

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2006/2007  
*First Semester Examination  
Academic Session 2006/2007*

Oktober/November 2006

**EBB 443/4 – Seramik Teknikal**  
*EBB 443/4 – Ceramic Technical*

Masa: 3 jam  
*Time: 3 hours*

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LIMABELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

*Please ensure that this paper consists of FIFTEEN printed pages before you proceed with the examination.*

Kertas soalan ini mengandungi TIGA soalan dari Bahagian A, DUA soalan dari Bahagian B dan DUA soalan dari Bahagian C.

*This paper contains THREE questions from Part A, TWO questions from Part B and TWO question from Part C.*

Jawab LIMA soalan. Jawab SATU soalan dari Bahagian A, SATU soalan dari Bahagian B, SATU soalan dari Bahagian C dan DUA soalan dari mana-mana bahagian. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

*Answer any FIVE questions. Answer ONE question from Part A, ONE question from Part B, ONE question from Part C and TWO questions from any part. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script will be graded.*

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

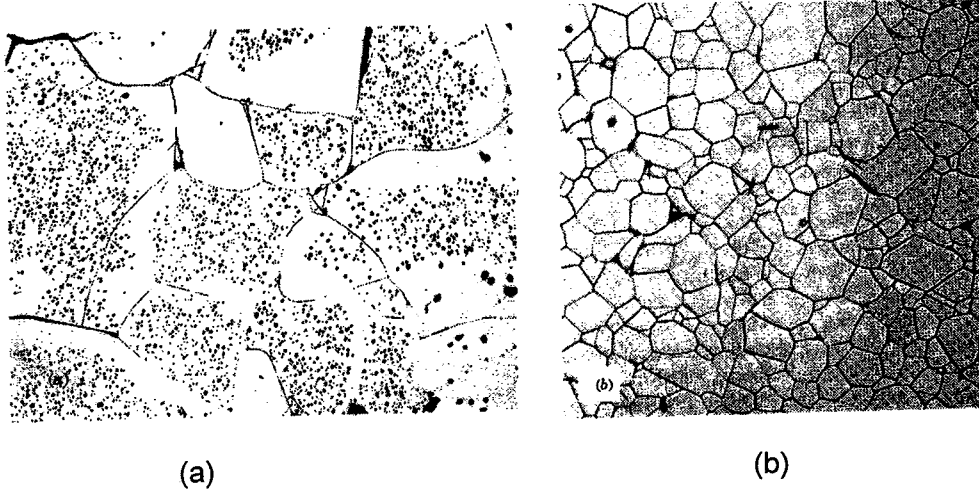
*Answer to each and every question must start on a new page.*

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia.

*All questions must be answered in Bahasa Malaysia.*

**BAHAGIAN A**

1. Soalan berdasarkan Rajah 1.



Rajah 1

- [a] Apakah jenis pensinteran yang telah dilalui untuk menghasilkan mikrostruktur seperti Rajah 1 ini?  
(25 markah)
- [b] Bincangkan berserta alasan kukuh mengenai semua perbezaan yang wujud di antara Rajah 1(a) dan 1(b). Senaraikan juga perbezaan sifat-sifat yang mungkin ditunjukkan sekiranya kedua-dua bahan yang mempamerkan mikrograf ini terdiri dari bahan yang sama.  
(25 markah)
- [c] Apakah cara yang paling sesuai untuk mengubahsuai mikrostruktur Rajah 1(b) agar dapat bertukar ke bentuk Rajah 1(a) sekiranya kedua-dua bahan yang mempamerkan mikrograf ini terdiri dari bahan yang sama?

(50 markah)

...3/-

2. Soalan berdasarkan Rajah 2.



10  $\mu\text{m}$

Rajah 2

- [a] Bagaimanakah mikrostruktur seperti Rajah 2 boleh dihasilkan?  
(25 markah)
- [b] Mengapa bentuk butir yang masih sangat bersudut dapat dikekalkan dalam mikrostruktur sehingga tamatnya proses pensinteran? Berikan alasannya.  
(50 markah)
- [c] Senaraikan manfaat dan kekurangan yang mungkin terjadi apabila mikrostruktur produk seramik anda mempunyai mikrostruktur seperti rajah 2. Berikan alasan kukuh untuk setiap satu.  
(25 markah)

...4/-

3. [a] Secara tipikal, mengapakah refraktori seramik tidak mempunyai takat lebur yang khusus. Oleh itu, kerefraktorian seramik diukur menggunakan PCE (kon piometrik setara)? Terangkan fenomena ini.

(20 markah)

[b] Bincangkan dengan terperinci mengenai kepentingan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  untuk meningkatkan mutu dan sifat bata refraktori tanahliat bakar. Gunakan gambarajah fasa untuk perbincangan anda.

(60 markah)

[c] Bincangkan menggunakan alasan-alasan kukuh mengenai kesesuaian jenis refraktori seramik untuk kegunaan industri berikut:-

- (i) industri besi dan keluli
- (ii) kaca
- (iii) simen
- (iv) bukan berasaskan besi seperti tembaga dan aluminium

(20 markah)

**BAHAGIAN B**

4. [a] Analisis kekuatan patah  $\sigma_f$  hasil seramik berkekuatan tinggi seringkali dikatakan merujuk kepada sifat spesimen atau sampel yang dikaji, manakala kekuatan keliatan  $K_{1C}$  adalah sifat bahan. Jelaskan kenyataan ini.

(20 markah)

- [b] Kekuatan patah  $\sigma_f$  dan kekuatan keliatan  $K_{1C}$  dihubungkan dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = K_{1C} / (\sqrt{2\pi c}) \quad \text{'c' ialah saiz kecacatan}$$

- (i) Jelaskan mengapa  $K_{1C}$  jarang dijadikan tumpuan untuk meningkatkan  $\sigma_f$  dalam seramik kekuatan tinggi.
- (ii) Bincangkan 2 cara untuk merendahkan saiz kecacatan 'c'.

(50 markah)

- [c] Anda diberikan data berikut untuk dianalisis :

Seramik Oksida A

$$\sigma_f = 357 \pm 23 \text{ MPa}$$

$$K_{1C} = 4.23 \text{ MPam}^{-1/2}$$

$$\text{Modulus Weibull, } m = 16.3$$

Seramik Oksida B

$$\sigma_f = 408 \pm 32 \text{ MPa}$$

$$K_{1C} = 4.23 \text{ MPam}^{-1/2}$$

$$\text{Modulus Weibull, } m = 6.6$$

Seramik oksida yang manakah yang akan menjadi pilihan anda untuk digunakan dalam seramik struktur yang selamat. Berikan alasan pilihan anda.

(30 markah)

...6/-

5. [a] Dalam zaman di mana pergerakan manusia memerlukan kenderaan semakin pantas, maka keefisienan pembakaran bahan api menjadi tumpuan. Di samping itu, enjin kenderaan juga perlu beroperasi pada suhu tinggi untuk meningkatkan keefisienan tersebut. Dalam kenderaan automatif, seramik bukan oksida seperti silikon nitrida dan silikon karbida telah menjadi bahan pilihan dan telah berjaya digunakan. Walau bagaimanapun, bahan yang sama belum dapat menembusi keperluan untuk industri penerbangan. Bincangkan.

(50 markah)

- [b] Bincangkan mekanisme larutan mendakan dalam proses penghasilan silikon nitrida (HPSN). Terangkan ciri-ciri yang terhasil dalam HPSN.

(50 markah)

**BAHAGIAN C**

6. [a] Barium titanat ( $\text{BaTiO}_3$ ) memiliki struktur perovskit yang secara umum ditulis sebagai  $\text{ABO}_3$  dimana A ialah ion logam dwivalens bersaiz besar, B ion logam tetra valens bersaiz kecil dan O untuk atom oksigen.
- (i) Jelaskan bagaimana mekanisma pergerakan atom atau ion di dalam bahan tersebut yang menghasilkan kesan ferroelektrik. (20 markah)
- (ii) Jelaskan kesan suhu ke atas perubahan fasa struktur, sifat ferroelektrik dan pemalar dielektrik bahan tersebut. (10 markah)
- (iii) Bincangkan secara ringkas kesan ketebalan atau saiz butiran ke atas nilai pemalar dielektrik pada suhu Curie. (10 markah)
- (iv) Bincangkan secara ringkas kaedah yang dapat dilakukan untuk menaikkan dan menurunkan suhu Curie bahan  $\text{BaTiO}_3$ . Berikan contoh. (10 markah)
- [b] Apakah kebaikan dan permasalahan dalam penggunaan bahan seramik berpemalar dielektrik tinggi (high-k dielectric) untuk menggantikan get oksida  $\text{SiO}_2$  dalam peranti elektronik? (25 markah)
- [c] Mengapa bahan seramik yang bersifat ferroelektrik sesuai digunakan untuk peranti ingatan tak meruap (nonvolatile memory device). Gunakan gelung histeresis untuk membantu penjelasan tersebut. (25 markah)

7. [a] Bincangkan secara ringkas perbezaan antara magnet lembut (soft magnetic) dan magnet keras (hard magnetic). Berikan contoh bahan seramik magnet lembut dan keras dan lengkapkan penjelasan anda dengan melakarkan gelung histeresis bagi kedua-dua jenis magnet tersebut.  
(20 markah)
- [b] Bincangkan kegunaan bahan seramik magnet lembut dan magnet keras.  
(10 markah)
- [c] Bincangkan secara ringkas tentang bahan megnetorintangan (magneto-resistance). Perbincangan seharusnya fokus kepada fenomena kesan magnet-magnet tersekat (magneto-restrictive), bahan seramik magnetorintangan gergasi dan kegunaannya.  
(20 markah)
- [d] Bincangkan tindakbalas bahan superkonduktor dan bahan bukan superkonduktor dengan medan magnet (Kesan Meissner). Lengkapkan penjelasan tersebut dengan melukis gambarajah tindakbalas tersebut.  
(20 markah)
- [e] Jelaskan apa yang dimaksudkan dengan superkonduktor bersuhu tinggi dan berikan contoh bahan seramik yang termasuk dalam jenis ini.  
(10 markah)
- [f] Bincangkan secara ringkas proses penyediaan bahan elektroseramik. Pilih satu kaedah sahaja, misalnya kaedah tindakbalas bahan pepejal.  
(20 markah)



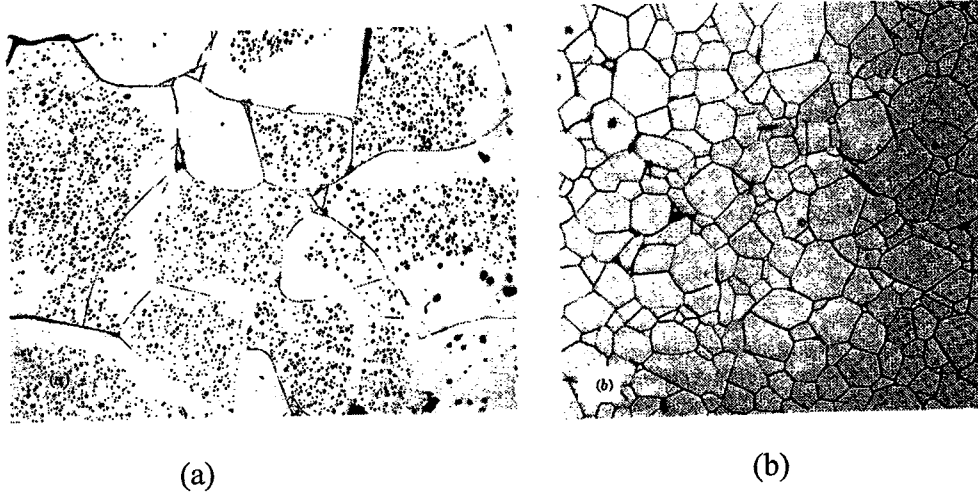
**PART A**1. *Question based on Figure 1.*

Figure 1

[a] *What is the type of sintering process needed to form the microstructure as shown in Figure 1?*

*(25 marks)*

[b] *Discuss with strong reasons about the differences between Figures 1(a) with 1(b). List any possible differences in the material properties if both micrographs are produced from the same material.*

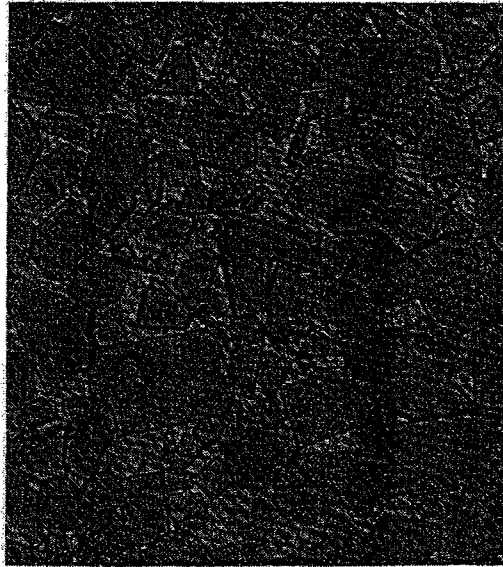
*(25 marks)*

[c] *If both micrographs are made from the same material, what would be the best technique to change the microstructure of Figure 1(b) to Figure 1(a)?*

*(50 marks)*

... 10/-

2. *Question based on Figure 2.*



10  $\mu\text{m}$

*Figure 2*

- [a] *How does the microstructure show in Figure 2 can be produced?*  
(25 marks)
- [b] *Why the microstructure still containing angular grains after the sintering process has been completed? Provide your reasons.*  
(50 marks)
- [c] *List down the advantages and disadvantages of ceramic products with microstructure shown in Figure 2. Provide strong reasons for each of them.*  
(25 marks)

3. [a] Typically, ceramic refractories do not have specific melting point. Therefore, the refractoriness of the ceramic is measured by PCE (pyrometric cone equivalent). Explain this phenomena.

(20 marks)

[b] Discuss in detail about the importance of  $Al_2O_3$  to improve the quality and properties of fireclay refractory bricks. Please include the necessary phase diagram in your discussion.

(60 marks)

[c] Discuss with strong reasons about the suitable types of ceramic refractories for the following industry:-

- (i) iron and steel industry
- (ii) glass
- (iii) cement
- (iv) nonferrous e.g. copper and aluminum

(20 marks)

**PART B**

4. [a] *It is assumed that fracture strength analysis of ceramic product which have high strength is normally depend on specimen property or the sample which is examined where else the fracture tougher strength  $K_{IC}$  is material property. Explain this statement.*

(20 marks)

- [b] *Fracture strength of and fracture toughness  $K_{IC}$  is related to the following equation:*

$$\sigma_f = K_{IC} / (\sqrt{2\pi c}) \quad \text{'c' is defect size}$$

- (i) *Explain why  $K_{IC}$  seldom is focused for increase  $\sigma_f$  in ceramic with high strength.*
- (ii) *Discuss 2 way to reduce defect size 'c'.*

(50 marks)

[c] *The following data is provided for analysis:*

*Ceramic Oxide A*

$$\sigma_f = 357 \pm 23 \text{ MPa}$$

$$K_{IC} = 4.23 \text{ MPam}^{-1/2}$$

$$\text{Modulus Weibull, } m = 16.3$$

*Ceramic Oxide B*

$$\sigma_f = 408 \pm 32 \text{ MPa}$$

$$K_{IC} = 4.23 \text{ MPam}^{-1/2}$$

$$\text{Modulus Weibull, } m = 6.6$$

*Which ceramic oxide will be chosen by you for the use of safety structural ceramic. Give your reason.*

*(30 marks)*

5. [a] *In the century where people need vehicles move fast, the efficiency of fossil fuel burning is of interest. Furthermore, the vehicles engine also need to operate of high temperature to increase the efficiency. In automotif vehicle non-oxide ceramic such as silicon nitride and silicon carbide have been an alternative material and have been used successfully. However, those material still cannot achieve the requirement for our craft industries. Discuss.*

*(50 marks)*

- [b] *Discuss the mechanism of precipitation dissolution in the silicon nitride formation (HPSN). Explain the characteristic that are formed in HPSN.*

*(50 marks)*

... 14/-

**PART C**

6. [a] Barium titanate ( $\text{BaTiO}_3$ ) has perovskite structure with general formula  $\text{ABO}_3$  in which A is a large divalent metal ion, B is a small tetravalent metal ion, octahedrally coordinating with oxygen.
- (i) Explain how the mechanism of atom or ion movement to produce ferroelectricity effect in this material.  
(20 marks)
- (ii) Explain the effects of temperature on the structure phase formation, ferroelectricity and dielectric constant of this material.  
(10 marks)
- (iii) Discuss briefly effect of thickness or grain size on dielectric constant value at Curie temperature.  
(10 marks)
- (iv) Discuss briefly how to increase the existing Curie temperature of  $\text{BaTiO}_3$ . Give example.  
(10 marks)
- [b] What are the advantages and problems of high-k dielectric ceramics for  $\text{SiO}_2$  gate oxide replacement in the electronic device applications?  
(25 marks)
- [c] Why ferroelectric ceramic material is very promising for nonvolatile memory device application. Use the hysteresis loop to help your explanation.  
(25 marks)

7. [a] *What is the difference between soft magnetic and hard magnetic? Discuss briefly. Give example of soft and hard magnetic ceramic materials and sketch the hysteresis loop for both types of the magnetic.*

*(20 marks)*

[b] *Discuss the potential application of soft magnetic and hard magnetic ceramics.*

*(10 marks)*

[c] *Give a brief discussion about magneto-resistance materials. Discussion should be focused on the magnetostrictive effect phenomena, ceramic giant magnetoresistance material and its application.*

*(20 marks)*

[d] *Discuss interaction between superconductor and nonsuperconductor materials with magnetic field (Meissner effect). Draw a sketch to explain the interaction.*

*(20 marks)*

[e] *Explain the meaning of high temperature superconductor (HTS) and list down at least two (2) ceramic materials belong to HTS.*

*(10 marks)*

[f] *Discuss briefly the preparation process of electroceramic materials. Choose one method only, for example, solid state reaction method.*

*(20 marks)*