

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

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

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

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

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

This paper consists of SEVEN questions.

*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.]*

**Instruction:** Answer **FIVE** questions. If a 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 in the examination questions, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunakan.]*

1. [a] Explain why sintering is commonly used for ceramic materials?

*Terangkan bagaimana persinteran biasanya digunakan untuk bahan seramik?*

(25 marks/markah)

- [b] How does the heating rate during sintering related to the grain growth behavior of materials?

*Bagaimanakah kadar pemanasan ketika pensinteran berkaitan dengan kelakuan tumbesaran butir sesuatu bahan?*

(25 marks/markah)

- [c] What are the restrictions or limitations or disadvantages of the application of a high heating rate during sintering?

*Apakah halangan atau had atau keburukan penggunaan kadar pemanasan yang tinggi ketika pensinteran?*

(25 marks/markah)

- [d] Explain the difference in mechanism of solid-state sintering and liquid-phase sintering which joins the grains inside a ceramic.

*Huraikan perbezaan mekanisma untuk pensinteran keadaan pepejal dan pensinteran fasa cecair yang menggabungkan butir-butir di dalam sesuatu seramik.*

(25 marks/markah)

2. [a] Starting with an initial state of randomly packed, mixed powders (one powder has a much lower melting temperature than the other), describe the stages of liquid phase sintering. Sketch the microstructural changes in each stage and describe the physical mechanisms that cause those changes. Sketch a curve of densification vs time and identify the location of each stage on that curve.

*Bermula dengan keadaan mula suatu padatan rambang, campuran serbuk-serbuk (salah satu serbuk berkenaan mempunyai suhu lebur jauh lebih rendah dari yang lain), huraikan langkah-langkah pensinteran fasa cecair. Lakarkan perubahan-perubahan mikrostruktur pada setiap tahap dan huraikan mekanisma-mekanisma fizikal yang menyebabkan perubahan-perubahan tersebut. Lakarkan satu keluk penumpatan berbanding tempoh dan kenalpasti kedudukannya untuk setiap tahap berkaitan.*

(25 marks/markah)

- [b] Draw a schematic of two or three powder particles after some time at a temperature of approximately  $0.6 T_m$ . Use the schematic to indicate the movement of material during sintering, differentiate between the two primary transport mechanisms. Which transport mechanism is most relevant for making, dense zirconia as an example?

*Lakarkan rajah skematik untuk dua atau tiga partikel serbuk selepas seketika pada suhu sekitar  $0.6 T_m$ . Gunakan skematik untuk menunjukkan pergerakan bahan ketika pensinteran, bezakan di antara kedua-dua mekanisma pengangkutan yang utama. Mekanisma pengangkutan yang manakah yang paling utama untuk menumpatkan zirkonia (sebagai contoh).*

(25 marks/markah)

- [c] Why is it sometimes desirable to retain a certain level of porosity in the final product and how is this achieved during sintering, while ensuring that it has adequate strength?

*Mengapakah kadang kala diperlukan untuk mengekalkan suatu paras keliangan di dalam produk akhir dan bagaimanakah keadaan ini boleh dicapai ketika pensinteran, sementara pada waktu yang sama perlu memastikan ia mempunyai kekuatan yang mencukupi?*

(25 marks/markah)

- [d] In solid state sintering, what are various approaches to inhibit the grain growth? Provide their relevant explanation.

*Dalam pensinteran keadaan pepejal, apakah pelbagai pendekatan yang digunakan untuk merencatkan pertumbuhan butir? Berikan penjelasan yang sesuai.*

(25 marks/markah)

3. [a] Why the blast furnace requires different type of refractory material compared to the glass melting furnace?

*Mengapakah relau bagas memerlukan jenis bahan refraktori yang berlainan berbanding dengan sebuah tangki peleburan kaca?*

(30 marks/markah)

- [b] What are the critical microstructural factors that affecting the refractoriness of silicate bonded MgO?

*Apakah faktor-faktor mikrostruktur genting yang memberi kesan kepada sifat-sifat kerefraktorian MgO terikat silikat?*

(30 marks/markah)

- [c] Acid aluminosilicate refractories are cheap and cheerful end of the refractories market and the best for "low" temperature, non-erosive and non-corrosive environments. However, the increase temperatures and more severe environments of liquid metal processing have led to a decline in their use. How is this drawback being addressed?

*Refraktori aluminosilikat asid adalah murah dan mudah diperolehi dalam pasaran bahan refraktori dan sangat baik untuk suhu "rendah", tidak menyebabkan hakisan dan tidak mengkakis persekitaran. Walau bagaimanapun, peningkatan suhu dan persekitaran melampau ketika memproses leburan logam menyebabkan penggunaan refraktori ini semakin berkurangan. Bagaimanakah masalah ini boleh diatasi?*

(40 marks/markah)

4. [a] Using an example, describe conventional ceramic and advanced ceramic. Include about of raw material's resources and its properties in your answer.

*Menggunakan contoh, huraikan seramik konvensional dan seramik maju. Masukkan mengenai sumber bahan mentah serta sifat-sifatnya dalam jawapan anda.*

(30 marks/markah)

- [b] With the help of appropriate schematic diagrams, describe:
- (i) Three point bending test or Single edge notch bending test
  - (ii) Compact tension test to measure the fracture toughness of the sample.

*Dengan bantuan gambarajah skematik, huraikan:*

- (i) *Ujian lenturan tiga titik atau Ujian lenturan takukan tunggal*
- (ii) *Ujian regangan mampat untuk mengukur keliatan patah bagi sampel.*

(30 marks/markah)

- [c] Using an example and appropriate diagram, discuss two (2) approaches to measure fracture toughness for ceramic materials.

*Dengan menggunakan contoh dan gambarajah yang bersesuaian, bincangkan dua (2) pendekatan untuk mengukur ketahanan patah bagi bahan seramik.*

(40 marks/markah)

5. [a] You are given pure Zirconia ( $Zr_2O$ ) as one of advanced ceramic materials to be used in manufacturing industry. As a Material Engineer, suggest one application of this material by giving the justification in term of properties and process.

*Anda diberikan Zirkonia ( $Zr_2O$ ) tulen sebagai satu bahan seramik maju untuk digunakan dalam industri pembuatan. Sebagai seorang jurutera bahan, cadangkan aplikasi bahan ini dengan memberikan justifikasi dari sudut sifat-sifat serta proses.*

(50 marks/markah)

- [b] Describe in details processing involved to produce Reaction Bonded Silicon Nitride (RBSN) and Hot Pressed Silicon Nitride (HPSN). In a table, differentiate the advantages and disadvantages of both types.

*Terangkan dengan lengkap pemprosesan yang terlibat bagi menghasilkan Silikon Nitrida Ikatan Tindakbalas (RBSN) dan Silikon Nitrida Ditekan Panas (HPSN). Di dalam jadual bezakan kelebihan serta kekurangan kedua-dua jenis tersebut.*

(50 marks/markah)

6. [a] Consider a parallel-plate capacitor with area of  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  and plate separation of  $1 \times 10^{-3} \text{ m}$  across which a potential of 10 V is applied.

*Pertimbangkan satu kapasitor plat-selari dengan luas  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  dan perpisahan antara plat adalah  $1 \times 10^{-3} \text{ m}$  di mana keupayaan 10 V dikenakan.*

- (i) If a material having a dielectric constant as listed in Table 1 is position within the region, calculate the capacitance for each of the materials. Identify the material with the highest capacitance and cite one material that has such property.

*Jika bahan dielektrik yang mempunyai pekali dielektrik seperti di Jadual 1 diletakkan di antara kawasan tersebut, kirakan kapasitan bagi ketiga-tiga kapasitor. Kemudian, tentukan bahan mana yang mempunyai kapasitan tertinggi dan nyatakan satu bahan yang mempunyai ciri-ciri tersebut.*

**Table 1 - Dielectric Constant**

*Jadual 1 - Pekali dielektrik*

<b>Material</b> <i>Bahan</i>	<b>Dielectric Constant</b> <i>Pekali dielektrik (1 MHz)</i>
A	7
B	6
C	4

(25 marks/markah)

- (ii) Calculate a magnitude of the charge stored on all three capacitors utilizing dielectric material A, B and C, then explain the mechanism of charge storage capacity increasing by the insertion of the dielectric material in between capacitor plates.

*Kirakan magnitud cas tersimpan untuk ketiga-tiga kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik A, B dan C kemudian terangkan mekanisma peningkatan penyimpanan cas dengan kehadiran bahan dielektrik di antara plat kapasitor.*

(25 marks/markah)

- [b] Describe the ionic and electronic conductivities of rutile titania by explaining how charge carriers can be produced.

*Terangkan kekonduksian ionik dan elektronik bahan titania rutil dengan menerangkan bagaimana pembawa cas boleh dihasilkan.*

(30 marks/markah)

- [c] State one example of use of the following properties of piezoelectric material and identify the material for each application:

- (i) electromechanical actuation;
- (ii) generation of voltages;
- (iii) generation and detection of acoustic and ultrasonic energies.

*Berikan satu contoh kegunaan daripada sifat-sifat bahan piezoelektrik dan tentukan bahan yang sesuai untuk setiap aplikasi:*

- (i) *aktuasi elektromekanikal*
- (ii) *penghasilan voltan*
- (iii) *penghasilan dan pengesanan akustik dan tenaga ultrasonik.*

(20 marks/markah)



7. [a] An oxygen sensor is an important component in automotive industry. Give explanation of conduction by  $O^{2-}$  diffusion in oxide material and how this behavior contributes to the sensing property of the material.

*Sensor oksigen adalah sangat penting di dalam industri otomotif. Berikan penerangan berkenaan kekonduksian resapan  $O^{2-}$  di dalam bahan oksida dan bagaimana sifat ini memberikan ciri-ciri pengesanan pada bahan.*

(25 marks/markah)

- [b] A pyroelectric detector can be used as a burglar detector. You are given lithium tantalite and strontium barium niobate as two ceramic materials that can be chosen for such application. Select one material and justify your selection.

*Pengesan piroelektrik boleh digunakan sebagai pengesan perompak. Anda diberikan litium tantalat dan strontium barium niobat sebagai dua bahan seramik terpilih untuk aplikasi ini. Pilih satu bahan terbaik dan berikan justifikasikan pemilihan anda.*

(25 marks/markah)

- [c]  $ZrO_2$  is a well known ionic conductor that can be used in solid oxide fuel cell. Conduction mechanism is based on vacancy within the oxide. Explain how vacancy population can be increased in  $ZrO_2$  by stating examples of dopant for this material.

*$ZrO_2$  adalah konduktor ionik yang digunakan di dalam sel bahan bakar pepejal. Mekanisma kekonduksian bahan ini adalah bergantung kepada kekosongan di dalam oksida. Terangkan bagaimana populasi kekosongan boleh ditambah di dalam  $ZrO_2$  dengan memberikan contoh-contoh bahan pendopan untuk bahan ini.*

(25 marks/markah)

- [d] Coated conductor utilized cuprate high temperature superconductor. Illustrate the layer by layer structure of the coated conductor and cite typical method for the processing of each of the ceramic layer.

*Konduktor bersalut menggunakan superkonduktor suhu tinggi kuprat. Lakarkan struktur lapisan demi lapisan untuk konduktor bersalut dan nyatakan kaedah tipikal untuk penghasilan setiap lapisan seramik yang digunakan.*

(25 marks/markah)