
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2012/2013 Academic Session

January 2013

ESA 323/3 – Aerocomposite Engineering
[Kejuruteraan Aerokomposit]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this paper contains **THIRDTTEEN (13)** printed pages, **THREE (3)** pages appendix and **FIVE (5)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TIGABELAS (13)** mukasurat bercetak, **TIGA (3)** mukasurat lampiran dan **LIMA(5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Instruction : Answer **ALL** questions.

Arahan : Jawab **SEMUA** soalan.

1. **Appendix A/Lampiran A** **[1 page/mukasurat]**
2. **Appendix B/Lampiran B** **[2 page/mukasurat]**

Student may answer the questions either in English or Bahasa Malaysia.

Pelajar boleh menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia.

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

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.

Answer **ALL** questions.

Jawab **SEMUA** soalan

1. [a] A composite material is a mixture of two or more distinct constituents or phases. However this definition is not sufficient and other criteria must be satisfied before a material can be said to be composite. In your own words give the full definition of composites.

Bahan komposit merupakan campuran dua atau lebih jujuk atau fasa yang berbeza. Walaubagaimanapun, definisi ini tidak mencukupi dan kriteria yang lain mesti dipenuhi sebelum sesebuah bahan dikatakan komposit. Dengan menggunakan perkataan anda sendiri, berikan definisi penuh untuk komposit.

(50 marks/markah)

- [b] An aerospace company has shortlisted two PMC matrixes to be used for the design and manufacturing of a particular composite part, namely:

Sebuah syarikat aeroangkasa telah menyenaraipendekkan dua PMC matrik yang akan digunakan untuk rekabentuk dan pembuatan bahagian tertentu komposit, iaitu :

As a material engineer for the company, you are asked to evaluate both materials in terms of mechanical properties, advantage and disadvantages.

Sebagai seorang jurutera bahan untuk syarikat tersebut, anda diminta untuk menilai kedua-dua bahan dari segi sifat-sifat mekanikal, kelebihan dan keburukan bahan tersebut.

- [i] Epoxy resin
Resin Epoksi

- [ii] PEEK
PEEK

(50 marks/markah)

2. [a] Unidirectional 0^0 Kevlar 49 composites exhibit a linear stress-strain curve in a longitudinal tension test; however, their longitudinal compressive stress-strain curve is similar to that of an elastic, perfectly plastic metal as shown in Figure Q2 [a]. Furthermore, the compressive proportional limit for a Kevlar 49 composite is lower than its tensile strength. Explain how these two behaviours may affect the stress distribution across the thickness of a unidirectional Kevlar 49 composite beam as the transversely applied load on the beam is increased. Estimate the transverse load at which the flexural load deflection diagram of a Kevlar 49 beam becomes nonlinear. Assume that the strain distribution through the thickness of the beam remains linear at all load levels.

Komposit Kevlar 49 eka-arah 0^0 menunjukkan lengkung tegasan-terikan yang linear dalam ujian ketegangan membujur; bagaimanapun, mampatan membujur lengkung tegasan-terikannya adalah sama dengan sebuah logam bersifat anjal dan plastik yang sempurna seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S2 [a]. Sebagai tambahan, had berkadar mampatan bagi komposit Kevlar 49 adalah lebih rendah daripada kekuatan tegangan. Terangkan bagaimana kedua-dua tingkah laku ini boleh menjejaskan taburan tekanan merentasi ketebalan rasuk Kevlar 49 komposit eka-arah apabila beban kenaan melintang pada rasuk bertambah. Anggarkan beban melintang dimana gambarajah pesongan beban lenturan rasuk Kevlar 49 menjadi tidak linear. Anggapkan bahawa taburan terikan melalui ketebalan rasuk adalah kekal linear pada semua peringkat beban.

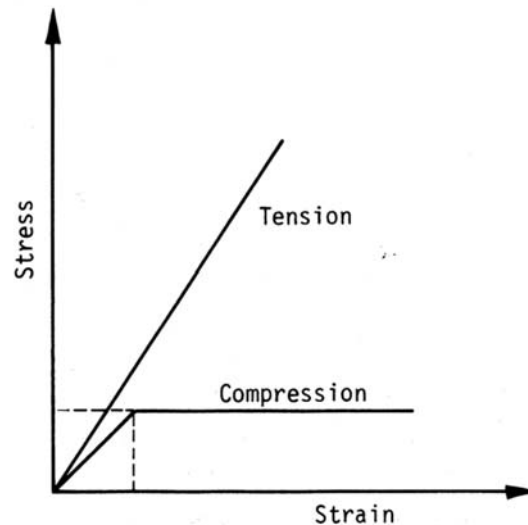


Figure 2[a]/Rajah 2[a]

(50 marks/markah)

- [b] Assume that the area under the stress-strain diagram of a material is a measure of its toughness. Using the stress-strain diagram shown in Figure 2 [b], compare the toughnesses of three matrix resins considered. Explain how the toughness values contribute to the performance of the materials.

Anggapkan bahawa luas di bawah rajah tegasan-terikan bahan adalah ukuran untuk ketahanan. Dengan menggunakan gambarajah tegasan-terikan yang ditunjukkan dalam Rajah 2[b], bandingkan ketahanan tiga resin matrik yang dipertimbangkan. Terangkan bagaimana nilai ketahanan menyumbang kepada prestasi bahan-bahan tersebut.

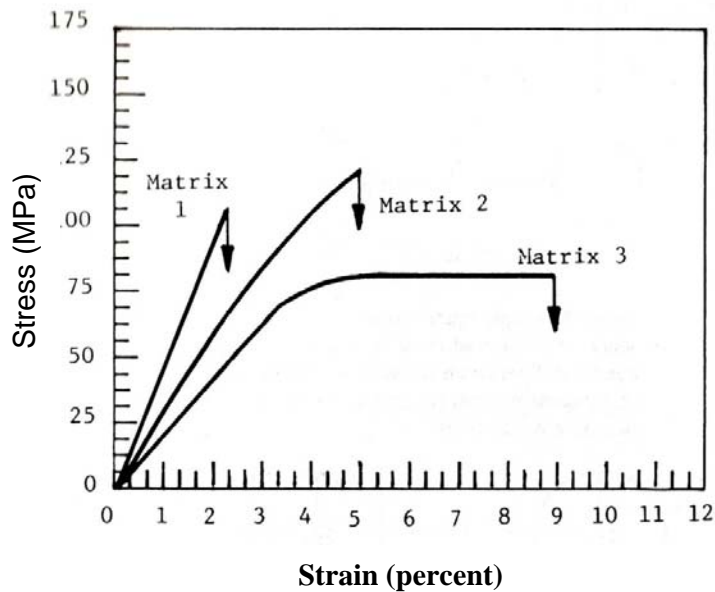


Figure 2[b]/Rajah 2[b]

(50 marks/markah)

3. [a] A typical sandwich structure consists of a core bonded in between two faceplates using adhesive. A wide range of sandwich structures can be constructed by combining various faceplates and core materials. However, the selection of materials should comply with the principles and design criteria in order to achieve a good quality of the structure. Therefore, writes a summary based on your understanding of the selection criteria of the material for faceplate, core and adhesive with regards to their mechanical requirement, principles and design aspects.

Struktur sandwic tipikal terdiri daripada satu teras yang terikat di antara dua plat muka menggunakan pelekat. Pelbagai struktur sandwic boleh dibina dengan menggabungkan pelbagai plat muka dan bahan-bahan teras. Walau bagaimanapun, pemilihan bahan harus mematuhi prinsip dan kriteria reka bentuk untuk mencapai kualiti yang baik pada struktur. Oleh itu, tuliskan satu ringkasan berdasarkan pemahaman anda tentang kriteria pemilihan bahan untuk plat muka, teras, dan pelekat dengan mengambil kira keperluan mekanikal, prinsip-prinsip dan aspek-aspek rekabentuk.

(30 marks/markah)

- [b] In most cases, an effective sandwich panel is obtained when the weight of the core is almost equivalent to the combined weight of the faceplates. Using the given Tables 1-2, design a sandwich panel by choosing the suitable type of materials as well as the thicknesses for the skin and core.

Dalam kebanyakan kes, panel sandwic yang efektif boleh dihasilkan apabila berat teras adalah hampir bersamaan dengan berat gabungan plat muka. Dengan menggunakan Jadual 1-2 yang diberikan, rekabentuk sebuah panel sandwic yang cekap dengan memilih jenis bahan yang sesuai dan juga ketebalan pada kulit dan teras.

In addition, determine the flexural rigidity of the sandwich panel using the following equation:

Selain itu, tentukan ketegaran lenturan panel sandwic menggunakan persamaan berikut:

$$D = \int E z^2 dz = \frac{E_f t_f^3}{6} + \frac{E_f t_f d^2}{2} + \frac{E_c t_c^3}{12} = 2D_f + D_0 + D_c$$

Where

Di mana

E_f = Young's modulus of the facing
Modulus Young muka

E_c = Young's modulus of the core
Modulus Young teras

t_f = thickness of the facing
ketebalan muka

t_c = thickness of the core
ketebalan teras

d = the distance between the centroids of the facing ($d = t_f + t_c$)
jarak antara sentroid muka ($d = t_f + t_c$)

Prove that the flexural rigidity (bending stiffness) of a sandwich structure greatly exceeds that of a solid structure having the same total weight and made of the same material as the faceplates.

Buktikan bahawa ketegaran (kekakuan) lenturan pada struktur sandwich melebihi nilai bagi struktur solid yang mempunyai jumlah berat yang sama dan diperbuat daripada bahan yang sama dengan plat muka.

(70 marks/markah)

4. [a] In producing typical aircraft composite parts, the most established manufacturing process involves autoclave moulding process. It has been discussed that bagging moulding and curing processes play key roles in determine the quality of the cured parts. The curing process involves the introduction of heat, vacuum and pressure into the system to enable high compaction on the laminates for low void /porosity content. Based on Figure 4[a], the composite prepregs will be cured using an autoclave technique with a two-stage cure cycle. Analyze the effect of the temperature, pressure and vacuum distribution profiles on the viscosity state of the resin, and hence the quality of the cured laminates.

Dalam menghasilkan bahagian tertentu pesawat komposit, proses pembuatan paling mantap adalah melibatkan proses pengacuan autoklaf. Telah dibincangkan bahawa proses penyarungan pengacuan dan proses pematangan memainkan peranan penting dalam menentukan kualiti bahagian-bahagian yang dihasilkan. Proses pematangan melibatkan pengenalan haba, vakum dan tekanan ke dalam sistem untuk membolehkan pepadatan yang tinggi pada laminat untuk kandungan keliangan yang rendah. Berdasarkan Rajah 4[a], prepregs komposit akan dimatangi menggunakan teknik autoklaf dengan kitaran dua peringkat pematangan. Bincangkan analisa terhadap kesan suhu, tekanan dan profile agihan vakum pada fasa kelikatan resin, dan seterusnya kualiti laminat yang matang.

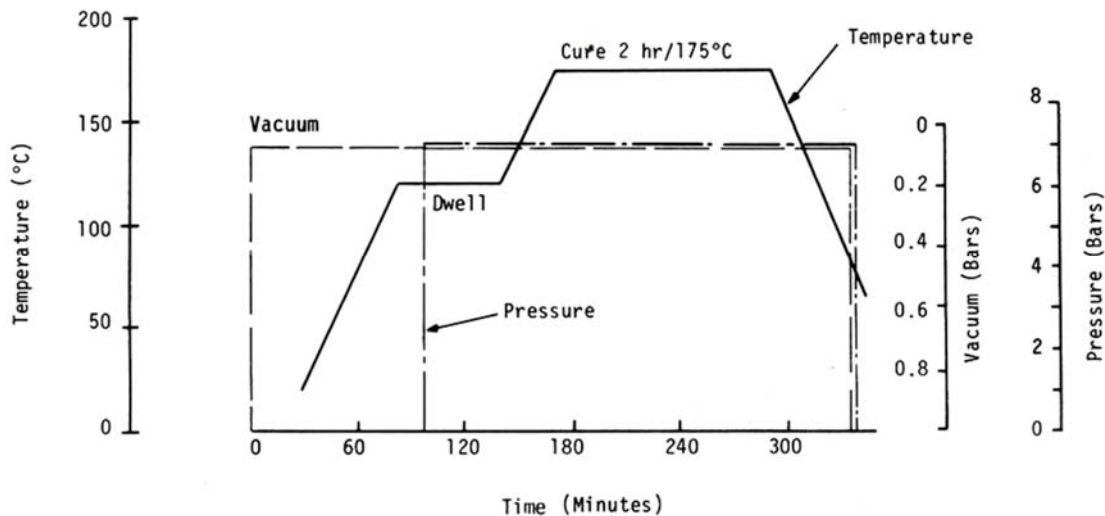


Figure 4[a]/Rajah 4[a]

(40 marks/markah)

- [b] Composite part manufacturing processes involve a critical phase as the curing of composite is completed. This occurs when the cross-linking phase of polymers takes place; the full load carrying capability of the component is established during this phase. However the mechanical property could be reduced due to defects introduced during the material and component manufacturing processes, where the size and frequency of occurrences of each type of defects depends upon the particular process cycle.

Discuss comprehensively three (3) major defects introduced during the manufacturing cycle. Also, discuss three (3) key practices utilised during the manufacturing prior to curing process in order to reduce the defects.

Proses pembuatan bahagian komposit melibatkan fasa kritikal setelah pematangan komposit selesai. Apabila fasa rentas-hubung bagi polimer berlaku, keupayaan komponen untuk membawa beban penuh terhasil semasa fasa ini. Walau bagaimanapun, sifat mekanikal boleh dikurangkan disebabkan kecacatan yang wujud semasa bahan dan proses pembuatan komponen, di mana saiz dan kekerapan kejadian setiap jenis kecacatan bergantung kepada kitaran proses tertentu.

Bincangkan secara komprehensif tiga (3) kecacatan utama yang wujud semasa kitaran pembuatan. Bincangkan juga tiga (3) amalan utama yang digunakan semasa pembuatan sebelum proses pematangan untuk mengurangkan kecacatan.

(60 marks/markah)

5. [a] The following tensile stress-strain values were obtained in uniaxial tensile testing of a $[\pm 45]_s$ laminate:

Nilai tegangan tegasan-terikan berikut diperoleh dalam ujian tegangan eka-paksi $[\pm 45]_s$ lamina:

σ_{xx} (MPa)	ϵ_{xx} (mm/mm)	ϵ_{yy} (mm/mm)
27.5	0.001	-0.00083
54.4	0.002	-0.00170
82.7	0.003	-0.00250
96.5	0.004	-0.00340
115.7	0.005	-0.00700
132.5	0.006	-0.00811
161.0	0.007	-0.00905
214.0	0.014	-0.01242

Plot the data, and determine the E_{xx} of the laminate. Also, reduce the data to plot τ_{12} versus γ_{12} for the material and determine G_{12} .

Plotkan data dan tentukan E_{xx} pada lamina. Juga, kurangkan data untuk memplot τ_{12} melawan γ_{12} untuk bahan tersebut dan tentukan G_{12} .

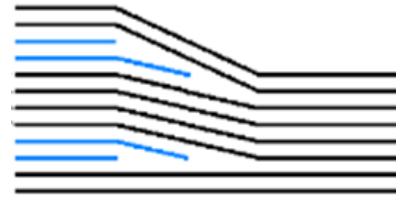
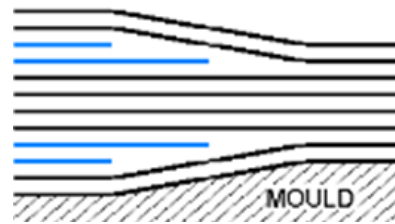
(40 marks/markah)

- [b] The followings highlight several design cases of composite structures, which may indicate good or poor designs. Critically, evaluate those designs and justify your assessment accordingly.

Berikut adalah merupakan kes-kes reka bentuk beberapa struktur komposit, yang mungkin menunjukkan reka bentuk yang baik atau buruk. Nilaikan rekabentuk-rekabentuk tersebut dan bincangkan penilaian anda dengan sewajarnya.

- [i] $[45/90/135/0_3/135/90/45]$
 $[45/135/90/45/0/45_2/0/135/90/135/45]$
- [ii] $[45/135/0/135/45/90]_s$
 $[0/45/135/90/135/45]_s$
- [iii] $[45/135/90/135/45/0/45/135/90/45/135/0/135/45/90]_s$
 $[45/135/90_3/135/45/0/45/135_2/45/0/135/45]_s$
- [iv] $[45/0/135/90/45/0/135]_s$
 $[45/0/90/135/45/0/135]_s$

[v]



[vi]

1	2	3	4	5	6
45°	45°	45°	45°	45°	45°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
0°	0°				
0°	0°	0°	0°	0°	0°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
45°	45°	45°	45°	45°	45°
0°	0°	0°	0°	0°	
0°	0°	0°	0°	0°	0°
0°	0°	0°			
45°	45°	45°	45°	45°	45°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
---- Middle plane ----					

1	2	3	4	5	6
45°	45°	45°	45°	45°	45°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
0°	0°	0°	0°	0°	0°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
45°	45°	45°	45°	45°	45°
0°	0°	0°	0°	0°	0°
0°	0°				
0°	0°	0°	0°	0°	
0°	0°	0°			
45°	45°	45°	45°	45°	45°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
---- Middle plane ----					

(60 marks/markah)

ooo000ooo