
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2010/2011

November 2010

EBB 443/4 – Technical Ceramics **[Seramik Teknikal]**

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of ONE question from PART A and SIX questions from PART B.

[Kertas soalan ini mengandungi SATU soalan dari BAHAGIAN A dan ENAM soalan dari BAHAGIAN B.]

Instruction: Answer **ALL** question from PART A and **FOUR** questions from PART B. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab **SEMUA** soalan dari BAHAGIAN A dan **EMPAT** 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] Describe how the coefficient of thermal expansion of the matrix and inclusion would affect the properties of ceramics body.

Huraikan bagaimana pekali pengembangan terma bagi matriks dan bendasing boleh mempengaruhi sifat-sifat jasad seramik.

(30 marks/markah)

- [b] A parallel plate capacitor consists of metal sheets with area 1.5 m^2 separated by a calcium titanate sheet with dielectric constant of 1000 and thickness of 0.005 mm. The maximum electric field across the calcium titanate is $50 \times 10^6 \text{ V/m}$. Calculate the capacitance, maximum voltage and maximum energy that can be stored.

Kapasitor plat selari terdiri daripada kepingan logam dengan keluasan 1.5 m^2 dipisahkan oleh kalsium titanat dengan nilai pemalar dielektrik setinggi 1000 dan ketebalannya ialah 0.005 mm. Nilai medan elektrik maksimum melalui kalsium titanat ialah $50 \times 10^6 \text{ V/m}$. Kirakan kapasitans, voltan maksima dan tenaga maksima yang boleh disimpan.

(30 marks/markah)

- [c] While single-phase sintering have been the most studied from a basic viewpoint, majority of commercial ceramics have a small amount of reactive liquid which markedly accelerates the densification rate as compared with the pure system. Using the phase diagram of ZnO-Bi₂O₃ as shown in Figure 1, elaborate the reason(s) why Bi₂O₃ is a suitable additive for ZnO varistor fabrication. You must include necessary sketches in your answer.

Pada asasnya pensinteran fasa-tunggal paling banyak dikaji tetapi majoriti seramik komersil adalah mengandungi sedikit cecair reaktif yang dapat mempercepatkan kadar penumpatannya jika dibandingkan dengan sistem bahannya yang tulen. Menggunakan gambarajah fasa ZnO-Bi₂O₃ seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1, bolehkan anda huraikan alasan-alasan mengapakah ZnO-Bi₂O₃ adalah sesuai dijadikan sebagai bahan tambah dalam pembuatan varistor ZnO. Anda mestilah memasukkan lakaran-lakaran yang perlu dalam jawapan.

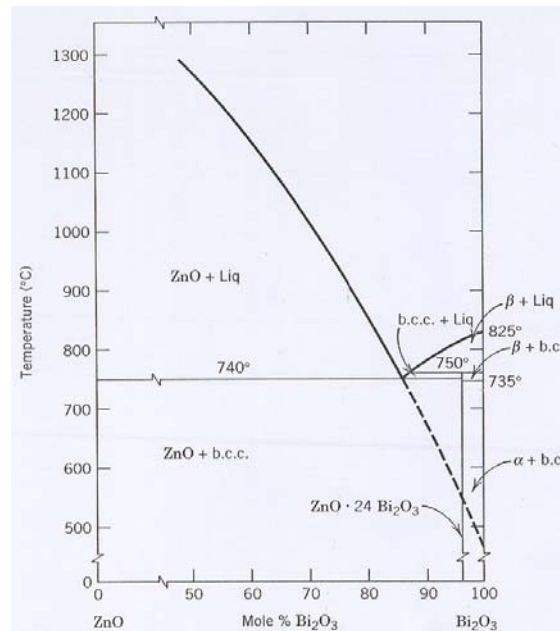


Figure 1: ZnO-Bi₂O₃ phase diagram, showing limited solid solubility of bismuth in zinc oxide and formation of eutectic liquid containing 86% Bi₂O₃ at 740°C.

Rajah 1: Gambarajah fasa ZnO-Bi₂O₃ yang menunjukkan kelarutan pepejal terhadap untuk bismuth di dalam zink oksida dan pembentukan cecair eutektik yang mengandungi 86% Bi₂O₃ pada 740°C
(40 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B:-

2. [a] Some ceramic resistors exhibit high value temperature coefficient of resistance (TCR) and they may be negative temperature coefficient (NTC) or positive temperature coefficient (PTC).
- (i) In a table, describe the differences between these two types of TCR.
 - (ii) For each TCR, give one (1) example of their application.

Sesetengah perintang seramik menunjukkan nilai pekali kerintang suhu (TCR) yang tinggi dan mereka boleh jadi samada pekali suhu negatif (NTC) atau pekali suhu positif (PTC).

- (i) Dalam bentuk jadual, terangkan perbezaan antara kedua-dua jenis TCR ini.*
- (ii) Bagi setiap TCR, berikan satu (1) contoh kegunaannya.*

(50 marks/markah)

- [b] Solid state reaction or known as conventional method is one of the technique to produce electroceramic materials. By giving appropriate solid state reaction flowchart for $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ synthesis, explain the process and give two (2) advantages of this method compared to the other methods.

Tindak balas keadaan pepejal atau dikenali dengan kaedah lazim merupakan salah satu teknik untuk menghasilkan bahan elektroseramik. Dengan menggunakan carta alir yang sesuai bagi tindak balas keadaan pepejal bagi penghasilan $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, terangkan tentang proses tersebut, dan berikan dua (2) kelebihan kaedah ini berbanding dengan kaedah yang lain.

(50 marks/markah)

3. [a] With suitable example, why ceramic materials can be categorised as follows:
- (i) Dielectric ceramic materials.
 - (ii) Piezoelectric ceramic materials.
 - (iii) Ferroelectric ceramic materials.

Dengan contoh yang sesuai, kenapa bahan seramik boleh dikategorikan seperti dibawah:

- (i) Bahan seramik dielektrik.*
- (ii) Bahan seramik piezoelektrik.*
- (iii) Bahan seramik ferroelektrik.*

(30 marks/markah)

- [b] Let say now you are a material engineer in one large electronic company. You are given one task to design a new capacitor that can be operated at high temperature (around 300°C). The capacitor must be in a very small size. Suggest which type of electroceramic material and fabrication method you should use in your design. Justify your answer.

Katakan anda sekarang merupakan seorang jurutera bahan di sebuah kilang elektronik yang besar. Anda diberi satu tugas untuk merekabentuk kapasitor baru yang boleh digunakan pada suhu tinggi (sekitar 300°C), dan kapasitor tersebut harus sangat kecil saiznya. Cadangkan jenis bahan elektroseramik dan teknik fabrikasi yang manakah anda akan gunakan dalam rekabentuk anda. Hujahkan jawapan anda.

(70 marks/markah)

4. [a] Ceramic materials can be categorized into two main categories which is conventional and advanced ceramic. How would you classify these categories in term of raw materials, forming and products?

Bahan seramik boleh dikategorikan kepada dua kategori utama iaitu seramik konvensional dan seramik maju. Bagaimana and mengklasifikasikan kedua-dua kategori tersebut dari segi bahan mentah, proses pembentukan dan hasilnya?

(30 marks/markah)

- [b] Alumina can exist in three general types; hydrated, calcined and tabular. What is the expected outcome if hydrated alumina was used in glaze or glass composition?

Alumina boleh wujud dalam tiga jenis umum; terhidrat, terkalsin dan tabular. Apakah hasil yang dijangkakan jika alumina terhidrat digunakan dalam komposisi licau atau kaca?

(20 marks/markah)

- [c] Silicon nitride can be named according to the production method employed such as reaction bonded silicon nitride, sintered silicon nitride, hot press silicon nitride and hot isostatic press silicon nitride. Compare sintering to reaction bonding method and predict the outcome if both methods were combined to produce silicon nitride. Include the properties of each silicon nitride produced in your answer.

Silikon nitrida boleh dinamakan berdasarkan kaedah penghasilan yang digunakan seperti silikon nitrida terikat tindakbalas, silikon nitrida tersinter, silikon nitrida tertekan panas dan silikon nitrida tertekanisostatik panas. Bandingkan kaedah pensinteran dan ikatan tindakbalas dan jangkakan hasil jika kedua-dua kaedah tersebut digabung untuk menghasilkan silikon nitrida. Masukkan sifat-sifat setiap silikon nitrida yang terhasil dalam jawapan anda.

(50 marks/markah)

5. [a] Discuss the strength in ceramic materials (with reference to its fracture strength) and how to increase it?

Bincangkan kekuatan bahan seramik (yang merujuk kepada kekuatan patah) dan bagaimana untuk meningkatkannya?

(30 marks/markah)

- [b] Using appropriate schematic diagram, describe fracture toughness measurement using Single-Edge Notched Beam (SENB) technique.

Dengan gambarajah skematik yang sesuai, huraikan pengukuran ketahanan patah menggunakan teknik 'Single-Edge Notched Beam (SENB)'.

(30 marks/markah)

- [c] One of the approach that could be use to improve toughness of ceramic materials is via Ceramic Matrix Composite (CMC). However, CMC's development has lagged behind compared to Metal Matrix Composite (MMC) and Polymer Matrix Composite (PMC). Discuss.

Salah satu pendekatan yang boleh digunakan untuk meningkatkan ketahanan patah bahan seramik ialah melalui Komposit Matriks Seramik (KMS). Walau bagaimanapun, perkembangan KMS berada di belakang berbanding Komposit Matriks Logam (KML) dan Komposit Matriks Polimer (KMP). Bincangkan.

(40 marks/markah)

6. [a] Based on Figure 2 and using the same ceramic material, how would you design your solid state sintering to transform:-
- (i) from microstructure A to B?
 - (ii) from microstructure C to D?
 - (iii) from microstructure E to F?
- Explain clearly your reasons.

Berdasarkan Rajah 2 dan menggunakan bahan seramik yang sama. Apakah caranya yang anda akan rekabentukkan pensinteran fasa pepejal untuk menjelmakan yang berikut:-

- (i) dari mikrostruktur A ke B?*
- (ii) dari mikrostruktur C ke D?*
- (iii) dari mikrostruktur E ke F?*

Berikan jawapan anda dengan jelas.

(70 marks/markah)

- [b] What would be the major differences in term of mechanical and electrical properties when the same ceramic material having microstructures B, D and F, respectively? Explain clearly your reasons.

Apakah perbezaan utama yang mungkin untuk sifat-sifat mekanikal dan elektriknya apabila bahan seramik yang sama, masing-masing mempunyai mikrostruktur-mikrostruktur B, D dan F? Huraikan alasan anda dengan jelas.

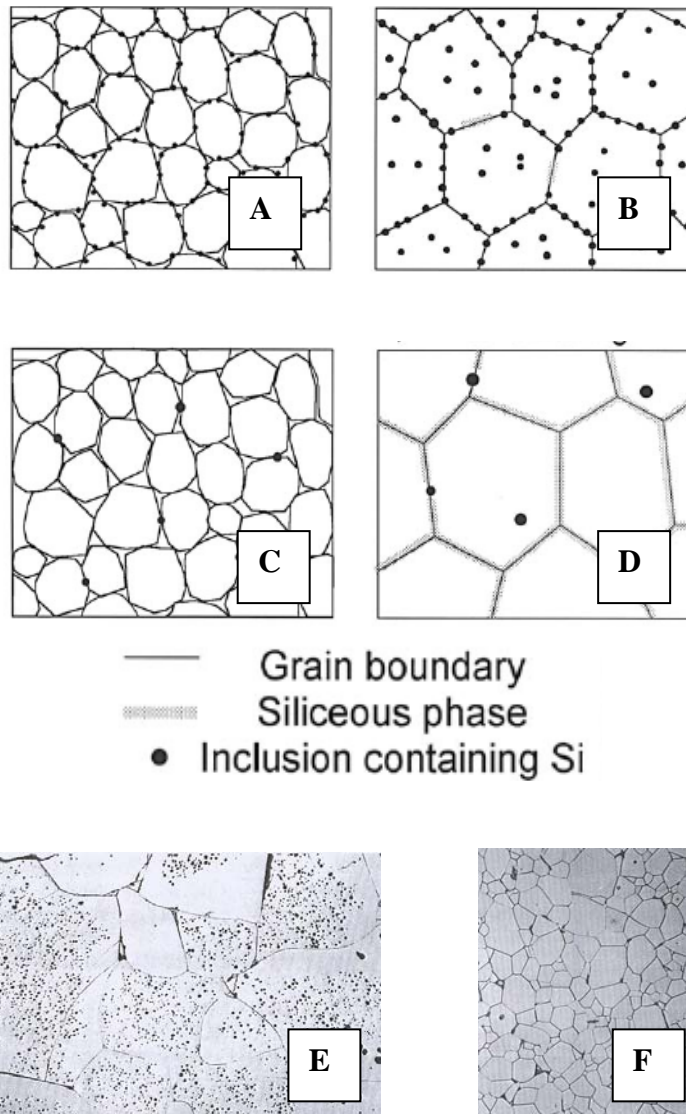


Figure 2: Six different forms of microstructure derived from the same base-ceramic material.

Rajah 2: Enam keadaan mikrostruktur yang berasaskan daripada bahan seramik yang sama.

(30 marks/markah)

7. As shown in figure 3, various refractory materials are used in construction of a glass tank melting furnace. Different parts of the tank required different types of refractory material. Based on this figure:-

Rajah 3 menunjukkan berbagai bahan refraktori digunakan untuk membina sebuah tangki relau peleburan kaca. Bahagian berlainan tangki memerlukan jenis bahan refraktori yang berlainan. Berdasarkan rajah ini:-

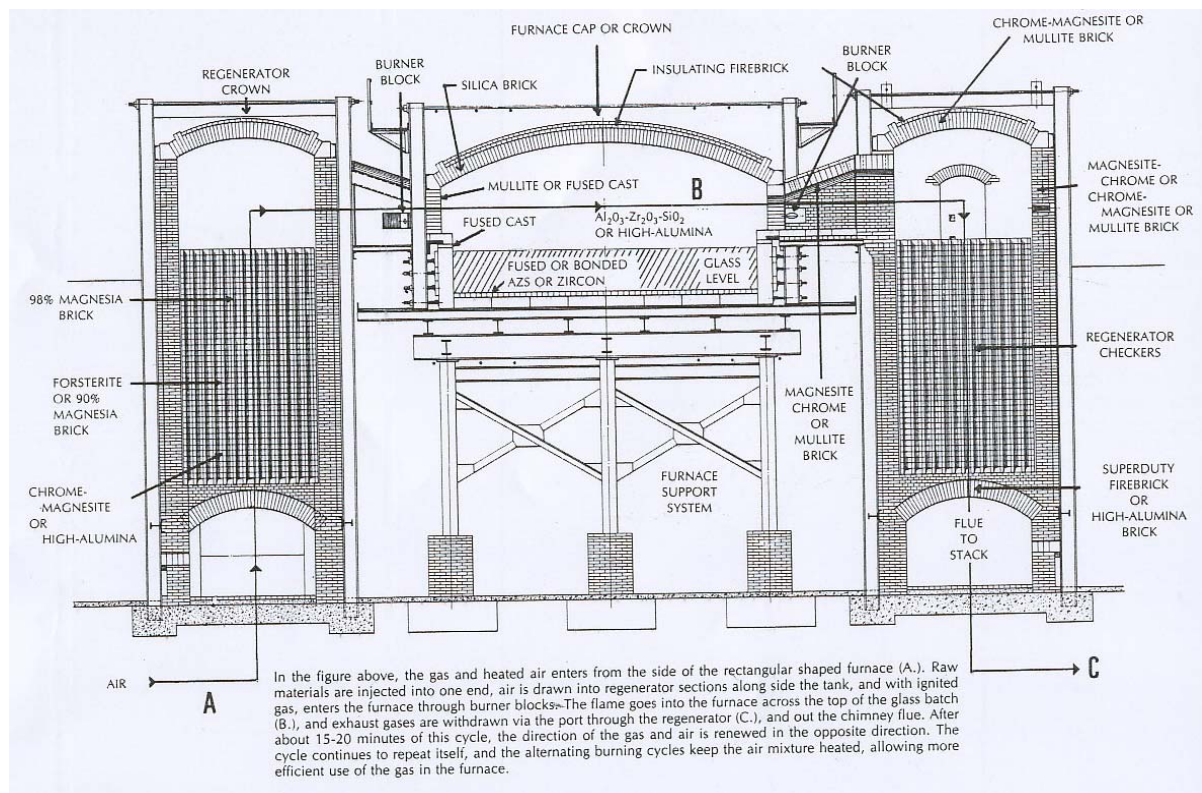


Figure 3: Typical glass tank melting furnace

Rajah 3: Tangki relau peleburan kaca tipikal

- [a] (i) Name the type of each refractory material used.

Namakan setiap jenis refraktori yang digunakan.

(20 marks/markah)

- (ii) Discuss their scientific reason(s) why they are the most appropriate refractory materials for such part of the tank.

Bincangkan alasan-alasan saintifiknya mengenai mengapakah refraktori berkenaan menjadi bahan yang paling sesuai untuk bahagian tangki berkenaan.

(40 marks/markah)

- [b] The glass melting furnace requires more types of refractory material compare to the steel making furnace. Why?

Relau peleburan kaca memerlukan lebih banyak jenis bahan refraktori berbanding dengan sebuah relau pembuatan keluli. Mengapa?

(40 marks/markah)