily wetted by polyester. The surface energy for polyester is 35 mJ m⁻². Can polyethylene fibers (surface energy = 31 mJ m⁻²) be wetted by polyester? Give some explanations to support your answer.

Matrik mesti membasahi gentian. Gentian yang mengalami pembasahan sempurna akan meningkatkan luas permukaan antarafasa bagi pemindahan tegasan dari matrik ke gentian yang lebih efektif. Gentian kaca dan grafit dengan masing-masing mempunyai tenaga permukaan 560 dan 70 mJ m⁻² sedia dibasahi oleh poliester. Tenaga permukaan bagi poliester ialah 35 mJ m⁻². Bolehkah gentian polietilena (tenaga permukaan = 31 mJ m⁻²) dibasahi oleh poliester? Berikan penjelasan bagi menyokong jawapan anda.

(40 marks/markah)

4. [a] A single fiber fragmentation test was conducted on a single fiber composite. Referring to the following data, calculate the interfacial shear strength of the composite.

Average fiber fragment length	= 18.07 mm
Fiber diameter	= 13 μm
Fiber strength (at critical fiber length)	= 1000 MPa

Ujian pemecahan gentian tunggal telah dijalankan terhadap suatu komposit gentian tunggal. Merujuk kepada data-data berikut, kirakan kekuatan ricih antara muka bagi komposit tersebut.

<i>Purata panjang pecahan gentian</i>	<i>= 18.07 mm</i>
<i>Diameter gentian</i>	<i>= 13 μm</i>
<i>Kekuatan gentian (pada panjang gentian genting)</i>	<i>= 1000 MPa</i>

(10 marks/markah)

- [b] Sketch a diagram for pultrusion process and briefly explain the process involved.

Lakarkan gambarajah bagi proses pultrusi dan terangkan dengan ringkas proses yang terlibat.

(50 marks/markah)

- [c] An ultrasonic inspection was carried out on a test specimen as in Figure 1. Sketch A-scan and B-scan data presentations obtained from the inspection. State 3 information about the defects that can be determined from B-scan data presentation.

Pemeriksaan ultrasonik telah dijalankan ke atas spesimen ujikaji seperti di Rajah 1. Lakarkan persembahan data bagi imbasan-A dan imbasan-B yang diperolehi dari pemeriksaan tersebut. Nyatakan 3 maklumat berkaitan kecacatan yang boleh ditentukan dari persembahan data imbasan-B.

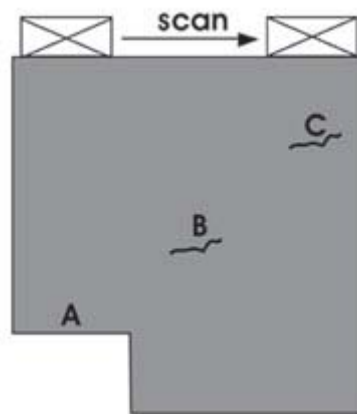


Figure 1

Rajah 1

(30 marks/markah)

- [d] Define nondestructive testing (NDT).

Takrifkan ujian takmusnah.

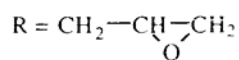
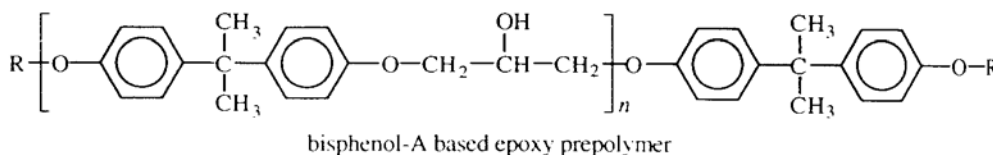
(10 marks/markah)

5. [a] Epoxy pre-polymers can be cross-linked with amine hardeners. Sketch the 3-D network formed when bisphenol-A based epoxy pre-polymers are reacted with the following amine hardeners. Which amine hardener would result in better thermal and mechanical properties of the epoxy?

Prapolimer epoksi boleh dirangkaisilangkan menggunakan agen rangkai silang amina. Lakarkan struktur rangkai silang 3-D yang terbentuk apabila prapolimer epoksi berasaskan bisfenol A bertindakbalas dengan agen rangkai silang amina yang berikut. Agen rangkai silang amina yang manakah yang akan menghasilkan epoksi dengan sifat-sifat terma dan mekanikal yang lebih baik?

Bisphenol-A based epoxy pre-polymer

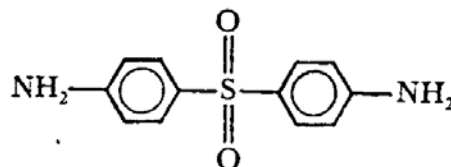
Prapolimer epoksi berasaskan bisfenol A



Amine hardeners

Agen rangkai silang amina

Diaminophenyl
sulphone (DDPS)



Diethylenetriamine
(DET)



(70 marks/markah)

...10/-

- [b] SEM micrographs of fracture surfaces of glass fiber reinforced polypropylene composites with and without a coupling agent are shown in Figure 2. These micrographs were obtained at low and high magnifications.

Micrograf SEM permukaan patah bagi komposit polipropilena diperkuat gentian kaca dengan kehadiran dan tanpa kehadiran agen pengkupel ditunjukkan dalam Rajah 2. Mikrograf ini diperolehi pada pembesaran yang rendah dan tinggi.

- (i) State the differences between the composites in terms of fracture surface morphologies.

Nyatakan perbezaan-perbezaan antara morfologi permukaan patah bagi komposit tersebut.

(25 marks/markah)

- (ii) Suggest a coupling agent that can be used to improve the fiber-matrix adhesion in glass fiber reinforced polypropylene composite.

Cadangkan satu agen pengkupelan yang boleh digunakan untuk mempertingkatkan lekatan di antara gentian dan matrik untuk komposit polipropilena diperkuat gentian kaca.

(5 marks/markah)

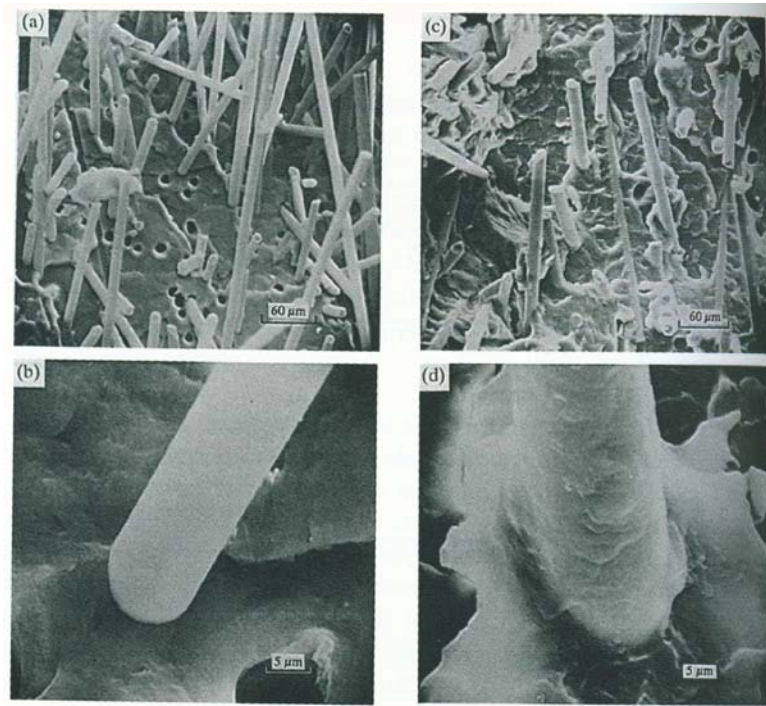


Figure 2: SEM micrographs of fracture surfaces of polypropylene-glass fibers composites. (a) and (b) without a coupling agent. (c) and (d) with a coupling agent.
Rajah 2: Mikrograf SEM permukaan patah bagi komposit polipropilena diperkuat gentian kaca. (a) dan (b) tanpa kehadiran agen pengkupelan. (c) dan (d) dengan kehadiran agen pengkupelan.

6. Write short notes on the following topics:

Tuliskan nota-nota ringkas bagi tajuk-tajuk yang berikut:

(i) Hand lay-up method.

Kaedah 'hand lay-up'.

(30 marks/markah)

(ii) Single fiber pull-out test.

Ujian tarik keluar gentian tunggal.

(40 marks/markah)

...12/-

- (iii) Pulse-echo method in ultrasonic inspection.

Kaedah 'pulse-echo' bagi pemeriksaan ultrasonic.

(30 marks/markah)

7. Short fiber reinforced thermoplastic is considered as one of the most complex composite system. Write a critical essay of the composites by taking into consideration of the following aspects:
- (i) microstructure, processing and property relationships.
 - (ii) theoretical analysis of short fiber composites.
 - (iii) Strategies to improve the mechanical properties of the composites so as to compete with continuous fiber composites.

Komposit termoplastik diperkuatkan gentian pendek merupakan antara sistem komposit yang paling kompleks. Tuliskan satu karangan kritik berhubung dengan komposit tersebut dengan mengambilkira aspek:

- (i) *hubungan mikrostruktur, pemprosesan dan sifat.*
- (ii) *analisa teori yang berkaitan dengan komposit diperkuatkan gentian pendek.*
- (iii) *strategi untuk meningkatkan sifat mekanik komposit tersebut supaya ia dapat bersaing sifat komposit gentian selanjar.*

(100 marks/markah)