
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2009/2010

April/Mei 2010

EBB 408/3 - Materials Selection and Design *[Pemilihan dan Rekabentuk Bahan]*

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 SIX questions.

[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.]

Instruction: Answer **FIVE** questions. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab **LIMA** soalan. 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.]

1. [a] A material is required to form the blades of a lawnmower. Cost is an important consideration. Due to safety reasons, the designer has fixed a minimum value of the fracture toughness of the blades, viz. $K_{IC} > 30 \text{ MPa.m}^{1/2}$. Another mechanical requirement is a high hardness, H , to reduce wear on the blades. In applications such as this, hardness is related to strength as follows,

$$H = 3 \sigma_f$$

where σ_f is the strength. Evaluate four materials that are suitable for this application.

Suatu bahan diperlukan untuk dijadikan bilah mesin pemotong rumput. Kos adalah suatu pertimbangan yang penting. Atas sebab-sebab keselamatan, pereka bentuk telah menetapkan suatu nilai ketahanan patah minimum bagi bilah berkenaan, iaitu $K_{IC} > 30 \text{ MPa.m}^{1/2}$. Satu lagi keperluan mekanik ialah kekerasan, H , yang tinggi untuk mengurangkan haus bilah. Dalam kegunaan seumpama ini, kekerasan dikaitkan dengan kekuatan seperti berikut:

$$H = 3 \sigma_f$$

di sini σ_f adalah kekuatan. Pilih empat bahan yang paling sesuai untuk kegunaan ini.

(40 marks/markah)

- [b] Justify the selection of various metallic alloys for creep resistance at high temperatures in aerospace applications.

Bincangkan pemilihan pelbagai aloi logam dalam kegunaan merintang rayap suhu tinggi dalam kegunaan aeroangkasa.

(60 marks/markah)

Figure 1
Rajah 1

2. [a] Express the performance index of a component/product by referring especially to the handle of a tennis racquet. This can be modelled as a cantilever beam (of fixed length l) that can withstand a force F without deflecting more than a certain value, δ . It is obvious that it must be of minimum weight. Assuming that it is beam of square cross-sectional area of thickness t (a variable) that is fixed at one end whilst a force F is applied at the other end. The elastic deflection is given as:

$$\delta = \frac{4l^3 F}{Et^4} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Rank the choice of materials for (a) the lightest racquet, and (b) the cheapest racket. Please include a brief evaluation of each.

Material	Young's modulus, E GN.m ⁻²	Density, ρ Mg.m ⁻³	Cost per tone RM
Steel	190	7.8	1,030
CFRP	154	1.6	450,000
Aluminium	69	2.7	5,300
Wood	12	0.6	980

Terbitkan indeks prestasi sesuatu komponen/produk dengan merujuk khas kepada pemegang raket tenis. Ini boleh diibaratkan sebagai suatu rasuk julur (panjang l ditetapkan) yang boleh menahani daya F tanpa memesonng lebih daripada suatu nilai, δ . Jelas ianya perlu mempunyai mempunyai berat yang minimum. Andaikan ianya adalah suatu rasuk segi empat sama yang mempunyai tebal t (suatu pembolehubah) dan ianya dikekang pada suatu hujung manakala daya F dikenakan pada hujung yang satu lagi. Pesongan kenyal diberi sebagai:

$$\delta = \frac{4l^3 F}{Et^4} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Susun pilihan ini mengikut turutan (a) raket paling ringan, dan (b) raket paling murah. Berikan ulasan ringkas mengenai setiap pilihan.

Bahan	Modulus Young, E $GN.m^{-2}$	Ketumpatan, ρ $Mg.m^{-3}$	Kos bagi setiap tan RM
Keluli	190	7.8	1,030
CFRP	154	1.6	450,000
Aluminium	69	2.7	5,300
Kayu	12	0.6	980

(40 marks/markah)

- [b] Speculate the concern about CO₂ emission and energy utilization in the selection of materials for a sustainable tomorrow.

Bincangkan keprihatinan tentang pembebasan gas CO₂ dan penggunaan tenaga dalam pemilihan bahan untuk memastikan kelestarian hari esok.

(60 marks/markah)

3. [a] Evaluate the increasing use of polymeric materials in the automobile industry (such designated polymers include polypropylene, PP). Your discussion should include the criteria for their application, the parts of the automobile where they are being used (e.g. as one example, vehicle interior panels), methods of processing.

Pertimbangkan kegunaan bahan polimer yang semakin meluas dalam industri kereta (polimer untuk kegunaan seumpama ini termasuklah polipropilena, PP, sebagai contoh). Perbincangan anda seharusnya meliputi kriteria penggunaannya, bahagian kereta di mana ianya digunakan (sebagai contoh panel dalaman kenderaan) dan kaedah pemprosesan.

(60 marks/markah)

- [b] A reuseable elastic seal consists of a cylinder of material compressed between two flat surfaces (Figure 2). The seal must form the largest possible contact width, b , while keeping the contact stress, σ , sufficiently low that does not damage the flat surfaces; and the seal itself must remain elastic so that it can be reused many times.

A cylinder of diameter $2R$ and modulus, E , pressed on to a rigid surface by a force, f , per unit length, forms an elastic contact of width

$$b \cong 2 \frac{[fR]^{1/2}}{E} \dots\dots\dots (1)$$

This is the quantity to be maximized: the objective function. The contact stress, both in the seal and in the surface, is approximately given as,

$$\sigma = 0.6 \frac{[fE]^{1/2}}{R} \dots\dots\dots (2)$$

The constraint : the seal must remain elastic, that is, σ , must be less than the yield or failure strength, σ_y , of the material of which it is made.

Justify what materials make good seals?

...7/-

Suatu kedad kenyal boleh guna semula terdiri daripada suatu silinder bahan yang dihimpit antara dua permukaan yang rata (Rajah 2). Kedap tersebut mesti membentuk lebar sentuhan yang sebesar mungkin, b , sambil mengekalkan tegasan sentuh, σ , yang cukup rendah supaya tidak merosakkan permukaan rata tersebut. Seterusnya kedad tersebut mesti kekal kenyal supaya ianya boleh digunakan berulang kali.

Suatu silinder dengan garis pusat $2R$ dan modulus E , yang ditekan ke atas suatu permukaan tegar oleh daya f per unit panjang akan membentuk suatu sentuhan kenyal berketebalan

$$b \cong 2 \frac{[fR]^{1/2}}{E} \dots\dots\dots (1)$$

Ini adalah nilai yang perlu dimaksimumkan, yakni fungsi objektif. Tegasan sentuh, dalam kedad dan dalam permukaan, dianggarkan sebagai,

$$\sigma = 0.6 \frac{[fE]^{1/2}}{R} \dots\dots\dots (2)$$

Kekangan pula ialah kedad mesti terus kenyal, yakni σ , mesti lebih rendah daripada kekuatan alah atau kekuatan gagal, σ_y , bahan daripada mana ianya diperbuat.

Huraikan bahan mana yang sesuai untuk dijadikan kedad yang baik.

(40 marks/markah)

Figure 2
Rajah 2

Figure 3
Rajah 3

4. [a] Kitchen knives are generally made of steel and stainless steel. But Kyocera produced knives made of zirconia and claimed it to be better than knives made of both steel and stainless steel. Ceramic knives are said to be more desirable especially to consumers or chefs wanting to prepare their favorite sushi or simply for everyday cutting of boneless meat and vegetables. Compare the three choices of material for kitchen knives and each material has to be justified based on consumers' requirement.

Pisau dapur biasanya di perbuat daripada keluli dan keluli tahan karat. Tetapi Kyocera mengeluarkan pisau yang diperbuat daripada zirconia dan mengatakan bahawa ianya lebih baik dari kedua-dua pisau keluli dan keluli tahan karat. Pisau seramik di katakan lebih diminati terutamanya kepada pengguna atau tukang masak yang mahu menyediakan sushi kegemaran mereka atau untuk memotong daging tidak bertulang dan sayuran setiap hari. Bandingkan ketiga-tiga pilihan bahan untuk pisau dapur dan setiap satu bahan perlu dinyatakan justifikasi berdasarkan keperluan pengguna.

(60 marks/markah)

- [b] Using appropriate example(s), explain how design influence the process of materials selection, and vice versa.

Dengan menggunakan contoh (atau contoh-contoh) yang sesuai, terangkan bagaimana rekabentuk mempengaruhi proses pemilihan bahan, dan sebaliknya.

(40 marks/markah)

5. [a] A group of USM students started a campaign to reduce the use of plastic in food and goods packaging in a campaign called “Say NO to Plastic”. Select three (3) common products made of plastic (polymer) and recommend ways to make them or their use more environmentally friendly. Your recommendation must be supported by all relevant factors. e.g. if you are suggesting a new material (replacement), would it affect the cost and design of product, marketability, properties, etc.

Sekumpulan siswa USM memulakan kempen untuk mengurangkan penggunaan plastik dalam satu kempen yang dipanggil “Say NO to Plastic”. Pilih tiga (3) produk biasa yang diperbuat daripada plastik (polimer) dan cadangkan cara-cara untuk menjadikan mereka atau kegunaan mereka lebih mesra alam. Cadangan anda mestilah disokong dengan semua faktor-faktor yang berkaitan. Contohnya, jika anda mencadangkan bahan yang baru (penukaran), adakah ia akan mempengaruhi kos dan rekabentuk produk, kebolehan pasaran, sifat-sifat, dan sebagainya.

(60 marks/markah)

- [b] Estimate the total production time for a batch of 500 parts to be machine on a horizontal milling machine using a fixture that takes four parts at a time. The parts are held end-to-end in the fixture. The width of the available milling cutter is larger than the width of the surface to be machined. Use the following information:

(i)	Length of cut surface on each part	: 75 mm
(ii)	Approach distance	: 30 mm
(iii)	Overrun	: 25 mm
(iv)	Feed per tooth	: 0.25 mm
(v)	Number of teeth in the cutter	: 10
(vi)	Rotational speed of the cutter	: 80 rev/min
(vii)	Loading and unloading time per cycle	: 2 min
(viii)	Other allowance per cycle	: 1 min

Jangkakan jumlah masa pengeluaran yang diperlukan bagi satu kelompok 500 komponen untuk dimesin pada mesin miling mendatar menggunakan lekapan yang boleh memegang 4 komponen pada satu-satu masa. Komponen dipegang hujung-ke-hujung pada lekapan. Lebar pada pemotong miling yang ada adalah lebih besar berbanding lebar permukaan yang perlu dimesin. Gunakan maklumat berikut:

(i)	<i>Panjang permukaan potong pada setiap komponen</i>	: 75 mm
(ii)	<i>Jarak dekatan</i>	: 30 mm
(iii)	<i>Overrun</i>	: 25 mm
(iv)	<i>Suapan per gigi pemotong</i>	: 0.25 mm
(v)	<i>Bilangan gigi pada pemotong</i>	: 10
(vi)	<i>Halaju memusing pemotong</i>	: 80 rev/min
(vii)	<i>Masa memasang dan membuka per kitaran</i>	: 2 min
(viii)	<i>Lain-lain basi per kitaran</i>	: 1 min

(40 marks/markah)

6. [a] Debate the ethics of the following situation:

You are a design engineer for the Ajax Manufacturing Co., a large multiplant producer of plastic parts. As part of your employment, you were required to sign a secrecy agreement that prohibits divulging information that the company considers as proprietary.

Ajax has modified a standard piece of equipment that greatly increases the efficiency in cooling viscous plastic slurries. The company decides not to patent the development but instead to keep it as a trade secret. As part of your regular job assignment, you work with this proprietary equipment and become thoroughly familiar with its enhanced capabilities.

Five years later you leave Ajax and go to work for a candy manufacturer as chief of production. Your new employer is not in any way in competition with Ajax. You quickly realize that Ajax's trade secret can be applied with great profit to a completely different machine used for cooling fudge. You order the change to be made. Debate the ethics.

Perdebatkan etika bagi situasi berikut:

Anda adalah seorang jurutera untuk syarikat Ajax Manufacturing Co., sebuah kilang pengeluar produk plastik yang besar. Sebagai sebahagian syarat pekerjaan, anda perlu menandatangani perjanjian hak sulit yang melarang anda memberikan mana-mana maklumat yang dipertimbangkan sebagai sulit oleh syarikat tersebut.

Syarikat Ajax telah melakukan modifikasi terhadap satu peralatan standard yang mana telah meningkatkan keefisienan penyejukan sluri plastik likat. Syarikat itu telah membuat keputusan untuk tidak mempatenkan pembangunan tersebut tetapi sebaliknya menjadikan ia sebagai rahsia dagangan. Sebagai sebahagian tugas rutin anda, anda bekerja dengan peralatan hakmilik tersebut dan menjadi sangat maklum dengan peningkatan kemampuannya.

Lima tahun kemudian anda meninggalkan Ajax dan bekerja di sebuah syarikat pengeluar gula-gula sebagai ketua pengeluaran. Majikan baru anda ini tidak sama sekali bersaing dengan Ajax. Anda dengan pantas mengenalpasti bahawa rahsia dagangan Ajax boleh diaplikasikan dengan keuntungan yang banyak kepada mesin yang sepenuhnya berbeza untuk menyejukkan fudge. Anda mengarahkan perubahan dibuat. Perdebatkan etika ini.

(60 marks/markah)

...14/-

- [b] A material is required for the windings of an electric air-furnace capable of temperature up to 1000°C.
- (i) Point out and explain what attributes a material must have if it is to be made into windings and function properly in a furnace.
 - (ii) What would be the constraints in this application?
 - (iii) Does we have to consider shape factor in the selection of material?

Explain.

Satu bahan diperlukan untuk gegelung sebuah relau pembakaran udara elektrik yang mampu mencapai suhu sehingga 1000°C.

- (i) Tunjukkan dan terangkan apakah ciri-ciri yang mesti ada pada satu bahan sekiranya ia akan digunakan untuk membuat gegelung dan berfungsi dengan sempurna di dalam relau pembakaran.*
- (ii) Apakah pula kekangan-kekangan di dalam aplikasi ini?*
- (iii) Perlukah kita mempertimbangkan faktor bentuk dalam pemilihan bahan tersebut?*

Terangkan.

(40 marks/markah)