
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2004/2005

Mac 2005

EBB 335/3 – Pirometalurgi

Masa: 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM BELAS muka surat yang bercetak dan SATU muka surat LAMPIRAN sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi LAPAN soalan.

Jawab **LIMA** soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

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

Jawab soalan nombor 1, 2, 3 dan 4 dalam bahasa Inggeris manakala soalan-soalan yang lain boleh dijawab dalam bahasa Malaysia.

1. (a) Satu sumber galian hematit (Fe_2O_3), selepas benefikasi, mengandungi 8% jumlah "gangue". Berapa jumlah kandungan besi di dalam galian tersebut? Diberi berat atom bagi Fe = 56 dan O = 16.

(20 markah)

A source of hematite ore (Fe_2O_3), after beneficiation, contains 8% total gangue. How much is the total iron content in the ore? Given that atomic weight of Fe = 56 and O = 16.

(20 marks)

- (b) Nyatakan tindakbalas utama yang berlaku pada suhu berlainan di dalam satu relau bagas untuk penurunan oksida-oksida besi, kalsinasi batu kapur, dan disulfurisasi.

(40 markah)

Mention the major reactions taking place at different temperatures inside a blast furnace for the reduction of iron oxides, calcination of limestone, and desulphurization.

(40 marks)

- (c) Bincang secara ringkas kelakuan MnO dan Na_2O , sebagai bahan mentah yang dimasukkan di dalam relau bagas, semasa mereka bergerak ke bawah dan menuju ke tempat di mana logam panas berada.

(20 markah)

Discuss, in brief, the behavior of MnO and Na_2O in blast furnace input raw materials, as they move down, up to the hot metal stage.

(20 marks)

- (d) Tunjukkan, dengan berdasarkan prinsip-prinsip asas, kesan-kesan bagi pelbagai parameter proses ke atas pertukaran sulfur di antara slag cecair dan logam panas yang berlaku di dalam relau bagas.

(20 markah)

Show the effects of various process parameters, from fundamental principles, on the sulphur transfer between liquid slag and hot metal in a blast furnace.

(20 marks)

2. (a) Satu relau bagas berisipadu kerja 1500 m^3 dapat menghasilkan logam panas sebanyak 125 ton/jam. Komposisi logam panas tersebut ialah Fe = 93%, C = 4.2%, Si = 1.6%, Mn = 0.8%. Ia menggunakan galian hematite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 90\%$, $\text{SiO}_2 = 7.0\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2\%$, $\text{MnO} = 1.0\%$), fluks ($\text{CaCO}_3 = 95\%$, $\text{SiO}_2 = 5\%$), coke (C = 90%, $\text{SiO}_2 = 8.0\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 2\%$).

Anggapkan:

1. Semua caj galian besi dapat diturunkan oleh karbon.
2. Galian, coke, dan fluks yang digunakan adalah bebas daripada kelembapan.
3. Slag akhir yang dihasilkan mengandungi 50% CaO.
4. Kadar coke = 500 kg/thm.
5. Berat atom yang diberikan: Fe = 56, Si = 28, Ca = 40, Mn = 55, C = 12, O = 16.

Kirakan:

- i. Amaun galian besi (dalam ton) yang digunakan setiap hari.
- ii. Kebesaran (CaO/SiO_2) bagi slag terakhir.
- iii. Peratusan bagi jumlah SiO_2 yang diturunkan di dalam relau.
- iv. Produktiviti bagi relau (dalam t/d/m^3).

(60 markah)

- (b) Tuliskan nota ringkas ke atas (mana-mana dua):

- i. Tindakbalas Boudouard.
- ii. Tindakbalas pertukaran phosphorous di dalam sebuah relau bagas.
- iii. Gambarajah bebas tenaga – suhu Ellingham.

(40 markah)

One blast furnace of working volume 1500 m^3 produces 125 tons of hot metal per hour. The hot metal composition is : Fe = 93%, C = 4.2%, Si = 1.6%, Mn = 0.8%. It uses hematite ore (Fe₂O₃ = 90%, SiO₂ = 7.0%, Al₂O₃ = 2%, MnO = 1.0%), flux (CaCO₃ = 95%, SiO₂ = 5%), coke (C = 90%, SiO₂ = 8.0%, Al₂O₃ = 2%).

Assume:

1. All the iron ore charged gets reduced by carbon.
2. Ore, coke, and flux are all used moisture free.
3. The final slag contains 50% CaO.
4. Coke rate = 500 kg/thm.
5. Atomic weights given are : Fe = 56, Si = 28, Ca = 40, Mn = 55, C = 12, O = 16

Calculate:

- i. Amount of iron ore (in tons) used per day
- ii. Basicity (CaO/SiO₂) of the final slag
- iii. Percentage of the total SiO₂ reduced inside the furnace
- iv. Productivity of the furnace (in t/d/m³)

(60 marks)

Write short notes on (any two):

- i. Boudouard reaction
- ii. Phosphorus transfer reaction inside a blast furnace
- iii. Ellingham's free energy – temperature diagram

(40 marks)

3. Jawab mana-mana empat (4) soalan berikut:

- (a) Bincangkan kebaikan dan keburukan kesan-kesan nitrogen di dalam relau bagas pembuatan besi.
- (b) Bincangkan prinsip-prinsip rawatan besi di dalam sebuah RH Degasser dengan menggunakan lakaran-lakaran kasar.
- (c) Tunjukkan secara skematik satu unit COREX dan labelkan input dan outputnya.
- (d) Satu ton besi cecair disimpan dalam atmosfera terbuka pada suhu tetap 1570°C. Jika tekanan suhu separa nitrogen yang berada di atas *bath* tersebut diturunkan kepada 50%, apakah pertukaran yang dijangkakan dalam kandungan nitrogen yang telah dilarutkan di dalam leburan besi?
- (e) Terangkan secara ringkas mekanisma pengoksidaan DRI dan tunjukkan bahaya-bahaya yang kemungkinan berlaku semasa pengangkutan bahan tersebut.

(100 markah)

Answer any four (4) from the following:

- (a) Discuss the detrimental and useful effects of nitrogen in blast furnace iron making.*
- (b) Discuss the principles of treating steel in a RH Degasser, with rough sketches.*
- (c) Schematically show a COREX unit and label the inputs and outputs.*
- (d) One ton of liquid steel is kept in open atmosphere at a constant temperature of 1570°C. If the partial pressure of nitrogen above the bath is now reduced by 50%, what change is expected in the dissolved nitrogen content in the steel melt?*
- (e) Briefly explain the mechanism of oxidation of DRI and indicate the possible dangers associated during its transportation.*

(100 marks)

4. (a) Satu penukar LD yang merawat logam panas sebanyak 130 ton (mengandung C = 4.2%, Si = 1.8%, Mn = 0.8%, P = 0.1%, baki ialah besi) untuk menghasilkan keluli dengan C = 0.3%, Si = 0.4%, Mn = 0.7%, P = 0.01%. Jika kapur tulen ditambahkan ke dalam penukar untuk menghasilkan 40% CaO dan slag mempunyai 10% FeO, kirakan:
- Komposisi slag yang dihasilkan.
 - Berat slag yang dihasilkan dalam ton.
 - Komposisi teori oksigen dalam Nm^3 per ton bagi logam panas.

(60 markah)

An LD converter is treating 130 tons of hot metal (containing C = 4.2%, Si = 1.8%, Mn = 0.8%, P = 0.1%, rest being iron) to produce steel with C = 0.3%, Si = 0.4%, Mn = 0.7%, P = 0.01%. If pure lime is added to the converter to produce a slag with 40% CaO and the slag has 10% FeO, calculate:

- Composition of the slag produced*
- Wight of the slag produced in tons*
- Theoretical oxygen composition in Nm^3 per ton of hot metal*

(60 marks)

- (b) Berikan satu penilaian bandingan di antara proses-proses tiupan atas, tiupan bawah dan tiupan kombinasi dalam penghasilan keluli dari aspek input proses, kinetik, mutu produk dan lain-lain.

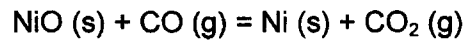
(40 markah)

Make a comparative assessment among the top blown, bottom blown and combined blown processes of steel making in terms of process inputs, kinetics, product quality, etc.

(40 marks)

5. Data keseimbangan berikut telah ditentukan bagi tindakbalas:

The following equilibrium data have been determined for the reaction:



T(°C)	663	716	754	793	852
K x 10 ⁻³	4.535	3.323	2.554	2.037	1.577

- i. Dapatkan ΔH° , K dan ΔG° pada suhu 1000 K dengan menggunakan sebuah plot.

(40 markah)

Find ΔH° , K and ΔG° at 1000 K by use of a plot.

(40 marks)

- ii. Apakah atmosfera yang mengandungi 15% CO₂, 5% CO dan 80% N₂ mampu mengoksidasi nikel pada suhu 1000 K?

(30 markah)

Would an atmosphere of 15% CO₂, 5% CO and 80% N₂ oxidize nickel at 1000 K?

(30 marks)

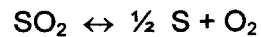
- iii. Untuk penulenan logam nikel, proses MOND telah digunakan secara dagangan sejak 1902. Perihalkan dengan terperinci proses ini.

(30 markah)

For the purification of nickel metal, the MOND process has been used commercially since 1902. Describe the process in detail.

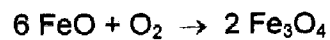
(30 marks)

6. (a) Semasa proses "penukaran matte" tembaga sulfida ke tembaga lepuh, udara ditiupkan ke dalam matte yang ditutup oleh jermang silika. Oksigen yang terbawa udara akan bertindakbalas dengan sulfur menjadi SO_2 , besi akan teroksida ke dalam jermang sebagai cecair FeO dan selanjutnya bertindakbalas dengan silika menjadi jermang FeO-SiO_2 . Untuk penghitungan tenaga bebas (ΔG°) tindakbalas penyingkiran sulfur pada suhu proses 1300-1400°C, sila gunakan persamaan berikut:



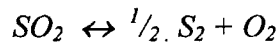
$$\Delta G^\circ = 362\,000 - 72.7 T \text{ (Joule)}$$

Dalam proses ini diketahui tekanan separa sulfur (P_{S_2}) bernilai 10^{-6} atm dan P_{SO_2} bernilai 0.2 atm. Dengan merujuk kepada gambarajah Ellingham yang disediakan, hitung nilai keaktifan FeO (a_{FeO}) di dalam jermang agar cecair FeO tidak berubah menjadi pepejal magnetit (Fe_3O_4) menurut tindakbalas berikut:



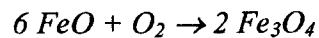
(65 markah)

During a matte converting process of copper sulfide to blister copper air is blown into the matte covered with silica slag. Oxygen carried by air will react with sulfur to become SO₂. Iron will be oxidized into the slag as liquid FeO and subsequently reacts with silica to form FeO-SiO₂ slag. In calculating the free energy of reaction (ΔG°) for the sulfur removal at the process temperature of 1300° – 1400° C, use the following equations,



$$\Delta G^\circ = 362\,000 - 72.7 T \text{ (Joule)}$$

In this process it is known that the partial pressure of sulfur (p_{S_2}) is 10^{-6} atm and p_{SO_2} is 0.2 atm, Use the provided Ellingham diagram to calculate the activity of FeO (a_{FeO}) in the slag to prevent the liquid FeO from becoming solid magnetite (Fe₃O₄) according to the following reaction:



(65 marks)

- (b) Terangkan proses penukaran matte kuprum kepada tembaga lepuh. Mengapakah penukar Peirce-Smith dilengkapi dengan tuyere-tiup sisi dan bukannya tiup-bawah?

(35 markah)

Describe the converting process of copper matte to blister copper. Why is the Peirce –Smith converter equipped with side-blown tuyeres instead of bottom-blown tuyeres?

(35 marks)

7. (a) Tekanan separa gas oksigen yang dalam keseimbangan dengan cecair tulen Plumbum dan cecair tulen PbO pada 1200 K adalah 3.72×10^{-10} atm. Sekiranya, SiO_2 ditambahkan kepada cecair PbO supaya keseimbangan Po_2 bagi larutan cecair tulen Pb – PbO – SiO_2 kupel diturunkan kepada 9.29×10^{-10} atm, kirakan aktiviti PbO dalam leburan Plumbum silikat.

(60 markah)

The partial pressure of oxygen in equilibrium with pure liquid lead and pure liquid PbO at 1200 K is 3.72×10^{-9} atm. If SiO_2 is added to the liquid PbO such that equilibrium p_{O_2} for the pure Pb-liquid PbO- SiO_2 solution couple is decreased to 9.29×10^{-10} atm, calculate the activity of PbO in the lead silicate melt.

(60 marks)

- (b) Huraikan dan terangkan tindakbalas kimia yang dominan yang berlaku dalam relau bagas Plumbum dengan memberikan spesifikasi bahan suapan. Tentukan juga apakah yang berlaku kepada produk-produk tindakbalas tersebut selepas meninggalkan relau.

(40 markah)

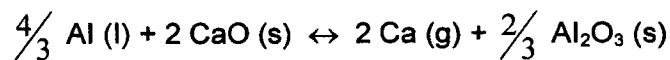
Describe and indicate the dominant chemical reactions that occurred inside the lead blast furnace by specifying the feed materials. Explain also what happened to the reaction products after leaving the furnace.

(40 marks)

8. (a) Tindakbalas penurunan CaO oleh aluminium pada tekanan atmosfera harus dilakukan pada suhu lebih tinggi dari 2300°C, sebab di bawah suhu ini, afiniti aluminium terhadap oksigen adalah kurang daripada kalsium.

Kalsium terhasil sebagai wap dan tekanan total sistem tindak balas penurunan berkurangan dengan penurunan suhu tindak balas.

- i. Carikan suhu penurunan dari tindak balas berikut:

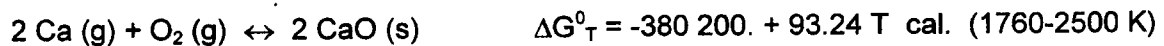
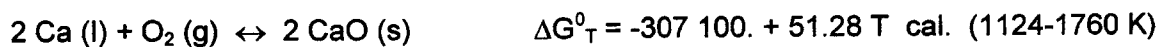
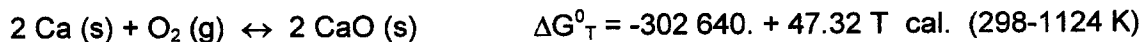
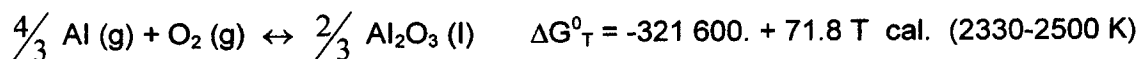
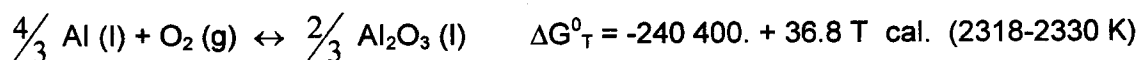


bagi tekanan total 0.76×10^{-3} mm Hg. (1 atm = 760 mm Hg)

- ii. Hitung tekanan separa Al dalam fasa gas dan pencemaran Ca oleh Al dalam sebutan mol% Al dan Ca selepas terluwapan dari suhu yang diperolehi dari (i).

(60 markah)

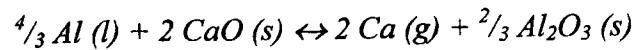
Diketahui:



$$\log P_{\text{Al}} \text{ (atm)} = -16980 T^{-1} + 6.24$$

The reduction of CaO by aluminum at atmospheric pressure must be carried out at a temperature higher than about 2000° C, since below this temperature the affinity of aluminum is less than that of calcium. Calcium is produced as a vapor, and as the total pressure of the system is decreased, the temperature of the reduction reaction also decreases.

- i. Find the reduction temperature for the following reaction

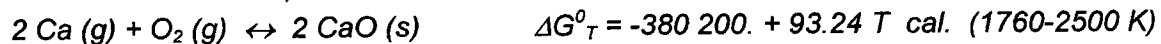
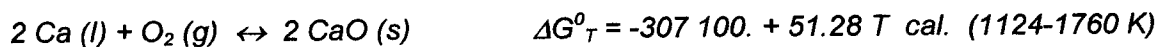
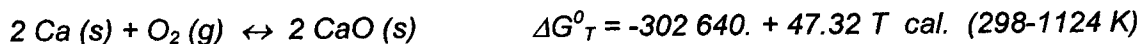
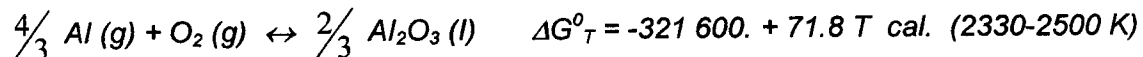
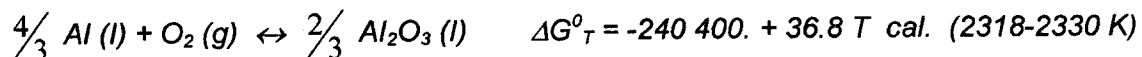
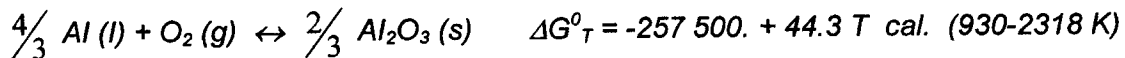


for a total pressure of 0.76×10^{-3} mm Hg.

- ii. Determine the partial pressure of Al in the gas phase, and the contamination of Ca by Al, in mol-% of Al, in Ca after condensation from the temperature found in (i).

(60 marks)

Given :



$$\log P_{\text{Al}} (\text{atm}) = -16980 T^{-1} + 6.24$$

- (b) Terangkan dengan jelas dilengkapi dengan carta alirannya, cara pengeluaran Alumina (Al_2O_3) melalui proses Bayer.

(20 markah)

Describe briefly using a flowsheet the extraction process of alumina (Al_2O_3) by the Bayer process.

(20 marks)

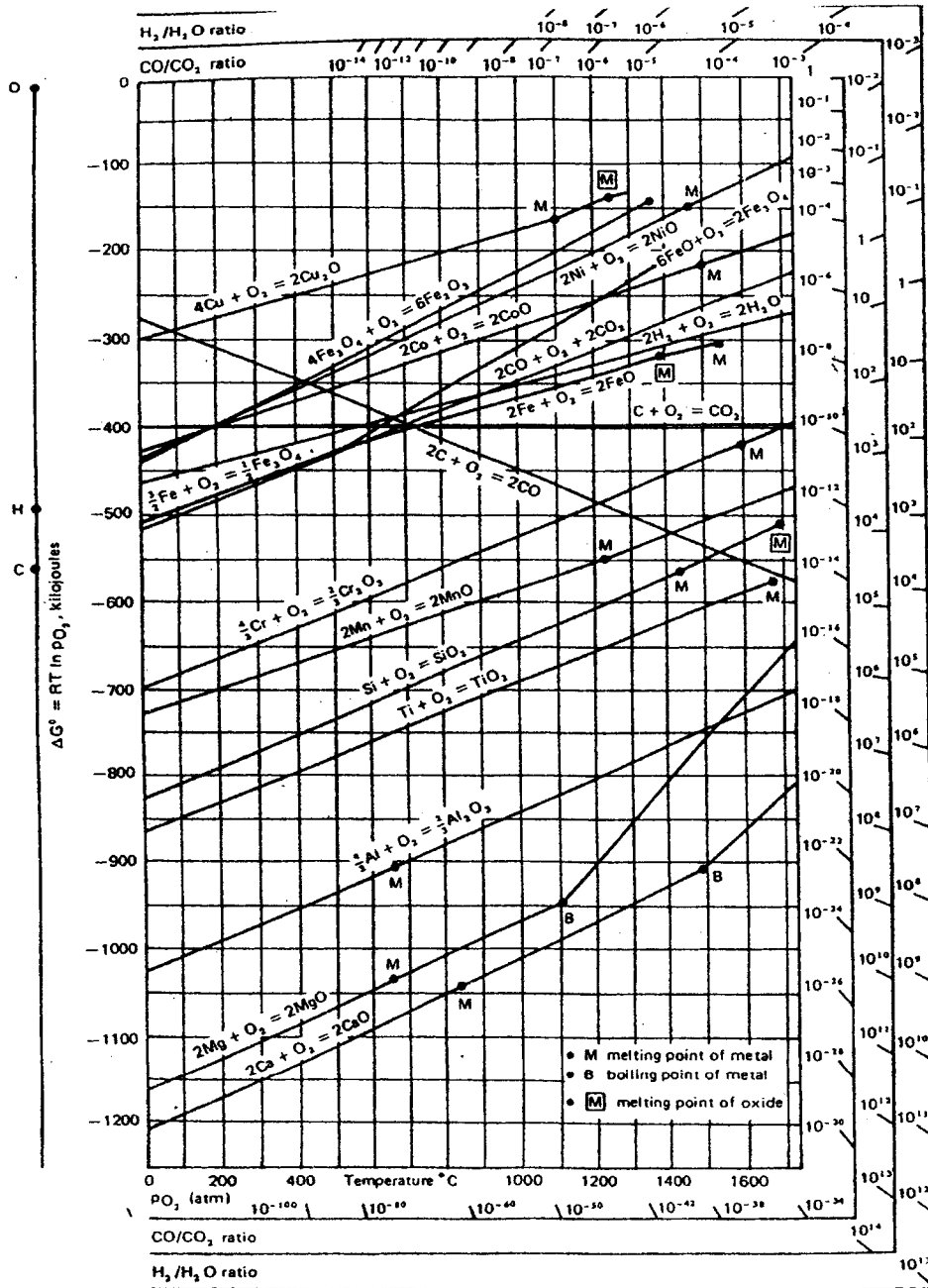
- (c) Huraikan prinsip kerja proses elektrolitik garam terlakur Hall-Heroult.

(20 markah)

Explain the working principle of the Hall-Heroult fused-salt electrolytic process.

(20 marks)

LAMPIRAN (APPENDIX)



The Ellingham diagram for metallurgically important oxides.