
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2002/2003

Februari/Mac 2003

EBB 316 – Kakisan & Degradasi

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEPULUH muka surat yang bercetak dan DUA muka surat LAMPIRAN sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan, TIGA soalan di BAHAGIAN A dan EMPAT soalan di BAHAGIAN B.

Jawab LIMA soalan. Jawab DUA soalan di BAHAGIAN A dan DUA soalan di BAHAGIAN B dan pilih SATU soalan dari mana-mana BAHAGIAN. 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.

Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia, jika calon memilih untuk menjawab dalam Bahasa Inggeris, maksimum DUA soalan dibolehkan.

...2/-

[c] Satu sel galvanik terdiri daripada satu elektrod Zn dalam 1M larutan $ZnSO_4$ dan nikel dalam 1M larutan $NiSO_4$. Dua elektrod dipisahkan oleh dinding berliang yang mencegah pencampuran dua larutan. Satu wayar luar bersama suis di sambung kepada dua elektrod. Bila suis ditutup:-

- [i] Pada elektrod yang manakah pengoksidaan terjadi?
- [ii] Elektrod yang manakah menjadi anod sel?
- [iii] Elektrod yang manakah mengkakis?
- [iv] Apakah emf sel galvanik ini bila saja suis ditutup.

A galvanic cell consists of an electrode of zinc in a 1 M $ZnSO_4$ solution and another of nickel in a 1 M $NiSO_4$ solution. The two electrodes are separated by a porous wall so that mixing of the solution is prevented. An external wire with a switch connects the two electrodes. When the switch is just closed:-

- [i] *At which electrode does oxidation occur?*
- [ii] *Which electrode is the anode of the cell?*
- [iii] *Which electrode corrodes?*
- [iv] *What is the emf of this galvanic cell when the switch is just closed?*

(20 markah)

...4/-

- [d] Satu sel galvanik pada 25°C terdiri daripada satu elektrod Zn dalam larutan 0.10M ZnSO_4 dan nikel dalam larutan 0.05M NiSO_4 . Dua elektrod dipisahkan oleh dinding berliang dan disambung dengan satu wayar luar. Apakah emf bagi sel bila suis antara dua elektrod ditutup.

A galvanic cell at 25°C consists of an electrode of zinc on a 0.10 M ZnSO_4 solution and another of nickel in a 0.05 M NiSO_4 solution. The two electrodes are separated by a porous wall and connected by an external wire. What is the emf of the cell when a switch between the two electrodes is just closed?

(30 markah)

2. [a] Dengan menggunakan persamaan, terangkan kelakuan pengoksidaan logam berikut dan berikan contoh.

- [i] Linear
- [ii] Parabola
- [iii] Logarithma

Using equation, describe the following oxidation of metals behaviour and give examples.

- [i] linear
- [ii] parabolic
- [iii] logarithmic

(30 markah)

...5/-

- [b] Pada 1000°C, nikel tulin mengikuti kurva pengoksidaan parabola diberi konstan $K = 3.9 \times 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$ dalam satu atmosfera oksigen. Jika hubungan ini tidak dipengaruhi oleh ketebalan filem oksida, kira masa diperlukan untuk kepingan nikel 0.1 cm mengoksida sempurna.

At 1000°C pure nickel follows a parabolic oxidation curve given by the constant $k = 3.9 \times 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$ in an oxygen atmosphere. If this relationship is not influenced by the thickness of the oxide film, compute the time required for a 0.1 cm nickel sheet to completely oxidize.

(30 markah)

- [c] Apakah faktor penting jika satu logam ingin membentuk oksida pelindung?

What factors are important if a metal is to form a protective oxide?

(20 markah)

- [d] Kira nisbah bagi isipadu oksida ke isipadu logam (nisbah Pilling – Bedworth) untuk pengoksidaan aluminium ke aluminium oksida (Al_2O_3). Ketumpatan aluminium 2.70 g/cm³ dan aluminium oksida 3.70 g/cm³.

Calculate the ratio of the oxide volume to metal volume (Pilling-Bedworth ratio) for the oxidation of aluminium to aluminium oxide, Al_2O_3 the density of aluminium (2.70g/cm³) and that of aluminium oxide (3.70g/cm³).

(20 markah)

3. [a] Senaraikan kegunaan utama bagi gambarajah Pourbaix.

List the main uses of the Pourbaix Diagram.

(25 markah)

...6/-

- [b] Dinding satu tangki keluli mengandungi air berudara mengkakis pada satu kadar 54.7 mdd. Berapa lama akan diambil untuk ketebalan dinding berkurangan sebanyak 0.5mm?

The wall of a steel tank containing aerated water is corroding at a rate of 54.7 mdd. How long will it take for the wall thickness to decrease by 0.5mm?

(25 markah)

- [c] Tunjukkan pemalar K bagi persamaan di bawah:-

$$CPR = \frac{KW}{\rho At}$$

akan mempunyai nilai 534 bagi CPR dalam unit mpy, dan 89.6 bagi CPR dalam unit mm/tahun.

Demonstrate that the constant K in equation below:-

$$CPR = \frac{KW}{\rho At}, W \text{ is the weight loss}$$

will have values of 534 and 87.6 for the CPR in units of mpy and mm/yr, respectively.

(25 markah)

- [e] Daripada sudut pandangan rekabentuk kejuruteraan, apakah harus dibuat untuk mencegah atau meminimalkan kakisan celahan.

From an engineering design standpoint what should be done to prevent or minimize crevice corrosion.

(25 markah)

...7/-

BAHAGIAN B
PART B

4. [a] Apakah kekutuban pengaktifan dan kekutuban kepekatan? Jelaskan secara ilustrasi.

What is the activation polarization and concentration polarization refer to? Explain with illustration.

(50 markah)

- [b] Kadar kakisan perlu ditentukan bagi logam divalens M dalam satu larutan yang mengandungi ion hidrogen. Data kakisan berikut adalah mengenai logam dan larutan tersebut:-

The corrosion rate is to be determined for some divalent metal M in a solution containing hydrogen ions. The following corrosion data are known about the metal and solution:-

Untuk Logam M For Metal M	Untuk Hidrogen For Hydrogen
$V_{(M/m^{+2})} = -0.47V$ $i_o = 5 \times 10^{-10} \text{ A/cm}^2$ $\beta = +0.15$	$V_{(H^+/H_2)} = 0V$ $i_o = 2 \times 10^{-9} \text{ A/cm}^2$ $\beta = -0.12$

- [i] Dengan menganggap kekutuban pengaktifan mengawal tindak balas pengoksidaan dan penurunan, tentukan kadar bagi kakisan logam M dalam ($\text{mol/cm}^2\text{-S}$)

Assuming the activation polarization controls both oxidation and reduction reactions, determine the rate of corrosion of metal M in ($\text{mol/cm}^2 - \text{S}$).

(25 markah)

...8/-

- [ii] Kirakan keupayaan kakisan bagi tindakbalas ini.

Compute the corrosion potential for this reaction.

(25 markah)

5. [a] Tunjukkan kadar penusukan kakisan (CPR) adalah berkaitan dengan ketumpatan arus i (A/cm^2) melalui ungkapan

$$CPR = \frac{KAi}{n\rho}$$

Di mana K ialah pemalar, A berat atom logam yang mengalami kakisan, n jumlah elektron yang terlibat dengan pengionan bagi setiap atom logam dan ρ ketumpatan logam.

Demonstrate that the corrosion penetration rate (CPR) is related to the corrosion current density i (A/cm^2) through the expression

$$CPR = \frac{KAi}{n\rho}$$

Where K is a constant, A is the atomic weight of the metal experiencing corrosion, n is the number of electrons associated with ionization of each metal atom, and ρ is density of metal.

(30 markah)

- [b] Kira nilai Pemalar K bagi CPR dalam mpy dan i dalam $\mu A/cm^2$ ($10^{-6} A/cm^2$).

Calculate the value of constant K for CPR in mpy and i in $\mu A/cm^2$ ($10^{-6} A/cm^2$).

(35 markah)

...9/-

- [c] Menggunakan keputusan dalam a dan b, kira kadar penusukan kakisan dalam mpy, bagi kakisan besi (ketumpatan 7.9 g/cm^3 dan berat atom 55.85 g/mol) dalam asid sitrik (untuk membentuk ion Fe^{2+}) jika ketumpatan arus kakisan $1.15 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$.

Using the results in a and b, compute the corrosion penetration rate, in mpy, for the corrosion of Iron (density 7.9 g/cm^3 and Atomic weight 55.85 g/mol) in citric acid (to form Fe^{2+} ions) if the corrosion current density is $1.15 \times 10^{-5} \text{ A/cm}^2$.

(35 markah)

6. Jelaskan secara terperinci dengan bantuan gambarajah dan contoh:-

Explain in detail with aid of diagram and examples:-

- [a] Perlindungan katodik secara anod korbanan

Cathodic protection by sacrificial anodes.

(30 markah)

- [b] Perlindungan anodik.

Anodic protection.

(30 markah)

- [c] Kakisan arus sesat-sebab, mekanisme dan pencegahan.

Stray current corrosion – cause, mechanism and prevention.

(40 markah)

...10/-

7. [a] Nyatakan panduan umum untuk pencegahan kakisan melalui rekabentuk.

State the general guide lines for corrosion prevention by design.

(30 markah)

- [b] Jelaskan kakisan celahan secara penerangan, sebab-sebab, mekanisme, identifikasi dan pencegahan.

Explain the crevice corrosion by description, causes, mechanisms, recognition and prevention.

(30 markah)

- [c] Jelaskan kakisan mikrobiologi secara penerangan, sebab-sebab, mekanisme, identifikasi dan pencegahan.

Explain the microbiological corrosion by description, causes, mechanisms, recognition and prevention.

(40 markah)

- ooo O ooo -

LAMPIRAN

Characteristics of Selected Elements

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Weight (amu)	Density of Solid, 20°C (g/cm ³)	Crystal Structure, 20°C	Atomic Radius (nm)	Ionic Radius (nm)	Most Common Valence	Melting Point (°C)
Aluminum	Al	13	26.98	2.71	FCC	0.143	0.053	3+	660.4
Argon	Ar	18	39.95	—	—	—	—	Inert	-189.2
Barium	Ba	56	137.33	3.5	BCC	0.217	0.136	2+	725
Beryllium	Be	4	9.012	1.85	HCP	0.114	0.035	2+	1278
Boron	B	5	10.81	2.34	Rhomb.	—	0.023	3+	2300
Bromine	Br	35	79.90	—	—	—	0.196	1-	-7.2
Cadmium	Cd	48	112.41	8.65	HCP	0.149	0.095	2+	321
Calcium	Ca	20	40.08	1.55	FCC	0.197	0.100	2+	839
Carbon	C	6	12.011	2.25	Hex.	0.071	~0.016	4+	(sublimes at 3367)
Cesium	Cs	55	132.91	1.87	BCC	0.265	0.170	1+	28.4
Chlorine	Cl	17	35.45	—	—	—	0.181	1-	-101
Chromium	Cr	24	52.00	7.19	BCC	0.125	0.063	3+	1875
Cobalt	Co	27	58.93	8.9	HCP	0.125	0.072	2+	1495
Copper	Cu	29	63.55	8.94	FCC	0.128	0.096	1+	1084
Fluorine	F	9	19.00	—	—	—	0.133	1-	-220
Gallium	Ga	31	69.72	5.90	Ortho.	0.122	0.062	3+	29.8
Germanium	Ge	32	72.59	5.32	Dia. cubic	0.122	0.053	4+	937
Gold	Au	79	196.97	19.32	FCC	0.144	0.137	1+	1064
Helium	He	2	4.003	—	—	—	—	Inert	-272 (at 26 atm)
Hydrogen	H	1	1.008	—	—	—	0.154	1+	-259
Iodine	I	53	126.91	4.93	Ortho.	0.136	0.220	1-	114
Iron	Fe	26	55.85	7.87	BCC	0.124	0.077	2+	1538
Lead	Pb	82	207.2	11.35	FCC	0.175	0.120	2+	327
Lithium	Li	3	6.94	0.534	BCC	0.152	0.068	1+	181
Magnesium	Mg	12	24.31	1.74	HCP	0.160	0.072	2+	649
Manganese	Mn	25	54.94	7.44	Cubic	0.112	0.067	2+	1244
Mercury	Hg	80	200.59	—	—	—	0.110	2+	-38.8
Molybdenum	Mo	42	95.94	10.22	BCC	0.136	0.070	4+	2617
Neon	Ne	10	20.18	—	—	—	—	Inert	-248.7
Nickel	Ni	28	58.69	8.90	FCC	0.125	0.069	2+	1453
Niobium	Nb	41	92.91	8.57	BCC	0.143	0.069	5+	2468
Nitrogen	N	7	14.007	—	—	—	0.01-0.02	5+	-209.9
Oxygen	O	8	16.00	—	—	—	0.140	2-	-218.4
Phosphorus	P	15	30.97	1.82	Ortho.	0.109	0.035	5+	44.1
Platinum	Pt	78	195.08	21.45	FCC	0.139	0.080	2+	1772
Potassium	K	19	39.10	0.862	BCC	0.231	0.138	1+	63
Silicon	Si	14	28.09	2.33	Dia. cubic	0.118	0.040	4+	1410
Silver	Ag	47	107.87	10.49	FCC	0.144	0.126	1+	962
Sodium	Na	11	22.99	0.971	BCC	0.186	0.102	1+	98
Sulfur	S	16	32.06	2.07	Ortho.	0.106	0.184	2-	113
Tin	Sn	50	118.69	7.3	Tetra.	0.151	0.071	4+	232
Titanium	Ti	22	47.88	4.51	HCP	0.145	0.068	4+	1668
Tungsten	W	74	183.85	19.3	BCC	0.137	0.070	4+	3410
Vanadium	V	23	50.94	6.1	BCC	0.132	0.059	5+	1890
Zinc	Zn	30	65.39	7.13	HCP	0.133	0.074	2+	420
Zirconium	Zr	40	91.22	6.51	HCP	0.159	0.079	4+	1852