

SULIT



Second Semester Examination
2024/2025 Academic Session

July/August 2025

EBB 226/3 – Physical Metallurgy and Heat Treatment
[Metalurgi Fizikal dan Rawatan Haba]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains ELEVEN (11) printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS (11) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instructions : Answer **FIVE (5)** questions. **Part A is COMPULSORY**. Answer **TWO (2)** questions from PART B. All questions carry the same marks.

[Arahan : Jawab **LIMA (5)** soalan. **Bahagian A WAJIB dijawab**. Jawab **DUA (2)** soalan dari BAHAGIAN B. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

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

Should any candidate be caught cheating or in possession of materials not authorised to be brought into the Examination Hall during the examination, appropriate disciplinary action will be taken against the candidate concerned. In the event a candidate is found guilty of cheating, he/she can be expelled from the University.

[Sekiranya seseorang calon didapati meniru/menipu ataupun mempunyai bahan-bahan yang tidak dibenarkan dibawa ke dalam Dewan Peperiksaan semasa peperiksaan diadakan, tindakan disiplin yang sewajarnya akan dikenakan terhadap calon berkenaan. Jika seseorang calon didapati bersalah meniru/menipu beliau boleh disingkir dari Universiti.]

...2/-

SULIT

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). There are two types of nucleation involved during solidification process: homogenous and heterogenous nucleation. Compare the homogenous and heterogenous nucleation process.

Terdapat dua jenis penukleusan semasa proses pemejalan; penukleusan homogenous dan heterogenous. Bandingkan proses penukleusan homogenous dan heterogenous.

(5 marks/markah)

- (b). State the Hume Rothery rules for formation of substitutional complete solid solubility

Nyatakan hukum Hume Rothery untuk pembentukan keseluruhan larutan pepejal gentian.

(3 marks/markah)

- (c). Explain how the movement of dislocation is controlled in the following process strengthening mechanism

Terangkan bagaimana pergerakan kehelan dikawal dalam proses mekanisma penguatan berikut:

- (i) Cold working makes aluminium alloy stronger.

Pengelekan sejuk menguatkan aloi aluminium.

(4 marks/markah)

- (ii). 70Cu-30Zn alloy is stronger than pure copper.

Aloi 70Cu-30Zn adalah lebih kuat berbanding dengan logam kuprum tulen.

(4 marks/markah)

...3/-

- (iii). The hardness of magnesium AZ31 Mg alloy is increased by adding particles of silicon carbide.

Kekerasan aloi AZ31 Mg meningkat dengan penambahan partikel silikon karbida.

(4 marks/markah)

- (2). (a). Your company just got a new client who wants to do heat treatment, specifically tempering for their products. They have various steel products (different size and shape), and your team must come up with a specific heat treatment route to ensure the products comply with their specific properties. Among the properties required is hardness, and for the basis of discussion, the hardness specifications are listed here. The products can be categorized into 3 groups :

Syarikat anda baru menerima pelanggan baru yang ingin melakukan rawatan haba, terutamanya pembajaan untuk produk-produk mereka. Mereka mempunyai pelbagai produk keluli (pelbagai saiz dan bentuk), dan pasukan anda perlu menentukan kaedah rawatan haba yang spesifik untuk memastikan produk-produk mereka mematuhi sifat spesifik yang ditentukan. Antara sifat-sifat yang diperlukan adalah kekerasan, dan bagi tujuan perbincangan, spesifikasi kekerasan adalah diberikan di sini. Produk-produk mereka boleh dikelaskan kepada 3 kumpulan :

- (i). Large size, thickness between 7.5 to 20 cm. Hardness required is 54 to 58 HRc.

Saiz besar, ketebalan antara 7.5 hingga 20 cm. Kekerasan diperlukan ialah 54 hingga 58 HRc.

(4 marks/markah)

- (ii). Small size, thickness less than 4 cm. Hardness required is 60 to 64 HRc (highest hardness).

Saiz kecil, ketebalan kurang daripada 4 cm. Kekerasan diperlukan ialah 60 hingga 64 HRc (kekerasan paling tinggi)

(4 marks/markah)

- (iii). Small to medium size, thickness between 2.5 to 7.5 cm. Hardness required is 46 to 52 HRc.

Saiz kecil hingga medium, ketebalan antara 2.5 hingga 7.5 cm. Kekerasan diperlukan ialah 46 hingga 52 HRc.

(4 marks/markah)

All the products are made from similar medium carbon steel with 0.4 to 0.45 wt% Carbon. Your team must now decide which heat treatment is the most suitable to be used for each of the group of products. A quick read about heat treatment for medium carbon steel came up with several options : conventional quenching, conventional quenching and tempering, martempering, and austempering. Compare these options and explain your decision.

Kesemua produk ini diperbuat daripada keluli karbon medium dengan 0.4 hingga 0.45 wt% karbon. Pasukan anda sekarang ini mestilah menentukan rawatan haba yang manakah paling sesuai untuk digunakan bagi setiap kumpulan produk ini. Bacaan pantas mengenai rawatan haba untuk keluli karbon medium menunjukkan terdapat beberapa pilihan : pelindapan kejut konvensional, pelindapan kejut konvensional dan pembajaan, martempering, dan austempering. Bandingkan pilihan-pilihan ini dan terangkan keputusan anda.

- (b). Figure 1 (a) and (b) give phase diagram of Al-Fe and Fe-Cu respectively. Al-Fe system has intermetallic compounds (IMC), shown in phase diagram as straight line or narrow region, whereas the Fe-Cu system only has solid solutions.

Gambarajah 1 (a) dan (b) memberikan gambarajah fasa Al-Fe dan Fe-Cu masing-masingnya. Sistem Al-Fe mempunyai sebatian antara-logam (SAL), ditunjukkan dalam gambarajah fasa sebagai garis lurus atau kawasan sempit, sementara sistem Fe-Cu hanya mempunyai larutan pepejal.

- (i). Why would some alloy systems have IMC but in other alloys the elements only dissolve and appear as solid solution only?

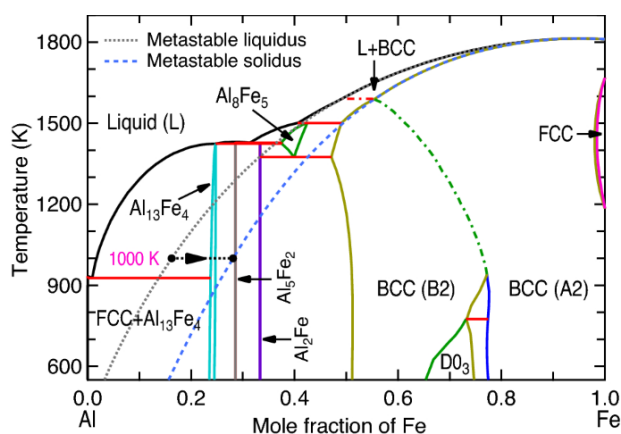
Mengapakah sebahagian sistem aloi mempunyai SAL tetapi di dalam sebahagian lagi sistem aloi semua elemen terlibat hanya melarut sebagai larutan pepejal sahaja?

(4 marks/markah)

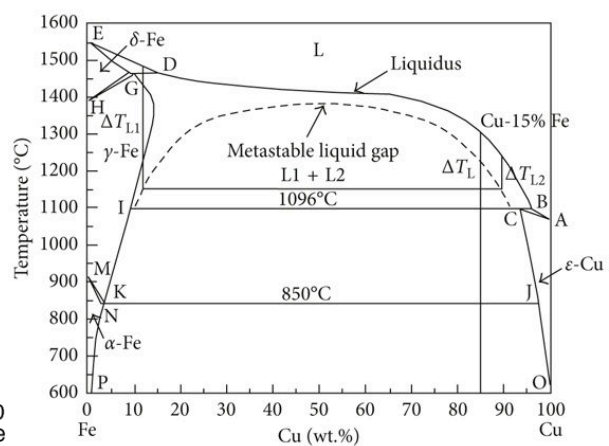
- (ii). How is IMC useful in properties of alloy? Explain.

Bagaimanakah SAL berguna di dalam sifat-sifat aloi? Terangkan.

(4 marks/markah)



(a)



(b)

Figure / Gambarajah 1 (a) Phase diagram Al-Fe / Gambarajah fasa Al-Fe, (b) Phase diagram Fe-Cu / Gambarajah fasa Fe-Cu

- (3). (a). A jet engine turbine blade is commonly made from a nickel-based superalloy. Describe the typical microstructure of a nickel-based superalloy and explain how it contributes to its mechanical performance at high temperatures.

Sebuah bilah turbin enjin jet biasanya diperbuat daripada superaloi berasaskan nikel. Perihalkan mikrostruktur lazim bagi superaloi berasaskan nikel dan jelaskan bagaimana ia menyumbang kepada prestasi mekanik pada suhu tinggi.

(5 marks/markah)

- (b). (i). Discuss the techniques used to control the morphology of graphite in three types of cast iron.

Bincangkan teknik-teknik yang digunakan untuk mengawal morfologi grafit dalam tiga jenis besi tuang.

(9 marks/markah)

- (ii). Explain how morphology of graphite influence the mechanical properties of the cast iron in (i), particularly in terms of strength, ductility, and toughness.

Terangkan bagaimana morfologi grafit mempengaruhi sifat mekanik besi tuang dalam (i), terutamanya dari segi kekuatan, kemuluran, dan keliatan.

(6 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

- (4). (a). Explain why plastic deformation occurs at stresses that are much smaller than the theoretical strength of perfect crystals?

Jelaskan mengapa ubahbentuk plastik berlaku pada tegasan yang jauh lebih kecil daripada kekuatan teori hablur sempurna?

(3 marks/markah)

- (b). The critical resolved shear stress for the (110)[111] slip system of a pure FCC metal was found to be 1.5 MPa. Calculate how much stress must be applied in the [001] direction to produce slip in (i) the [101] direction on the (111) plane and (ii) in the [011] direction on the (111) plane?

Tegasan ricih terlerai genting untuk sistem gelincir (110)[111] logam tulen FCC didapati adalah 1.5 MPa. Kirakan berapa tegasan mesti dikenakan pada arah [001] untuk menghasilkan gelongsor dalam (i) arah [101] pada satah (111) dan (ii) arah [011] arah pada satah (111)?

(10 marks/markah)

- (c). Al 2024 alloy was cold worked and followed by annealing process. Describe the recovery, recrystallization and grain growth that occur during annealing process. Your answer should include the schematic diagram showing how strength, ductility may alter as these process evolve with increasing temperature.

Aloi Al 2024 di kerja sejuk dan diikuti oleh proses penyepuhlindapan. Huraikan pemulihan, penghabluran semula dan pertumbuhan butiran yang berlaku semasa proses penyepuhlindapan. Jawapan anda perlu memasukkan gambarajah skematik menunjukkan bagaimana kekuatan, kemuluran boleh berubah apabila proses ini berubah dengan peningkatan suhu.

(7 marks/markah)

...8/-

- (5). (a). Figure 2 shows the phase diagram of Fe – Fe₃C, covering both steel and cast-iron alloy compositions. The phase diagram illustrates the various transformations of steel and cast-iron when they are cooled to room temperature (or when heated). However, you would soon discover that not all phases observed in steel and cast iron are present in the phase diagram. Discuss the following :

Rajah 2 menunjukkan gambarajah fasa Fe – Fe₃C, yang merangkumi komposisi kedua-dua keluli dan besi tuang. Gambarajah fasa tersebut menunjukkan pelbagai transformasi keluli dan besi tuang apabila aloi di sejukkan ke suhu bilik (atau apabila dipanaskan). Walau bagaimanapun, anda akan dapat melihat bahawa tidak semua fasa yang boleh diperhatikan dalam keluli dan besi tuang wujud di dalam gambarajah fasa tersebut. Bincangkan yang berikut :

- (i). Why are some phases missing from the phase diagram?
Mengapakah sebahagian fasa tidak terdapat dalam gambarajah fasa tersebut?

(4 marks/markah)

- (ii) The versatility of steel comes from the various phases or combination of phases that can be developed with various heat treatment, and the possibility of these transformations can be explained from the phase diagram. Analyze why steel can be manufactured with so many different grades and having different properties.

Versatiliti keluli datang daripada kepelbagaian fasa atau kombinasi fasa yang boleh dibangunkan dengan pelbagai rawatan haba, dan kemungkinan transformasi ini berlaku boleh diterangkan daripada gambarajah fasa. Analisis mengapa keluli boleh dihasilkan dengan begitu banyak gred berbeza dan mempunyai sifat-sifat yang pelbagai.

(6 marks/markah)

...9/-

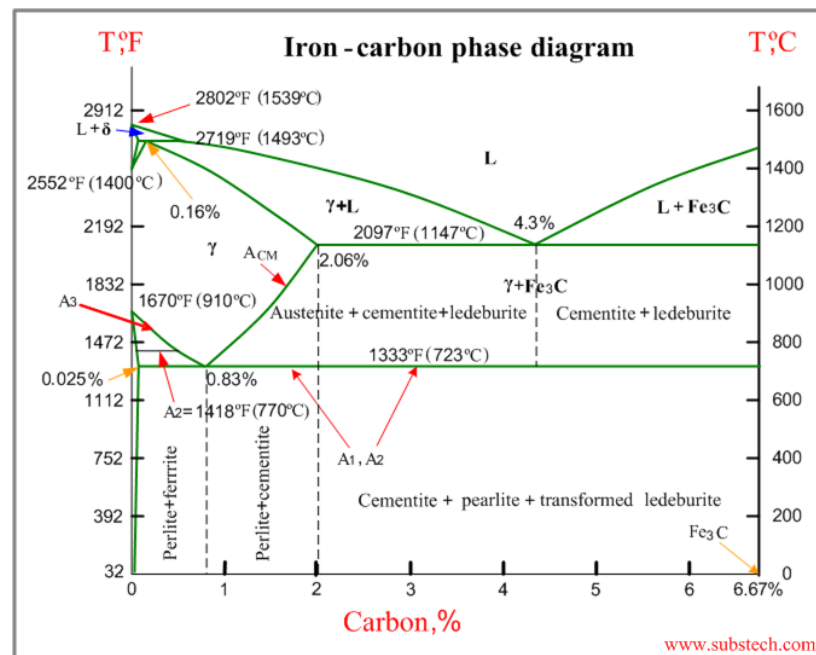
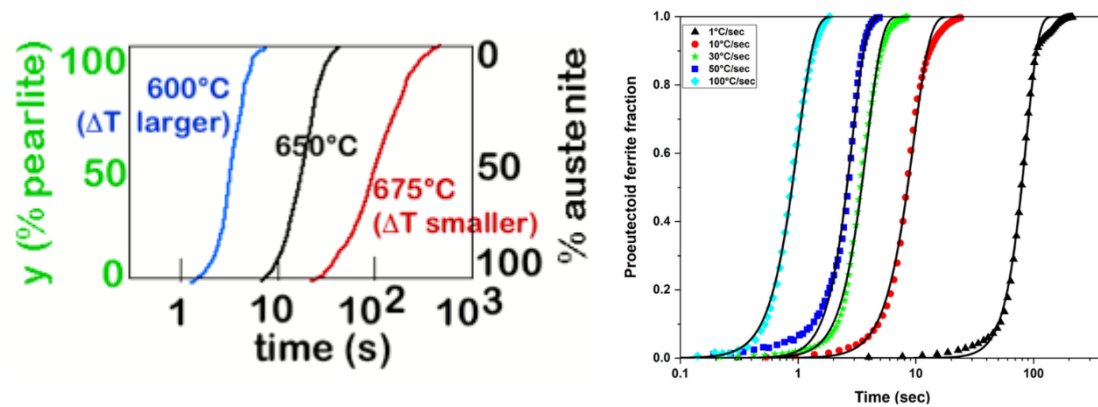


Figure 2 / Rajah 2 Phase diagram of Fe – Fe₃C / Gambarajah fasa Fe – Fe₃C

- (b). Figure 3 shows some examples of phase transformation plots; transformation of austenite to pearlite, transformation to ferrite as cooled, and recrystallization of cold worked copper. Discuss what the plots give and how the information is useful for product manufacturing.

Rajah 3 menunjukkan beberapa contoh plot transformasi fasa ; transformasi austenite kepada pearlite, transformasi kepada ferit apabila disejukkan, dan penghabluran semula kuprum di kerja sejuk. Bincangkan apakah yang diberikan oleh plot tersebut dan bagaimana maklumat ini berguna untuk pembuatan produk.



Rate of Phase Transformations

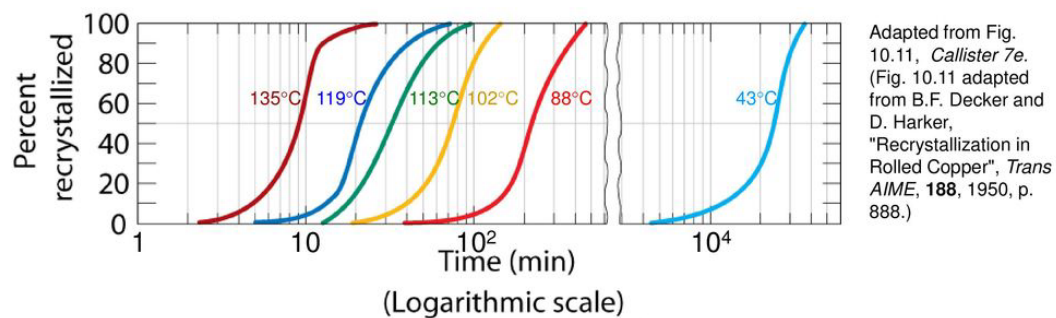


Figure 3/ *Rajah 3* Examples of phase transformation plots / *Beberapa contoh plot transformasi fasa*

(10 marks/markah)

- (6). (a). (i). Explain the role of chromium in enhancing the corrosion resistance of stainless steel

Terangkan peranan kromium dalam meningkatkan ketahanan kakisan keluli tahan karat.

(2 marks/markah)

- (ii). Differentiate between ferritic, martensitic, and austenitic stainless steels in terms of their microstructure, properties, and typical applications.

...11/-

Bezakan antara keluli tahan karat feritik, martensitik, dan austenitik dari segi mikrostruktur, sifat dan aplikasi biasa.

(9 marks/markah)

- (b). Aluminium alloys are commonly heat treated to enhance their mechanical properties.

Aloi aluminium biasanya dirawat haba untuk meningkatkan sifat mekaniknya.

- (i). Describe the key stages, and their purposes, involved in the precipitation hardening (age hardening) process for aluminium alloys.

Jelaskan peringkat utama dan tujuan setiap peringkat yang terlibat dalam proses pengerasan mendapan (pengerasan usia) untuk aloi aluminium.

(5 marks/markah)

- (ii). Explain why time duration is an important parameter in obtaining high strength of age-hardenable aluminium alloys.

Terangkan mengapa tempoh masa merupakan parameter penting dalam memperolehi kekuatan tinggi bagi aloi aluminium yang boleh dikeraskan usia.

(4 marks/markah)

-oooOooo-