
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2009/2010

April/May 2010

EBP 207/2 – Transport Phenomena In Polymers *[Fenomena Pengangkutan Dalam Polimer]*

Duration : 2 hours
[Masa : 2 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 THREE questions from PART A and THREE questions from PART B.

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

Instruction: Answer TWO questions from PART A and TWO questions from PART B. If candidate answers more than four questions only the first four questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab DUA soalan dari BAHAGIAN A dan DUA soalan dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat 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 must be used.

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

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] The following figure displays structural characteristics of natural rubber latex mattress foam.

Rajah berikut mempamerkan ciri-ciri struktur suatu busa tilam lateks getah asli

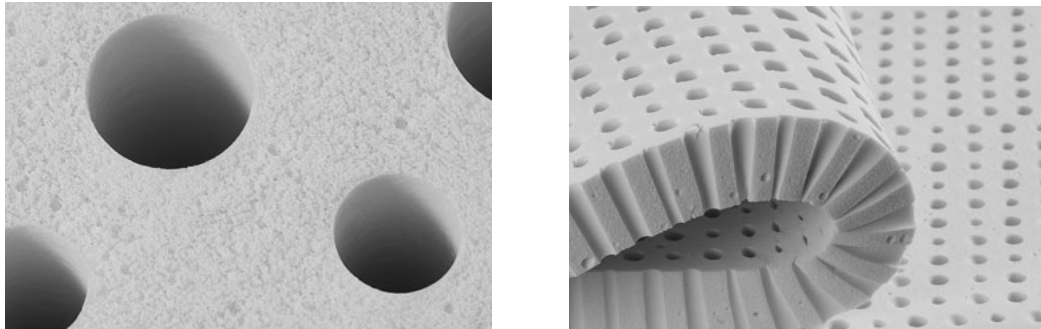


Figure 1: Perforated feature of natural rubber latex foam

Rajah 1: Ciri berlubang dalam suatu busa lateks getah asli

Besides giving comfort, the above design feature is also crucial for heat transfer during production of the foam. Bearing this fact in mind, discuss the function of this design for heat transfer during the production and explain why this feature is common in latex foam but seldom found in other types of polymeric foams.

Selain daripada memberikan keselesaan, ciri rekabentuk di atas juga penting bagi pemindahan haba semasa penghasilan busa tersebut. Dengan mempertimbangkan fakta ini, bincangkan fungsi rekabentuk tersebut dalam pemindahan haba semasa penghasilan busa dan terangkan mengapa ciri berkenaan adalah lazim dalam busa lateks tetapi jarang ditemui busa-busa polimer yang lain.

(60 marks/markah)

- [b] Conduction heat transfer is very dominant in injection moulding process. Using the Fourier's law equation for conduction heat transfer, identify factors affecting heat transfer rate which subsequently determine the production rate of an injection moulding process.

Pemindahan haba secara konduksi adalah amat penting dalam proses pengacuanan suntikan. Menggunakan persamaan Hukum Fourier bagi pemindahan haba secara konduksi, kenalpasti faktor-faktor yang mempengaruhi kadar pemindahan haba yang seterusnya menentukan kadar pengeluaran produk suatu proses pengacuanan suntikan.

(40 marks/markah)

2. [a] Calculate the Brinkman number, Br , for the following cases that involve flow of a molten polymer inside a heated barrel having these dimension; length = 150 mm and diameter = 20 mm.

Case 1

Given:

Volumetric flow rate, $Q = 1.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Temperature increase, $\Delta T = 7^\circ\text{C}$

Case 2

Given:

Volumetric flow rate, $Q = 8.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3\text{s}^{-1}$

Temperature increase, $\Delta T = 30^\circ\text{C}$

For every case, the thermal conductivity, κ , and viscosity, η , of the molten polymer are $1.5 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ and 1300 Pa.s, respectively.

Comment on the calculated Brinkman number values with respect to the mode of heat transfer occurring in each case.

...4/-

Kirakan nombor Brinkman, Br , untuk kes-kes berikut yang melibatkan aliran leburan polimer di dalam suatu barel panas yang mempunyai dimensi; panjang = 150 mm dan diameter = 20 mm.

Kes 1

Diberi:

Kadar aliran isipadu, $Q = 1.3 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Kenaikan suhu, $\Delta T = 7^\circ \text{C}$

Kes 2

Diberi:

Kadar aliran isipadu, $Q = 8.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

Kenaikan suhu, $\Delta T = 30^\circ \text{C}$

Untuk setiap kes, pemalar kekonduksian terma, κ , dan kelikatan, η , leburan polimer itu masing-masing ialah $1.5 \times 10^{-5} \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$ dan 1300 Pa.s .

Berikan komen ke atas nilai nombor Brinkman yang dikira merujuk kepada mod pemindahan haba yang terhasil dalam setiap kes.

(60 marks/markah)

- [b] Explain factors that could contribute to the complexity in characterizing heat flow analyses in polymer processing. For each factor, give appropriate examples to support their existence in actual processing activities.

Terangkan faktor-faktor yang boleh menyumbang kepada kerumitan dalam mencirikan analisa aliran haba dalam pemrosesan polimer. Untuk setiap faktor, berikan contoh-contoh yang bersesuaian bagi menyokong kewujudan mereka dalam aktiviti-aktiviti pemrosesan sebenar.

(40 marks/markah)

...5/-

3. [a] Most free-surface shaping procedures such as fiber spinning and blow moulding involve elongation or extensional deformation.

Kebanyakan prosedur pembentukan bebas-permukaan seperti pemintalan gentian dan pengacuanan tiupan membabitkan canggaan pemanjangan atau terikan.

- (i) The following mathematical expression describes the relationship of heat generation during this type of deformation with the deformation rate. How this heat generation assists the shaping process?

Ungkapan matematik berikut menerangkan hubungan haba yang terjana semasa canggaan jenis ini dengan kadar canggaan yang dikenakan. Bagaimanakah penjanaan haba tersebut membantu proses pembentukan tersebut?

$$P = \eta_E \dot{\epsilon}^2$$

Where / di mana:

P = Heat generated / Haba terjana

η_E = Elongational viscosity / Kelikatan pemanjangan

$\dot{\epsilon}$ = Elongational rate / Kadar pemanjangan

(35 marks/markah)

- (ii) “Besides giving extra heat, the extensional deformation also helps in stabilizing the shape of the product”.

Please give a short comment on the above statement.

“Selain daripada memberi haba tambahan, canggaan pemanjangan tersebut juga membantu dalam penstabilan bentuk produk”.

Berikan komen ringkas terhadap kenyataan tersebut.

(15 marks/markah)

- [b] Figure 2 depicts schematic representation of a flat-film extrusion setup. Using the diagram, identify modes of heat transfer activities that occurred in this kind of shaping procedure.

Rajah 2 menggambarkan perwakilan skematik suatu susun atur pengestrudan filem rata. Dengan menggunakan rajah tersebut, kenalpasti aktiviti-aktiviti mod pemindahan haba yang berlaku dalam prosedur pembentukan sebegini.

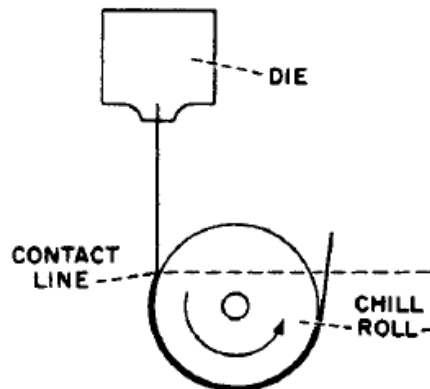


Figure 2: Example of a chill roll system for flat film extrusion setup.

Rajah 2: Contoh sistem penggulung sejuk bagi susunatur pengestrudan filem rata.

(20 marks/markah)

- [c] During a thermoforming process, a sheet of High Impact Polystyrene (HIPS) at room temperature T_s , of 27°C , is placed over an infra-red heater with a set temperature, $T_f = 80^\circ\text{C}$, and it is given that the heat flux, q/A , is $19.6 \text{ kJ/m}^2\text{h}$.

Determine the heat flux if the heater temperature, T_f , is 135°C .

Semasa proses pembentukan haba, satu kepingan polistirena hentaman tinggi (HIPS) pada suhu bilik, T_s , of 27°C , diletakkan di atas suatu pemanas infra merah yang mempunyai suhu, $T_f = 80^\circ\text{C}$, dan diberikan bahawa fluks haba, q/A , ialah $19.6 \text{ kJ/m}^2\text{h}$.

Tentukan fluks haba sekiranya suhu pemanas, T_f , ialah 135°C .

(30 marks/markah)

...8/-

PART B / BAHAGIAN B

4. [a] Discuss all the factors that contribute to the transport processes in polymeric system.

Bincangkan semua faktor-faktor yang menyumbang terhadap proses pengangkutan sistem polimer.

(60 marks/markah)

- [b] What do you understand by mass transfer? Describe the physical origin of diffusion.

Apakah yang anda faham berkenaan dengan pengangkutan jisim? Terangkan kejadian fizikal peresapan.

(40 marks/markah)

5. Air at 40°C and 1 atm flows at a velocity of 70 m/s over:

- (i) a flat plate 1.5 m long.
(ii) a sphere 15 cm in diameter.

Calculate the mass transfer coefficient of water vapour in air. Assume concentration of vapour in air is very small. (Diffusion coefficient of water vapour in air, $D = 0.256 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, viscosity of water, $\mu = 2.0 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$, molecular weight of air is 28.9).

Udara pada suhu 40°C dan tekanan 1 atmosfera bergerak dengan halaju 70 m/s melalui:

- (i) *kepingan rata panjang 1.5 m.*
(ii) *bulatan yang bergarispusat 15 cm.*

Kirakan pekali pemindahan haba pemeruapan air di udara. Anggarkan kepekatan pemeruapan di dalam air terlalu kecil. (Pekali peresapan pemeruapan air di udara, $D = 0.256 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, kelikatan air, $\mu = 2.0 \times 10^{-5} \text{ kg/ms}$, berat molekul udara ialah 28.9).

(100 marks/markah)

6. Figure 3 shows the process involve in production of solution-cast films. A polymer solution is cast onto a rotating roll, and the solvent is removed by air flowing in the opposite direction. Then, the dry film is removed from the roll and goes into the next processing step.

Rajah 3 menunjukkan proses penghasilan filem secara penuangan-larutan. Larutan polimer dituang ke atas penggulung yang berputar dan pelarut dikeluarkan melalui tiupan angin mengikut arah yang bertentangan. Kemudian, filem yang telah kering dikeluarkan daripada penggulung dan diikuti dengan proses seterusnya.

Figure 3: Solution-cast film geometry

Rajah 3: Geometri filem yang dihasilkan secara penuangan-larutan

Estimate the convective mass transfer coefficient of the solvent into the air. Given that the time needed for 80% solvent removal. The air speed, V , is 2 m/s, the radius of the roll, R , is 40 cm, and the thicknesses of the film, L , and of the air duct, L' , are 2 mm. The polymer solution is in contact with the roll for $2/5$ of its periphery. At average air temperature of 40°C , a typical value for the diffusivity of the solvent into the air stream is $D_{A(\text{air})} = 1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$, and the diffusivity of the solvent in the solution is $D_{A(\text{liq})} = 1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$. (Density and viscosity of the air at 40°C are: $\rho = 0.0011 \text{ g/cm}^3$ and $\mu = 0.00019 \text{ kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$).

Anggarkan koefisien pemindahan jisim perolakan pelarut ke udara. Diberikan masa yang diperlukan untuk mengeluarkan bahan pelarut. Kelajuan udara, V , ialah 2 m/s, jejari penggulung, R , 40 cm dan ketebalan filem, L , dan ketebalan tiub udara, L' , ialah 2 mm. Larutan polimer bersentuhan dengan $2/5$ daripada permukaan luar penggulung. Pada purata suhu 40°C , nilai penyerapan pelarut ke dalam aliran udara ialah $D_{A(\text{air})} = 1 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$, dan penyerapan pelarut ke dalam larutan ialah $D_{A(\text{liq})} = 1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$. (Kepadatan dan kelikatan air pada 40°C iaitu: $\rho = 0.0011 \text{ g/cm}^3$ dan $\mu = 0.00019 \text{ kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$).

(100 marks/markah)