
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2010/2011

November 2010

EBP 400/3 – Product Design & Failure Analysis ***[Rekabentuk Produk & Analisis Kegagalan]***

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LIMA 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 shall be used.

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

PART A / BAHAGIAN A:-

1. [a] Consider the following scenario of plastic product failure:

A set of plastic grips from an electric consumer product failed while in service. The grips had been injection molded from a general-purpose grade of an acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) resin. The parts had cracked while in use after apparent embrittlement of the material.

Summary of several analyses in the attempt to pin point the cause of failure is given below:

Visual examination

- severe level of cracking, covering the majority of the grip surface.
- the parts revealed that the grip material exhibited very little integrity (i.e. very serious brittleness) which is unusual for ABS.
- A white discoloration was also observed on the otherwise red grips.

Scanning Electron Microscope (SEM) observation

- The surface of the grips revealing isolated areas that showed significant degradation in the form of material loss as shown in the following micrograph (Figure 1).
- The observed morphology suggested selective degradation of the polybutadiene domains within the ABS resin

Pertimbangkan senario kegagalan produk plastik yang berikut:

Satu set pemegang plastik daripada produk elektrik pengguna gagal semasa servis. Pemegang-pemegang tersebut telah disediakan secara pengacuanan suntikan menggunakan resin Akrilonitril-Butadiena-Stirena (ABS) gred kegunaan umum. Bahagian-bahagian tersebut telah mengalami keretakan semasa penggunaan akibat kesan kerapuhan yang ketara.

Ringkasan beberapa analisis dalam usaha mencari punca kegagalan berkenaan adalah seperti berikut:

Pemeriksaan visual

- *keretakan yang teruk, meliputi keseluruhan permukaan pemegang.*
- *bahagian-bahagian tersebut menunjukkan bahan pemegang mempamerkan kekukuhan yang rendah (iaitu kerapuhan yang serius) yang selalunya agak ganjil bagi ABS.*
- *perubahan warna kepada putih diperhatikan pada pemegang yang sepatutnya berwarna merah.*

Pemerhatian Mikroskop Imbasan Elektron (SEM)

- *Permukaan pemegang menunjukkan kawasan tertentu yang mempamerkan perosotan yang jelas dalam bentuk pelepasan bahan seperti mikrograf berikut (Rajah 1).*
- *Morfologi yang diperolehi mencadangkan perosotan terpilih bahagian polibutadiena dalam resin ABS.*

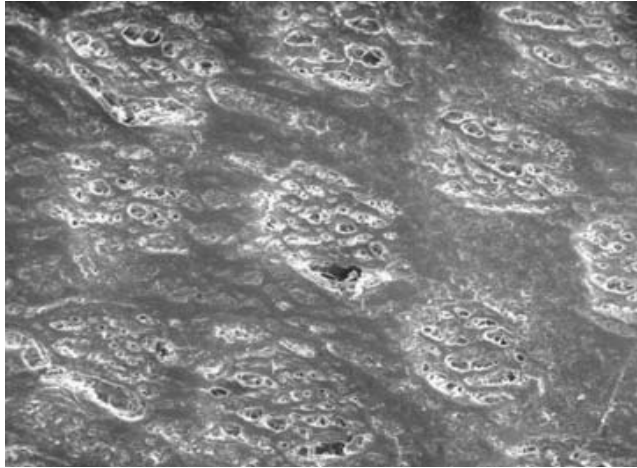


Figure 1: SEM image showing isolated degradation of the grip material - 30X

Rajah 1: Imej SEM yang menunjukkan perosotan tertentu dalam bahan pemegang

Fourier Transform Infra-Red (FTIR) spectroscopy

Spektroskopi Infra Merah Terjelma Fourier (FTIR)

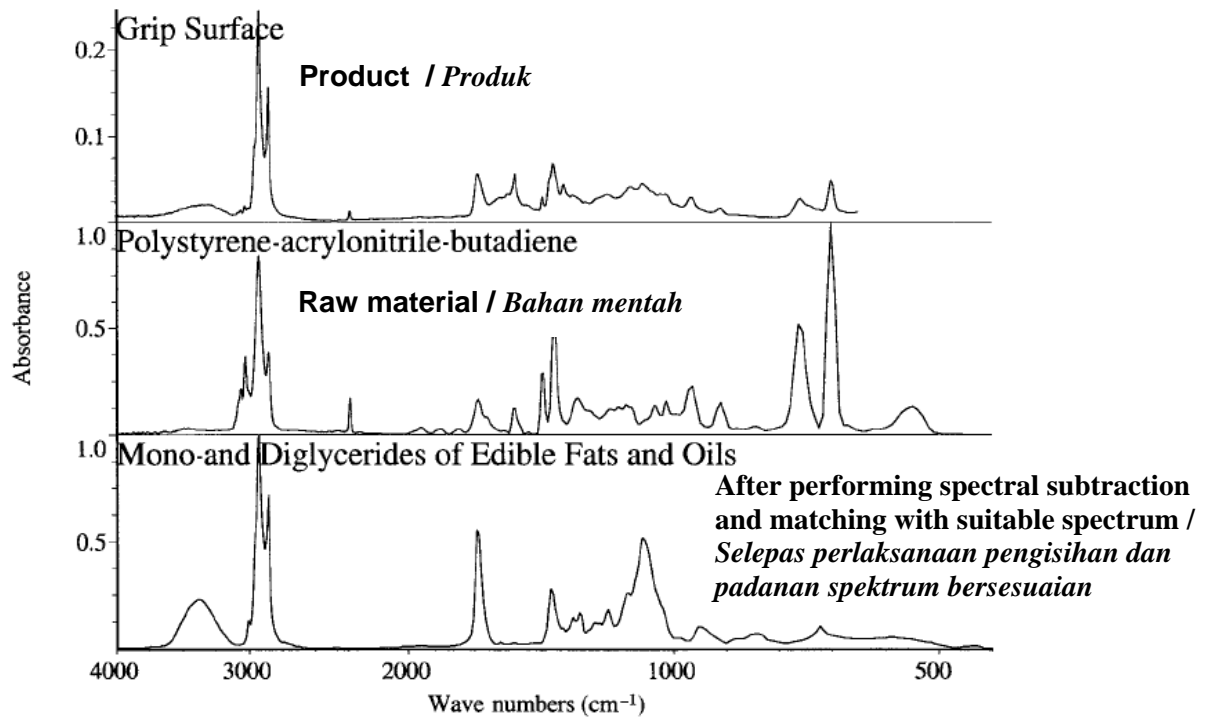


Figure 2: The FTIR spectrum obtained on (a) the grip surface, (b) ABS raw material and (c) Matched subtracted spectrum from the reference library

Rajah 2: Spektrum FTIR yang diperolehi pada (a) permukaan pemegang, (b) Bahan mentah ABS dan (c) Spektrum terisih berpadanan daripada pustaka data rujukan

Based on the above results:

- (i) Write a failure analysis report for the encountered defect.
- (ii) Include in the report, your suggestion regarding the cause of the defect.

Berdasarkan keputusan ujian di atas:

- (i) *Tulis satu laporan analisa kegagalan bagi kecacatan yang dialami.*
- (ii) *Sertakan dalam laporan tersebut, cadangan anda tentang punca kecacatan.*

(60 marks/markah)

- [b] Computer-aided failure modeling is a preferred technique in detecting plastic product failure before it occurs. State the advantages and disadvantages of this technique.

Teknik pemodelan kegagalan berbantuan perisian merupakan teknik agak digemari bagi mengesan kegagalan suatu produk plastik sebelum kegagalan tersebut berlaku. Nyatakan kelebihan dan kelemahan teknik ini.

(40 marks/markah)

2. You are working for a design company that has been commissioned to design a plastic litter of about 30 litres capacity. The intention is to use the bin suspended on walls or posts in public places throughout the UK. Your task is to provide a recommendation for suitable plastics material.

Anda sedang bekerja di sebuah syarikat rekabentuk yang mana telah dipertanggungjawabkan untuk merekabentuk tong sampah plastik yang berkapasiti lebih kurang 30 liter. Tong sampah tersebut akan diletakkan di tempat awam serata UK dan digantung di dinding bangunan ataupun pada tiang. Anda ditugaskan untuk menyediakan cadangan tentang bahan plastik yang sesuai.

- [a] Write a product requirement specification.

Tuliskan keperluan spesifikasi produk.

(40 marks/markah)

- [b] Using your product requirement specification, draw up a short list of THREE suitable materials and justify your selection of THREE. Propose a final choice from your selected THREE.

Dengan menggunakan keperluan spesifikasi produk, lakarkan senarai pendek TIGA bahan yang sesuai dan berikan justifikasi terhadap TIGA pilihan anda. Cadangkan pilihan yang terakhir daripada KETIGA-TIGA pilihan anda.

(60 marks/markah)

3. [a] In analyzing a failure, sample identification and preparation are very crucial in order to avoid removing evidence and/or introducing unwanted contaminants which would definitely jeopardise the analysis. Therefore, describe things that need to be considered in conducting the above mentioned activities during a failure analysis procedure.

Dalam menganalisa suatu kegagalan, pengenalpastian dan penyediaan sampel adalah penting bagi mengelakkan kejadian memusnahkan bukti dan/atau mencemarkan sampel yang boleh mengganggu keputusan analisa.

Oleh yang demikian, huraikan perkara-perkara yang perlu dipertimbangkan dalam menjalankan aktiviti tersebut semasa prosedur analisa kegagalan.

(50 marks/markah)

- [b] Explain why knowledge of the standard test methods for calculating the properties of plastics is important when selecting materials for a particular design application.

Jelaskan kenapa pengetahuan berkenaan dengan metodologi piawaian ujikaji untuk pengiraan perincian plastik itu penting apabila memilih bahan untuk sesuatu aplikasi rekabentuk.

(50 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B:-

4. [a] One example of a classical approach in predicting the lifetime of a plastics product is the use of Smith's plot. Sketch this plot and elaborate on how it can be used to estimating failures of plastic products.

Satu contoh pendekatan klasik dalam jangkaan hayat suatu produk plastik ialah penggunaan plot Smith. Lakarkan plot ini dan huraikan bagaimana ianya boleh digunakan dalam menganggarkan kegagalan produk plastik.

(50 marks/markah)

- [b] Summarize the various stages of the design process from concept to production for an injection moulded product.

Ringkaskan pelbagai peringkat proses merekabentuk bermula dari konsep kepada pengeluaran untuk menghasilkan produk acuan penyuntikan.

(50 marks/markah)

5. [a] An open box of dimensions given below is to be produced using injection moulding. Each side wall has two internal ribs and each end wall has one internal rib and the ribs being triangular in shape.

Base dimensions	10 cm x 6 cm
External wall height	4 cm
Base and wall thickness	3 cm
Rib height	25 mm
Rib base length	4 mm
Rib thickness	2 mm

The material to be used is 40% talc filled polypropylene. Given the following information:

Cost of PP	RM 250 per bag of 25 kg
Cost of talc	RM 70 per bag of 25 kg
Density of PP	0.91 g/cm ³
Density of talc	2.70 g/cm ³

Calculate the material cost of the product.

Sebuah kotak terbuka yang ukurannya diberikan seperti di bawah akan diproses menggunakan acuan penyuntikan. Setiap dinding tepi mempunyai dua “rib” dalaman dan setiap tepi dinding mempunyai satu “rib” dalaman, “rib” tersebut berbentuk segitiga.

<i>Ukuran dasar</i>	<i>10 cm x 6 cm</i>
<i>Ketinggian dinding luar</i>	<i>4 cm</i>
<i>Ketebalan dasar dan dinding</i>	<i>3 cm</i>
<i>Ketinggian</i>	<i>25 mm</i>
<i>Panjang dasar</i>	<i>4 mm</i>
<i>Ketebalan</i>	<i>2 mm</i>

Bahan yang akan digunakan ialah 40% polipropilena terisi talkum. Diberikan maklumat seperti berikut:

<i>Kos polipropilena</i>	<i>RM 250 per beg (Satu beg mempunyai 25 kg)</i>
<i>Kos talkum</i>	<i>RM 70 per beg (Satu beg mempunyai 25 kg)</i>
<i>Ketumpatan polipropilena</i>	<i>0.91 g/cm³</i>
<i>Ketumpatan talkum</i>	<i>2.70 g/cm³</i>

Kirakan kos bahan produk tersebut.

(60 marks/markah)

- [b] State types of microscopes usually used in microstructure analysis of polymer failure and explain why a few types of microscope are needed in these analysis with the help of appropriate examples.

Berikan jenis-jenis mikroskop yang sering digunakan dalam analisis mikrostruktur kegagalan polimer dan jelaskan mengapa perlu wujud beberapa jenis mikroskop dalam analisis tersebut dengan bantuan contoh-contoh yang sesuai.

(40 marks/markah)

6. [a] Displayed below are two results from a Thermogravimetric Analysis (TGA). The TGA plots are obtained from tests that are conducted in two different heating modes.

Give details regarding these heating modes and make some comments on the obtained TGA curves in terms of their importance in assisting failure analysis for a plastic product.

Ditunjukkan di bawah ialah 2 keputusan ujian Analisa Termogravimetrik (TGA). Plot-plot TGA tersebut diperolehi daripada ujian-ujian yang dilaksanakan melalui dua mod pemanasan yang berbeza.

Berikan perincian berkenaan dengan mod-mod pemanasan ini dan buat beberapa komen ke atas lengkungan TGA yang diperolehi dari segi kepentingannya dalam membantu analisa kegagalan suatu produk plastik.

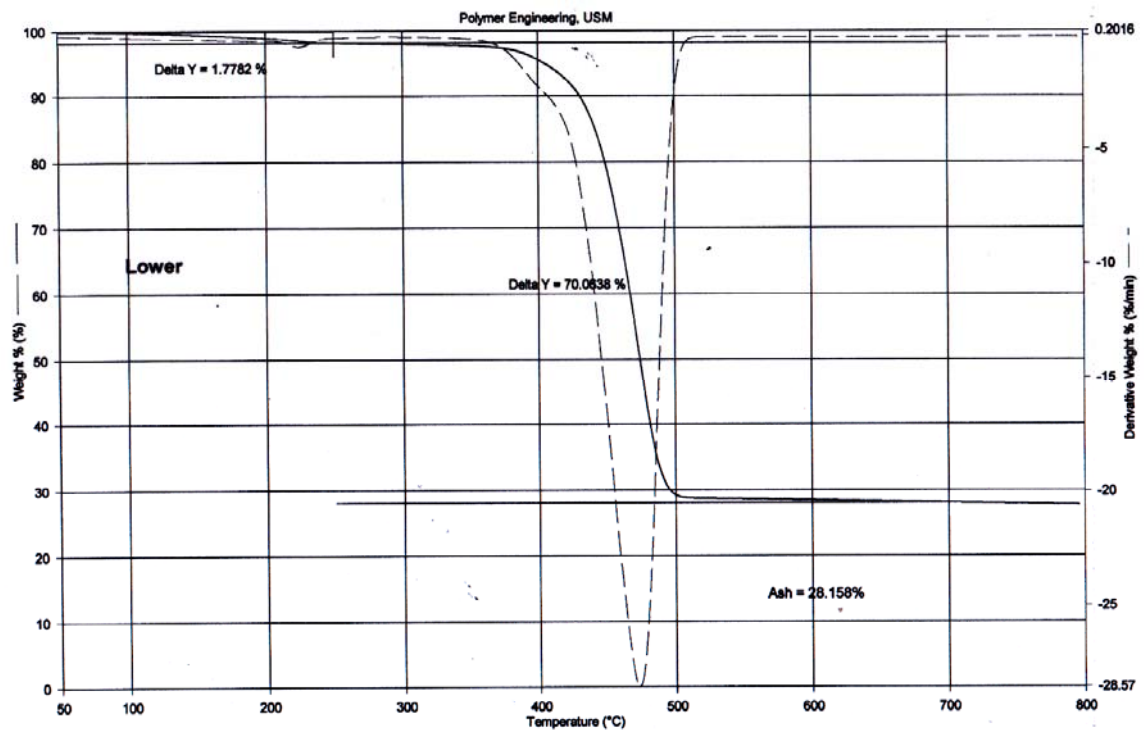


Figure 3: TGA and DTG curves for Nylon 6 product

Rajah 3: Lengkuhan-lengkuhan TGA dan DTG bagi produk Nilon 6

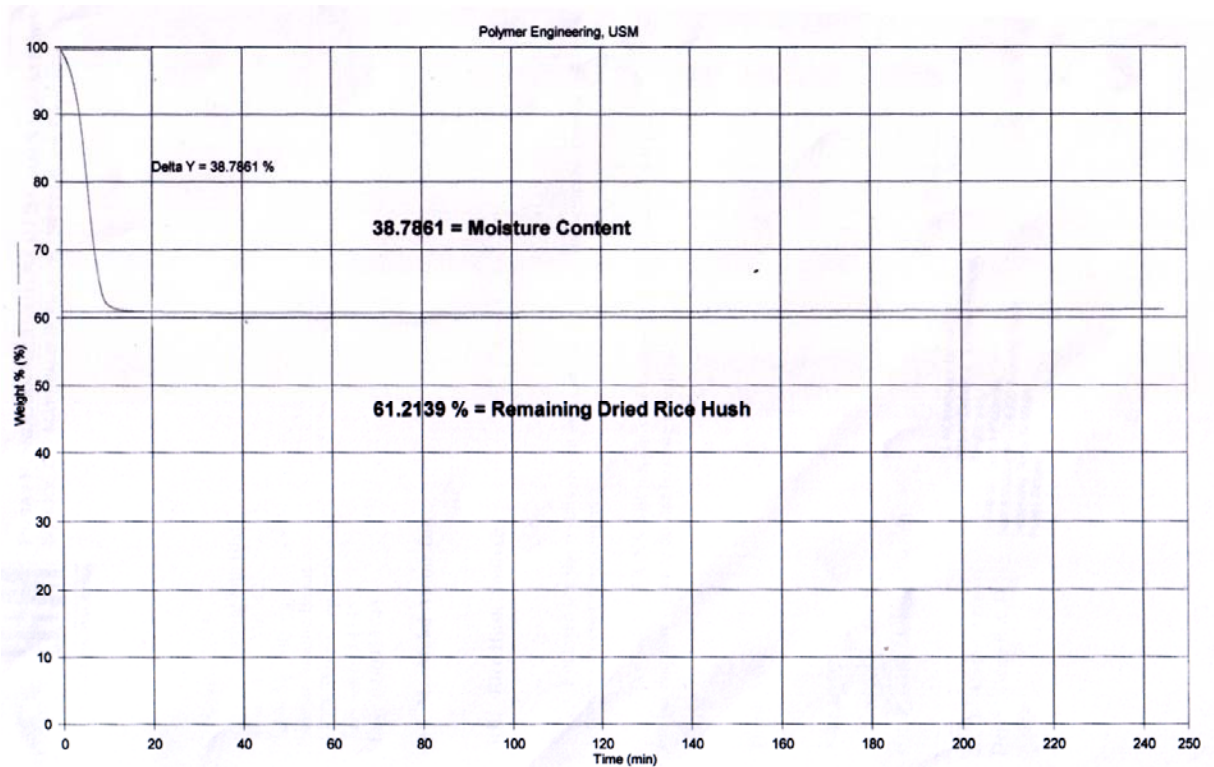


Figure 4: TGA curve for rice husk powder used as filler in plastics

Rajah 4: Lengkungan TGA bagi serbuk sekam padi yang digunakan sebagai pengisi dalam plastik

(60 marks/markah)

- [b] Give a critical comment and express your idea on the design of the selected part of the products below:

Berikan komen yang kritikal dan curahkan idea anda terhadap rekabentuk bahagian terpilih produk dibawah:

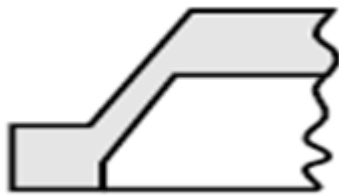


Figure 5 / Rajah 5 (a)

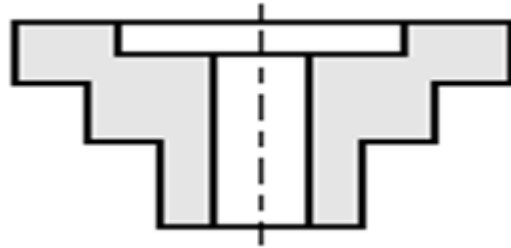


Figure 5 / Rajah 5 (b)

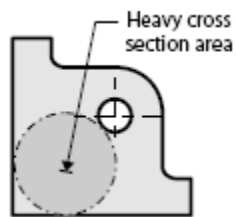


Figure 5 / Rajah 5 (c)

(40 marks/markah)

7. [a] Write a short report to convince your General Manager why you should change the material for the fuel tank from metal to polyethylene.

Tuliskan satu laporan ringkas untuk meyakinkan Pengurus Am anda kenapa patut tukar bahan untuk tangki minyak daripada besi kepada polietilena.

(50 marks/markah)

- [b] Discuss **two** experimental stress analysis techniques you have learned and explain information gathered from each technique.

*Bincangkan **dua** teknik analisa tegasan secara eksperimen yang anda pelajari dan jelaskan maklumat-maklumat yang diperoleh dari setiap teknik.*

(50 marks/markah)