
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2010/2011

April/May 2011

EBP 307/2 - Polymer Rheology [Reologi Polimer]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

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

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

This paper consists of SIX questions. THREE questions in PART A and THREE questions in PART B.

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

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

Arahan: Jawab **EMPAT** soalan. 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 shall be used.

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

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] According to Faith A. Morrison, rheology is the study of the flow of materials that behave in an interesting unusual manner. Briefly discuss this definition of rheology.

Merujuk kepada Faith A. Morrison, reologi adalah kajian aliran bagi bahan-bahan yang mempamerkan sifat aliran yang menarik. Secara ringkas bincangkan takrifan reologi ini.

(20 marks/markah)

- [b] What is deformation? How do you calculate deformation of an ideal solid and an ideal fluid?

Apakah ubah bentuk? Bagaimanakah anda mengira ubah bentuk bagi pepejal unggul dan bendalir unggul?

(15 marks/markah)

- [c] Figure 1 shows apparent viscosity – shear stress relationship for polypropylene (PP) at various temperatures.

Rajah 1 mempamerkan perhubungan kelikatan ketara – tegasan ricih bagi polipropilena (PP) pada suhu berbeza.

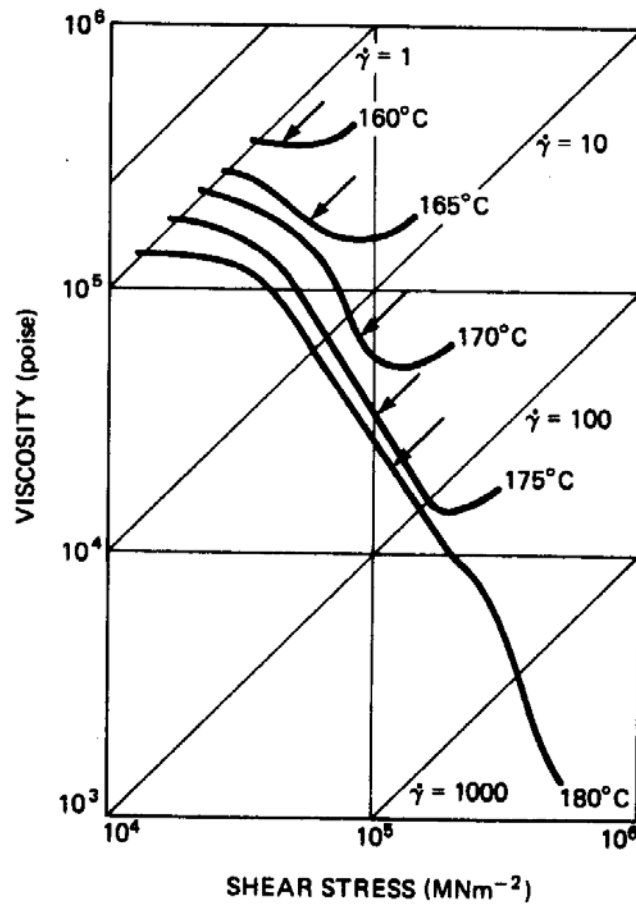


Figure 1

Rajah 1

Briefly explain the flow behavior of PP at different temperatures with increasing shear stress. What accounts for the upward sweep of the curves observed for PP at temperatures lower than 180°C?

Secara ringkas terangkan sifat aliran bagi PP pada suhu berbeza dengan peningkatan tegasan ricih. Apakah yang menyebabkan perubahan menaik lengkungan bagi PP pada suhu-suhu yang lebih rendah daripada 180°C?

(15 marks/markah)

- [d] The flow properties of polymer melts could not be determined at very high shear rates. Why?

Sifat-sifat aliran bagi leburan polimer tidak dapat ditentukan pada kadar ricih yang tinggi. Kenapa?

(20 marks/markah)

- [e] Although Bingham plastic has been referred to as the 'ideal plastic', such behavior is not observed in polymer melts. Briefly discuss this statement.

Walaupun 'Bingham plastic' dirujuk sebagai 'plastik unggul', kelakuan ini tidak diperhatikan pada leburan polimer. Secara ringkas bincangkan kenyataan ini.

(30 marks/markah)

2. [a] For the power law, prove that

$$\tau = \tau_0 \left(\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \right)^n$$

Bagi hukum kuasa, buktikan

$$\tau = \tau_0 \left(\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \right)^n$$

(25 marks/markah)

- [b] Obtain the following expression for shear rate at wall for a Power law fluid flow through a pipe. State your assumptions. Given:

$$v_0 = -\left(\frac{n}{n+1}\right)(\dot{\gamma}_0)^{\frac{n-1}{n}} \left(\left(\frac{1}{2\eta_0} \right) \left(\frac{dP}{dZ} \right) \right)^{\frac{1}{n}} \left(R^{\frac{n+1}{n}} \right)$$

$$v_z = v_0 \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{\frac{n+1}{n}} \right)$$

Dapatkan ungkapan bagi kadar ricih pada dinding untuk bendalir hukum Kuasa yang mengalir melalui paip. Nyatakan anggapan-anggapan anda. Diberi:

$$v_0 = -\left(\frac{n}{n+1}\right)(\dot{\gamma}_0)^{\frac{n-1}{n}} \left(\left(\frac{1}{2\eta_0} \right) \left(\frac{dP}{dZ} \right) \right)^{\frac{1}{n}} \left(R^{\frac{n+1}{n}} \right)$$

$$v_z = v_0 \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^{\frac{n+1}{n}} \right)$$

(75 marks/markah)

3. Apparent viscosities at different shear rates for two types of poly(ethyl acrylate), polymer A and polymer B were obtained at 100°C. Figure 2 (based on data in Table 1) shows flow curves for these polymers.

Kelikatan ketara pada terikan ricih berbeza bagi dua jenis polietil akrilat telah diperolehi pada suhu 100°C. Rajah 2 (merujuk kepada data di Jadual 1) mempamerkan lengkungan aliran bagi kedua-dua polimer.

Table 1

Jadual 1

Log shear rate	Log apparent viscosity	
	Polymer A	Polymer B
-2.24	4.74	4.74
-2.16	4.73	4.74
-2.04	4.70	4.74
-1.95	4.72	4.74
-1.84	4.70	4.74
-1.67	4.67	4.74
-1.49	4.66	4.73
-1.26	4.60	4.73
-1.14	4.57	4.73
-0.91	4.51	4.71
-0.72	4.44	4.68
-0.58	4.39	4.65
-0.45	4.33	4.60
-0.33	4.29	4.54
0.00	4.13	4.34
0.20	4.02	4.20
0.62	3.77	3.90
0.71	3.74	3.84
0.98	3.52	3.63
1.11	3.45	3.54
1.40	3.23	3.33
1.71	3.00	3.11
2.10	2.72	2.81
2.40	2.50	2.59
2.74	2.23	2.35
3.18	1.89	2.03
3.50	1.63	1.79
3.82	1.36	1.56

Figure 2

Rajah 2

- (a) Comment on the molecular weight distribution for these two polymers?

Beri komen terhadap taburan berat molekul bagi kedua-dua polimer ini?

(10 marks/markah)

- (b) For both polymers, determine the followings:

Untuk kedua-dua polimer, tentukan yang berikut:

- (i) zero-shear viscosity

kelikatan pada ricih sifar

(10 marks/markah)

- (ii) the Power law constants, consistency (K) and power law index (n)

pemalar bagi hukum Kuasa, 'consistency' (K) dan indeks hukum Kuasa (n)

(40 marks/markah)

- (c) What is the best model to fit the data for polymer A and those of polymer B? Determine all constants in the models. Given:

Apakah model yang sesuai bagi data untuk polimer A dan data untuk polimer B?

Tentukan semua pemalar bagi model-model tersebut. Diberi:

Carreau model

$$\frac{\eta - \eta_{\infty}}{\eta_0 - \eta_{\infty}} = \left[1 + (\lambda_c \dot{\gamma})^2 \right]^{\frac{n-1}{2}}$$

Truncated Carreau model

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \left[1 + (\lambda_c \dot{\gamma})^2 \right]^{\frac{n-1}{2}}$$

Modified Cross model

$$\eta(T, \dot{\gamma}) = \frac{\eta_0(T)}{1 + [C \eta_0(T) \dot{\gamma}]^{1-n}}$$

(40 marks/markah)

...9/-

PART B / BAHAGIAN B

- 4 [a] The following figure (Figure 3) depicts a preliminary design of a mould intended for the production of buttons. The weight of each button is 4 g and the density of the polymer melt is 800 kg/m^3 . The cavity filling must be accomplished in 10 seconds. The runner is cylindrical, with length $L = 40 \text{ mm}$ and diameter $D = 2.5 \text{ mm}$. Assuming that pressure drop occurs only inside the runner (which means that you can ignore the pressure drop inside the cavity), determine the pressure required to fill the cavity in the required time.

Rajah berikut (Rajah 3) menggambarkan rekabentuk awal suatu acuan yang dirancang untuk digunakan dalam penghasilan butang. Berat setiap butang ialah 4 g dan ketumpatan leburan polimer tersebut ialah 800 kg/m^3 . Pengisian ruang kaviti mesti dilaksanakan dalam masa 10 saat. Saluran peparit adalah berbentuk silinder dengan $L = 40 \text{ mm}$ dan diameter $D = 2.5 \text{ mm}$. Anggapkan perubahan tekanan hanya berlaku di dalam saluran peparit (bermakna anda boleh mengabaikan perubahan tekanan yang berlaku dalam ruang kaviti), tentukan tekanan yang diperlukan untuk mengisi ruang kaviti tersebut dalam masa yang diperlukan.

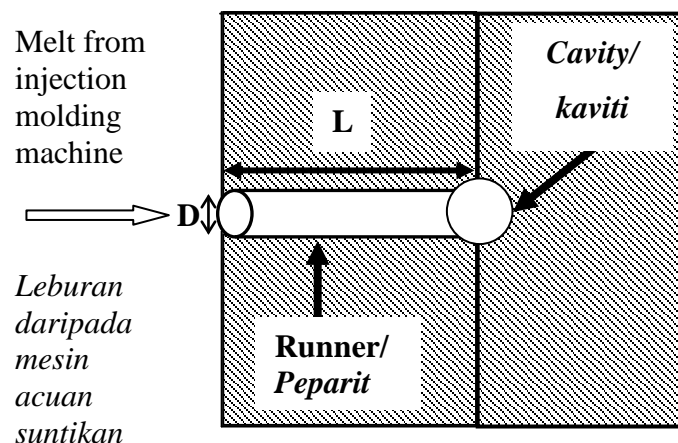


Figure 3: Schematic representation of a mould setup for button production

Rajah 3: Perwakilan skematik bagi suatu acuan untuk penghasilan butang

The material used for the button is polypropylene (PP), with viscosity, $\eta = 1500\dot{\gamma}^{-0.35}$. Also given is the PP density = 915 kg/m³.

Bahan yang digunakan untuk butang tersebut ialah polipropilena (PP) dengan kelikatan $\eta = 1500\dot{\gamma}^{-0.35}$. Juga diberi ialah ketumpatan PP = 915 kg/m³.

(60 marks/markah)

- [b] There are many defects related to the processing and fabrication of polymer product in an extrusion process such as melt fracture. Explain how melt fracture can be detected from a flow curve and list two practical ways of overcoming this defect.

Terdapat banyak kecacatan yang berkaitrapat dengan pemprosesan dan fabrikasi produk polimer misalnya rekahan leburan. Terangkan bagaimana rekahan leburan dapat dikesan dari suatu lengkungan aliran dan senaraikan dua cara praktikal untuk mengatasi kecacatan tersebut.

(40 marks/markah)

5. [a] Discuss how composition factor of a polymer compound can affect its rheological behaviour. Support your answer by giving appropriate examples.

Bincangkan bagaimana faktor komposisi suatu sebatian polimer boleh mempengaruhi sifat reologi sebatian tersebut. Berikan contoh-contoh yang sesuai untuk menyokong jawapan anda.

(60 marks/markah)

- [b] With the help of suitable diagrams, explain what is Superposition Technique and what is the use of this technique in polymer rheology study?

Dengan bantuan gambarajah bersesuaian, terangkan apakah itu Teknik Superposisi dan apakah kegunaannya dalam kajian reologi polimer?

(40 marks/markah)

...11/-

6. [a] If changes in rheological behaviour of a thermoset polymer (i.e. before crosslinking) need to be measured, what are things that need to be considered in conducting the procedure?

Give your opinion on what is the suitable reometer for the task and why did you choose that particular rheometer?

Sekiranya perubahan sifat reologi suatu polimer termoset (iaitu sebelum berlaku sambung-silang) hendak diukur, apakah perkara-perkara yang perlu dipertimbangkan dalam melaksanakan prosedur tersebut?

Berikan pendapat anda, apakah jenis reometer yang sesuai bagi tujuan tersebut dan mengapakah anda memilih reometer tersebut?

(40 marks/markah)

- [b] Your company has given you a task of measuring rheological behaviour of a polymer. Available in your factory is a Melt Flow Index (MFI) equipment. Describe how you can convert the MFI equipment into a constant shear stress capillary rheometer that will enable you to construct a complete flow curve for the polymer.

Syarikat anda telah memberikan anda satu tugas untuk mengukur kelakuan reologi suatu polimer. Tersedia di dalam kilang anda ialah satu alat Indeks Aliran Leburan (Melt Flow Index –MFI). Jelaskan bagaimana anda boleh menukarkan fungsi alat MFI itu kepada satu reometer kapilari tegasan malar yang boleh membantu anda dalam pembangunan lengkungan aliran lengkap bagi polimer tersebut.

(60 marks/markah)