
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
Academic Session 2004/2005

March 2005

**EBP 307E/2 – Polymer Rheology
[Reologi Polimer]**

Duration: 2 hours
[Masa: 2 jam]

Please check that this examination paper consists of NINE pages of printed material before you begin the examination.

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

This paper contains SIX questions.

[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan].

Instructions: Answer FOUR questions. If a candidate answer more than four questions, only the first four answered will be examined and awarded marks.

[Arahan: Jawab EMPAT soalan. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah].

Answer to any question must start on a new page.

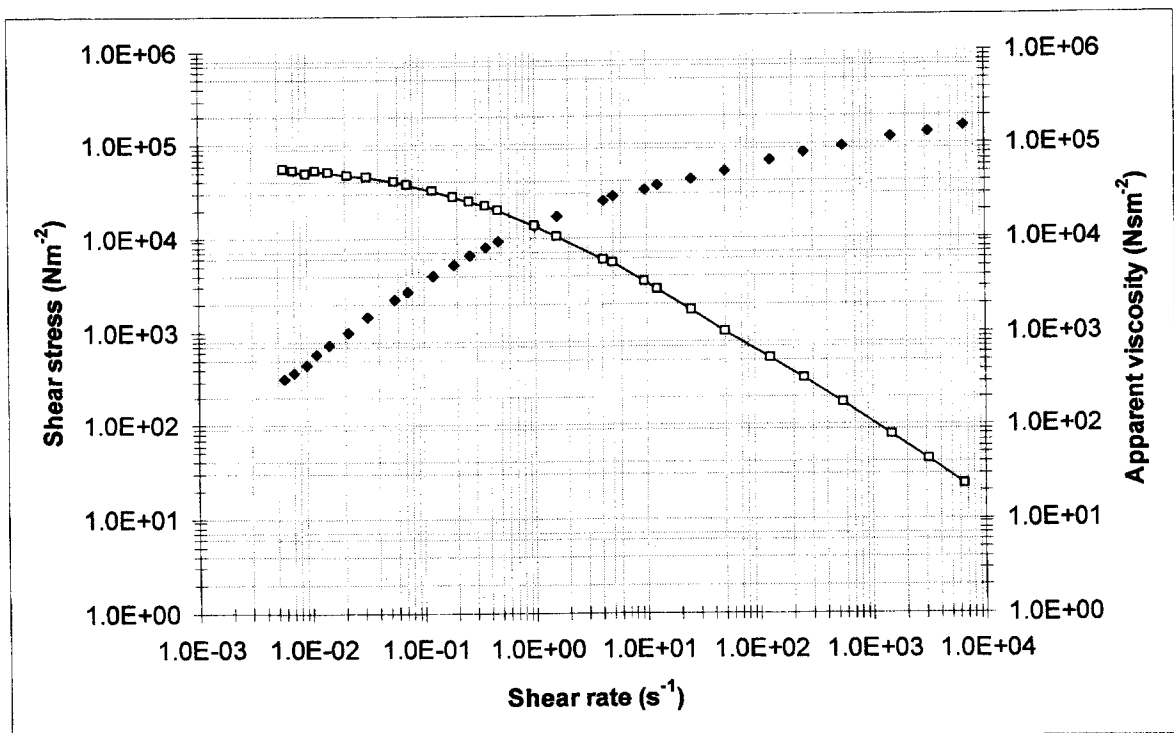
[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru].

All questions must be answered in English. However, ONE question can be answered in bahasa Malaysia.

[Jawab semua soalan dalam bahasa Inggeris. Walau bagaimanapun, SATU soalan dibenarkan dijawab dalam bahasa Malaysia].

1. The following flow curves are for poly (ethyl acrylate) obtained at 100°C. The polymer sample has a very broad molecular weight distribution with a viscosity-average molecular weight, M_v , of 310 000.

Lengkungan aliran untuk poli (etil akrilat) berikut diperolehi pada 100°C. Sampel polimer mempunyai taburan berat molekul yang lebar dengan berat molekul purata kelikatan, M_v , 310 000.



- (a) Comment the observed flow behavior of the polymer sample. Based on molecular structure, describe the shear rate dependence of viscosity.

(20 marks)

Komen kelakuan aliran sampel polimer tersebut. Berdasarkan kepada struktur molekul, terangkan kebergantungan kelikatan terhadap kadar ricih.

(20 markah)

- (b) There are four models that could be used to fit the above flow behavior, i.e. power-law, Carreau, truncated form of Carreau, and modified Cross. Which model would you use and why? (The answer must include comments on those are not considered).

(20 marks)

Terdapat empat model yang boleh dipadankan untuk kelakuan aliran di atas, iaitu hukum kuasa, Carreau, bentuk ringkas Carreau dan terubahsuai Cross. Model yang manakah yang akan anda pilih dan mengapa? (Jawapan perlu mengambil kira komen untuk model-model yang tidak dipertimbangkan).

(20 markah)

- (c) The following data were taken from the study. Using these data and the following equation, $\eta = K(\dot{\gamma})^{n-1}$, determine all the constants.

(60 marks)

Data berikut diperolehi daripada kajian. Dengan menggunakan data di bawah dan persamaan berikut $\eta = K(\dot{\gamma})^{n-1}$, tentukan semua pemalar.

(60 markah)

τ (Nm ⁻²)	$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)
1.36×10^4	1.01
1.67×10^4	1.60
2.44×10^4	4.15
2.76×10^4	5.08
3.22×10^4	9.66
3.59×10^4	12.76
4.29×10^4	25.4
5.03×10^4	50.8
6.59×10^4	127
7.96×10^4	254
9.40×10^4	550
1.16×10^5	1500
1.33×10^5	3140
1.52×10^5	6610

2. [a] Define rheology. Why is it important to study polymer rheology? What sort of information can be acquired from the study that benefits the following people?

- (i) a plastic products manufacturer
- (ii) a process engineer
- (iii) a research worker

(50 marks)

Berikan takrifan untuk reologi. Mengapakah kajian reologi polimer penting? Apakah bentuk maklumat yang boleh diperolehi daripada kajian reologi polimer yang memberi manfaat kepada golongan berikut?

- (i) pengilang produk plastik*
- (ii) jurutera proses*
- (iii) pegawai penyelidik*

(50 markah)

[b] Obtain the expressions for shear stress and shear rate at wall for a power law fluid flow between two parallel plates. State your assumptions.

(50 marks)

Dapatkan ungkapan bagi tegasan ricih dan kadar ricih pada dinding untuk bendalir hukum kuasa yang mengalir di antara dua kepingan selari. Nyatakan anggapan-anggapan anda.

(50 markah)

3. [a] Write short notes on the following topics :
- (i) Rheological equations of state for ideal materials.
 - (ii) Time independent fluids.
 - (iii) Generalized flow behavior for polymer melts and solutions.
- (60 marks)

Tuliskan nota-nota ringkas untuk topik-topik berikut :

- (i) *Persamaan keadaan reologi bagi bahan unggul*
 - (ii) *Bendalir tak bersandar masa*
 - (iii) *Kelakuan aliran teritlak bagi leburan dan larutan polimer*
- (60 markah)

- [b] For the power law, prove that

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \left[\frac{\tau}{\tau_0} \right]^{\frac{n-1}{n}}$$

(40 marks)

Bagi hukum kuasa, buktikan

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \left[\frac{\tau}{\tau_0} \right]^{\frac{n-1}{n}}$$

(40 markah)

4. [a] There are many processing origin defects related to the processing and fabrication of polymeric materials e.g. melt fracture. Suggest an experiment related to polymer rheology that can provide valuable information to minimize or totally eliminate the melt fracture problem.

(50 marks)

Terdapat banyak kecacatan asalan pemprosesan yang berkaitan dengan pemprosesan dan fabrikasi bahan polimer contohnya rekahan leburan. Cadangkan satu eksperimen berkaitan reologi polimer yang boleh memberi maklumat berharga untuk meminimumkan atau menghapuskan masalah rekahan leburan.

(50 markah)

- [b] Your company has been asked to produce an extrudate with the profile shown in Figure 1. Assuming that the die can be considered to be composed of three independent sections, **calculate the ratio of the die lengths ($L_A:L_B:L_C$)** of each section such that the linear rate of extrusion is the same in all three sections of the die, thus ensuring an undistorted extrudate. The polymer melt can be modelled as a power law fluid which has power law index of 0.33.

What other factors would need to be taken into consideration in the design of the die?

(50 marks)

Syarikat anda telah diminta untuk menghasilkan suatu ekstrudat dengan profil yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Andaikan bahawa dai yang hendak direkabentuk boleh dibahagikan kepada tiga bahagian yang berasingan, kirakan nisbah panjang dai ($L_A:L_B:L_C$) yang diperlukan untuk setiap bahagian supaya suatu kadar pengekstrudan linear yang sama diperolehi di dalam ketiga-tiga bahagian yang seterusnya memastikan ekstrudat yang tak-terherot diperolehi. Leburan polimer yang digunakan boleh dimodelkan sebagai suatu bendalir hukum kuasa yang mempunyai indeks hukum kuasa bersamaan dengan 0.33.

Apakah faktor-faktor lain yang perlu diambil kira dalam merekabentuk dai tersebut?

(50 markah)

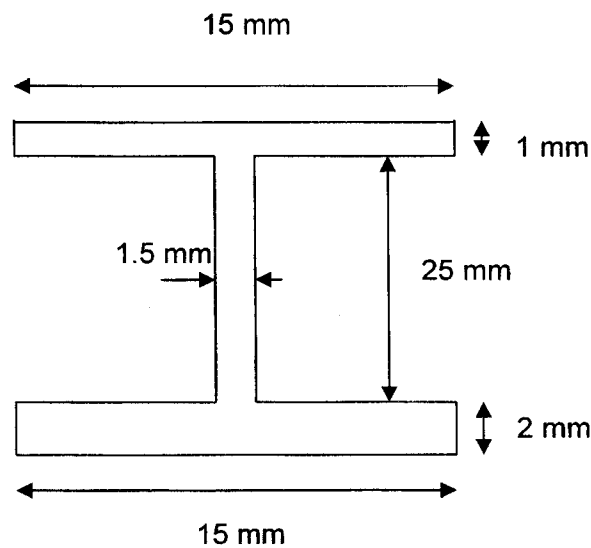


Figure 1 : Required extrudate dimension

Rajah 1 : Dimensi ekstrudat yang dikehendaki

5. [a] Discuss the internal factors that can influence rheological behaviour of a polymer.

(40 marks)

Bincangkan faktor-faktor dalaman yang boleh mempengaruhi sifat reologi suatu polimer

(40 markah)

- [b] Give the differences between a torque rheometer and a capillary rheometer as rheological instruments.

(30 marks)

Beri perbezaan-perbezaan antara reometer tork dengan reometer kapilari sebagai alat reologi.

(30 markah)

- [c] Determine rheological parameters (shear stress, shear rate and viscosity) for a plastic that has a Melt Flow Index (MFI) value of 8. Testing parameters are given as 190°C/2.16 kg and assume that Length-to-Diameter (L/D) ratio is 5.

Given: Die diameter = 2 mm
Piston diameter = 20 mm
Melt density = 0.88 g/cm³

(30 marks)

- [c] *Tentukan parameter-parameter reologi (tegasan ricih, kadar ricih dan kelikatan) bagi suatu plastik yang memberikan nilai indeks aliran leburan (MFI) bersamaan dengan 8. Parameter pengujian ialah 190°C/2.16 kg dan andaikan bahawa nisbah panjang-ke-diameter (L/D) dai ialah 5.*

*Diberi: Diameter dai = 2 mm
Diameter piston = 20 mm
Ketumpatan leburan = 0.88 g/cm³*

(30 markah)

6. [a] Explain how Melt Flow Index (MFI) tester can be utilised to obtain a complete flow curve.

(30 marks)

Terangkan bagaimana alat pengukuran indeks aliran leburan (MFI) boleh digunakan untuk mendapatkan kurva aliran lengkap.

(30 markah)

- [b] State **one** viscoelasticity phenomenon of polymer melt flow. Elaborate its implication towards processing and suggest a solution for the problem that arise from that particular phenomenon.

(30 marks)

Nyatakan satu fenomena kelikatkenyalan aliran leburan polimer. Huraikan implikasinya terhadap pemprosesan dan cadangkan penyelesaian terhadap masalah pemprosesan yang timbul akibat fenomena tersebut.

(30 markah)

- [c] Elaborate the role of rheology in the following processes :

- (i) Extrusion
- (ii) Injection moulding

(40 marks)

Huraikan peranan reologi dalam proses-proses berikut :

- (i) *Pengekstrudan*
- (ii) *Pengacuanan suntikan*

(40 markah)