
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2014/2015 Academic Session

June 2015

EBB 316/3 – Corrosions & Degradation *[Kakisan & Degradasi]*

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

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

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

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

[Arahan: Jawab LIMA soalan. Jawab SEMUA soalan dari BAHAGIAN A dan DUA soalan dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima 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 in the examination questions, the English version shall be used.

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

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] A Pourbaix diagram provides information about the stability of a metal as a function of pH and potential. Describe the limitations of Pourbaix Diagram.

Gambarajah Pourbaix menyediakan maklumat mengenai kestabilan logam sebagai fungsi pH dan keupayaan. Terangkan keterbatasan gambarajah Pourbaix.

(30 marks/markah)

- [b] A piece of corroded steel plate was found in a submerged ocean vessel. It was estimated that the original area of the plate was 10 in.^2 and that approximately 2.6 kg had corroded away during the submersion. Assuming a corrosion penetration rate of 200 mpy for this alloy in seawater, estimate the time of submersion in years. The density of steel is 7.9 g/cm^3 .

Sekeping plat keluli terkakis ditemui dalam sebuah kapal laut yang telah tenggelam. Dianggarkan bahawa luas asal plat adalah 10 in.^2 dan kira-kira 2.6 kg telah terkakis semasa penenggelaman itu. Dengan mengandaikan kadar penusukan kakisan adalah 200 mpy untuk aloi ini di dalam air laut, anggarkan masa penenggelaman dalam tahun. Ketumpatan keluli adalah 7.9 g/cm^3

(40 marks/markah)

- [c] In Case A below (Figure 1), two steel plates are joined with a Monel bolt. In Case B, the reverse is done. Both systems are to be immersed in seawater, for which

$$E(\text{steel}) = -0.61 \text{ V}$$

$$E(\text{Monel}) = -0.08 \text{ V}$$

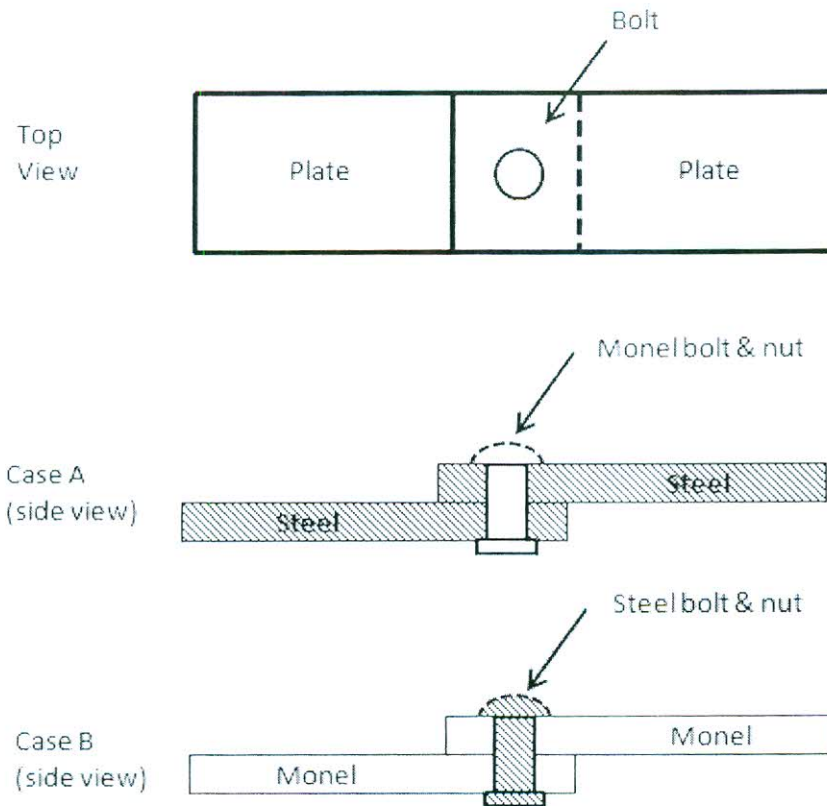
Thus, there is a galvanic effect in which the steel will be attacked. In Case A, the steel plates will be galvanically attacked. In Case B, the steel bolt which keeps them together will be galvanically attacked. One case is much worse than the other. Which case is it? Why?

Dalam Kes A di bawah (Rajah 1), dua plat keluli dicantumkan dengan bolt Monel. Dalam Kes B, hal sebaliknya dilakukan. Kedua-dua sistem ini akan direndamkan dalam air laut, yang mana

$$E(\text{keluli}) = -0.61 \text{ V}$$

$$E(\text{Monel}) = -0.08 \text{ V}$$

Oleh itu, terdapat kesan galvani di mana keluli akan diserang. Dalam Kes A, plat keluli akan diserang secara galvani. Dalam Kes B, bolt keluli yang mengetatkan sistem tersebut akan diserang secara galvani. Salah satu kes adalah lebih buruk daripada yang lain. Yang manakah kes tersebut? Mengapa?



Note: Assume that all crevices are sealed so that crevice corrosion is not a problem in these cases.

Nota: Andaikan semua celahan ditutup supaya kakisan celahan bukan merupakan suatu masalah dalam kes-kes ini.

Figure 1 - The corrosion cases involving plates and bolt

Rajah 1 - Kes kakisan melibatkan plat dan bolt

(30 marks/markah)

2. [a] What are the factor affecting corrosion results when designing working electrode?

Apakah faktor yang mempengaruhi keputusan kakisan apabila mereka-bentuk elektrod kerja?

(20 marks/markah)

...5/-

- [b] Figure 2 shows a powder-based metal alloy pasted on Zinc mesh and used as working electrode in 0.1 M NaCl

Rajah 2 menunjukkan serbuk berasaskan logam aloi ditampal pada jejaring Zink dan digunakan sebagai elektrod kerja dalam 0.1 M NaCl

- (i) Recognize main components and identified its function

Kenalkan komponen utama dan kenal pasti fungsinya

(30 marks/markah)

- (ii) What are the mistakes of this experimental design?

Apakah kesilapan reka-bentuk eksperimen ini?

(10 marks/markah)

- (iii) Propose a new design/component to fix that mistake

Cadangkan satu reka-bentuk baru / komponen untuk membetulkan kesilapan itu

(40 marks/markah)

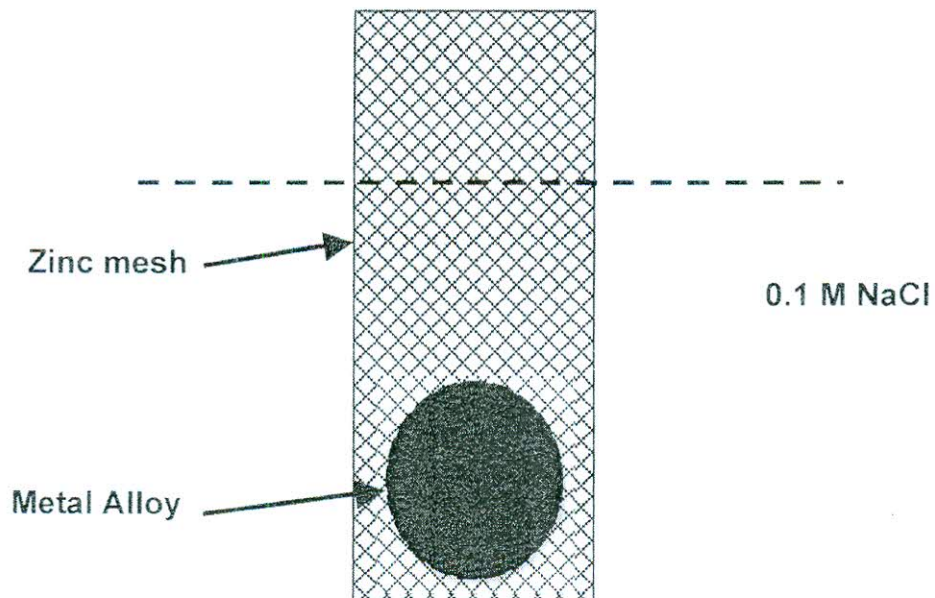


Figure 2

Rajah 2

3. [a] (i) Briefly describe the phenomenon of passivity.

Terangkan secara ringkas fenomena kepasifan.

(5 marks/markah)

- (ii) Figure 3 illustrates a typical anodic polarization curve of metal M. Label and discuss the parameters from A to H.

Rajah 3 menunjukkan lengkung pengutuban anod bagi logam M. Label dan bincangkan parameter-parameter tersebut daripada A ke H.

(40 marks/markah)

- (iii) Name two common types of alloy that passivate.

Namakan dua jenis aloi biasa yang boleh dipasifkan.

(10 marks/markah)

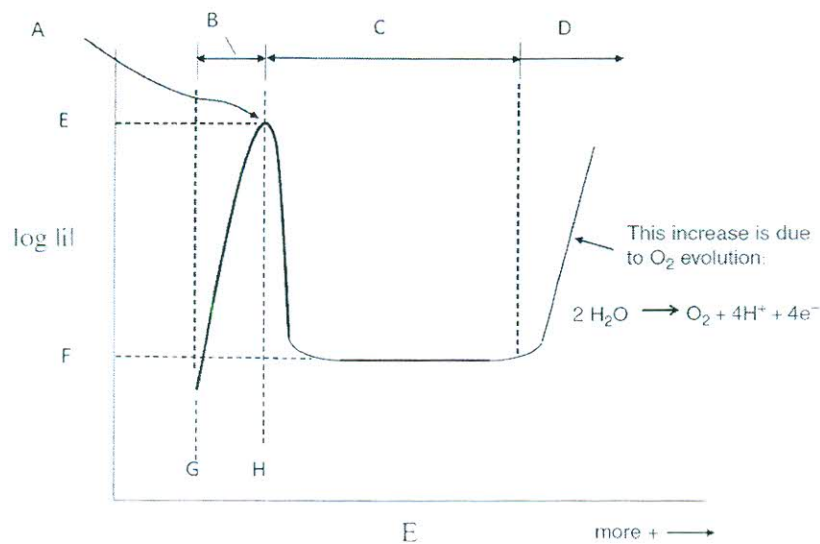


Figure 3 – Anodic polarization curve of metal M

Rajah 3 – Lengkung pengutuban anod bagi logam M

- [b] You need to select the material for a metal sheet to be used in an aqueous environment. You have three: (i) annealed Cu-20 wt % Zn, (ii) cold-worked Cu-20 wt% Zn and (iii) Cu-50 wt% Zn. Which metal would you select? Justify your selection.

Anda perlu memilih bahan kepingan logam yang akan digunakan dalam persekitaran berair. Anda mempunyai tiga pilihan: (i) Cu-20 % berat Zn yang disepuh-lindap, (ii) Cu-20 % berat Zn dikerja-sejuk dan (iii) Cu-50 % berat Zn. Logam yang mana akan anda pilih? Justifikasikan pilihan anda.

(20 marks/markah)

- [c] Generally, regions or points of stress concentration in design needs to be avoided. Give one design example that can be done to avoid stress raisers.

Umumnya, kawasan atau titik penumpuan tegasan dalam rekabentuk perlu dielakkan. Berikan satu contoh rekabentuk yang boleh dilakukan untuk mengelakkan penumpu tegasan.

(25 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

4. [a] Briefly explain why concentration polarization is not normally rate controlling for oxidation reactions.

Terangkan secara ringkas mengapa pengutuban kepekatan biasanya tidak mengawal kadar untuk tindak balas pengoksidaan.

(20 marks/markah)

- [b] Lead experiences corrosion in an acid solution according to the reaction



The rates of both oxidation and reduction half-reactions are controlled by activation polarization.

Plumbum mengalami kakisan dalam larutan berasid mengikut tindak balas



Kadar tindak balas separuh bagi kedua-dua pengoksidaan dan penurunan adalah dikawal oleh pengutuban pengaktifan.

- (i) Compute the rate of oxidation of Pb (in mol/cm².s) given the following activation polarization data:

Kirakan kadar pengoksidaan Pb (dalam mol/cm².s) dengan menggunakan data pengutuban pengaktifan berikut:

For Lead <i>Untuk Plumbum</i>		For Hydrogen <i>Untuk Hidrogen</i>	
$E_{(Pb/Pb^{2+})}^0$	= -0.126 V	$E_{(H^+/H_2)}^0$	= 0 V
i_0	= 2×10^{-9} A/cm ²	i_0	= 1.0×10^{-8} A/cm ²
β	= 0.12	β	= -0.10

(40 marks/markah)

- (ii) Compute the value of the corrosion potential.

Kirakan nilai keupayaan kakisan.

(10 marks/markah)

- [c] Based on the Pourbaix Diagram of Fe and Cr (Figure 4), explain how chromate can be used as corrosion inhibitor of iron in nearly neutral solution.

Berdasarkan gambarajah Pourbaix Fe dan Cr (Rajah 4), terangkan bagaimana kromat boleh digunakan sebagai perencat kakisan besi dalam larutan hampir neutral.

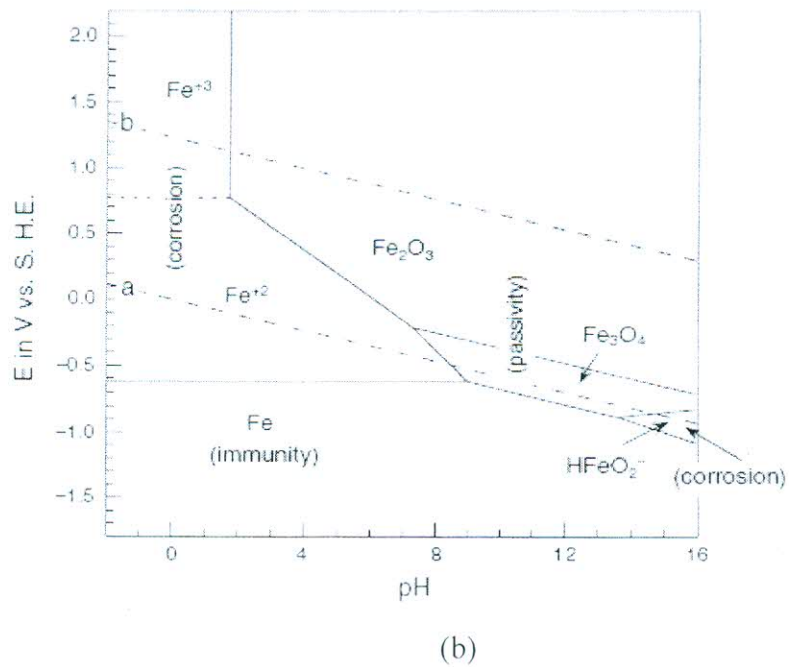
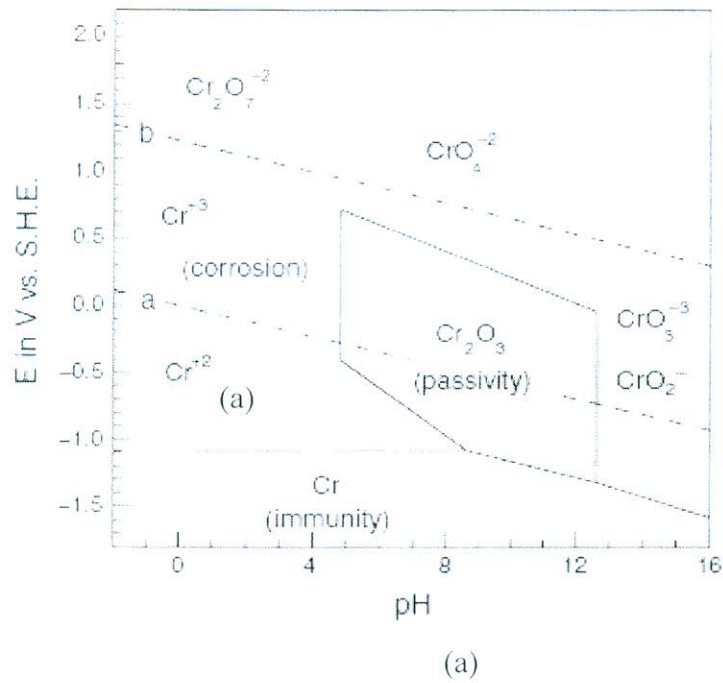


Figure 4 - (a) Pourbaix Diagram of Cr and (b) Fe
 Rajah 4 - (a) Gambarajah Pourbaix untuk Cr dan (b) Fe

(30 marks/markah)

... 11/-

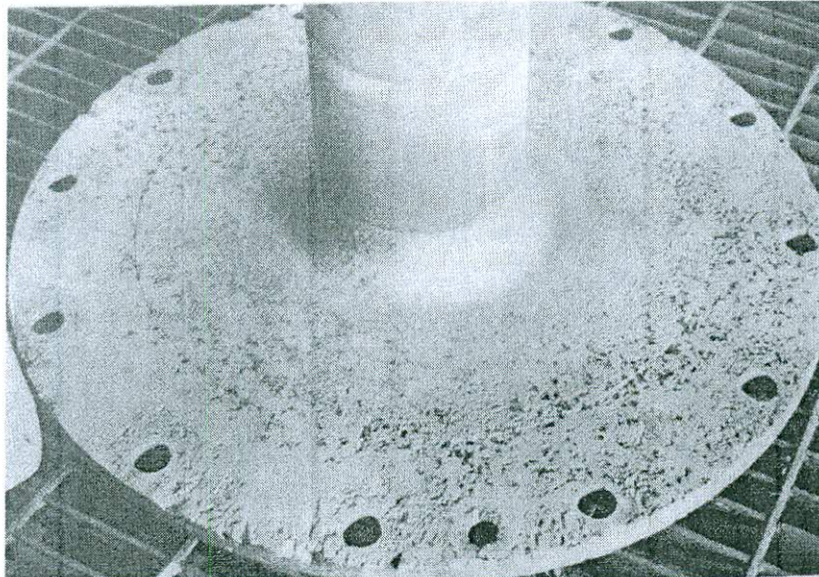
5. [a] List two differences between the corrosion of metals and the degradation of polymers.

Senaraikan dua perbezaan antara kakisan logam dan degradasi polimer.

(20 marks/markah)

- [b] Discuss the type and mechanism of corrosion in a type 316 stainless steel centrifuge head due to exposure to calcium chloride (CaCl_2) solution (Figure 5).

Bincangkan jenis dan mekanisma kakisan dalam kepala pengempar keluli tahan karat jenis 316 yang disebabkan oleh pendedahan kepada larutan kalsium klorida (CaCl_2) (Rajah 5).



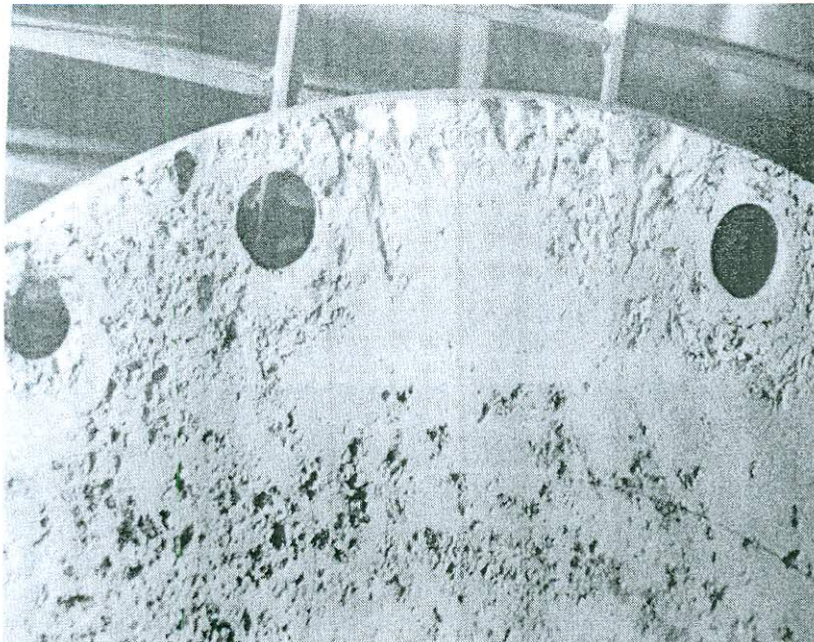


Figure 5 - Two views of corrosion in a type 316 stainless steel centrifuge head
Rajah 5 - Dua pandangan kakisan dalam kepala pengempap jenis keluli tahan karat 316

(40 marks/markah)

- [c] Carbonation and chloride attack are two main causes of degradation of concrete. Briefly discuss the mechanisms of these two reactions.

Pengkarbonatan dan serangan klorida adalah dua punca utama degradasi konkrit. Bincangkan secara ringkas mekanisma kedua-dua tindak balas.

(40 marks/markah)

6. Cyclic voltammetry (CV) normally used for electrochemistry characterizations, but its concepts are also similar to corrosion characterizations.

Kitaran voltametri (CV) biasanya digunakan untuk pencirian elektrokimia, tetapi konsepnya juga sama dengan pencirian kakisan.

- [a] Explain the concepts of CV that can be used as a tool for corrosion characterization.

Terangkan konsep CV yang boleh digunakan sebagai alat untuk pencirian kakisan

(30 marks/markah)

- [b] Figure 6 shows example of CV taken from characterization of Stainless Steel 316. Redraw, label and analyse this result.

Rajah 6 menunjukkan contoh CV diambil dari pencirian keluli tahan karat 316. Lukis semula, label dan analisa keputusan ini.

(30 marks/markah)

- [c] Figure 7 shows CV for the 1st and 2nd cycles using stainless steel 316 sample in saturated $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Analyze and explain the corrosion/electrochemical reactions for these cycles.

Rajah 7 menunjukkan CV bagi kitaran 1 dan 2 menggunakan sampel keluli tahan karat 316 di dalam lautan tepu $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Analisis dan jelaskan kakisan/tindakbalas elektrokimia untuk kitaran-kitaran ini.

(40 marks/markah)

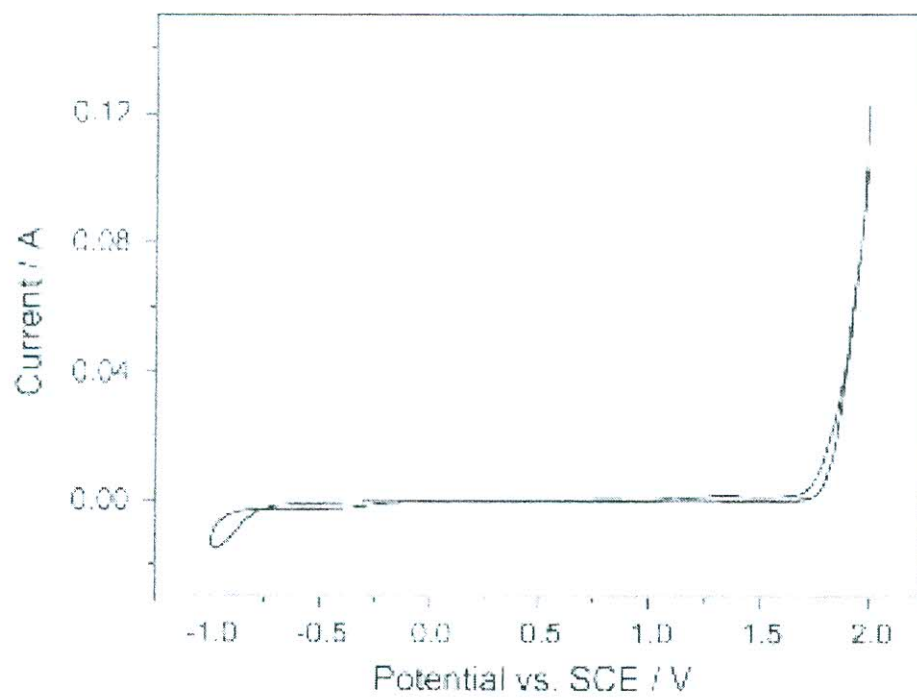


Figure 6

Rajah 6

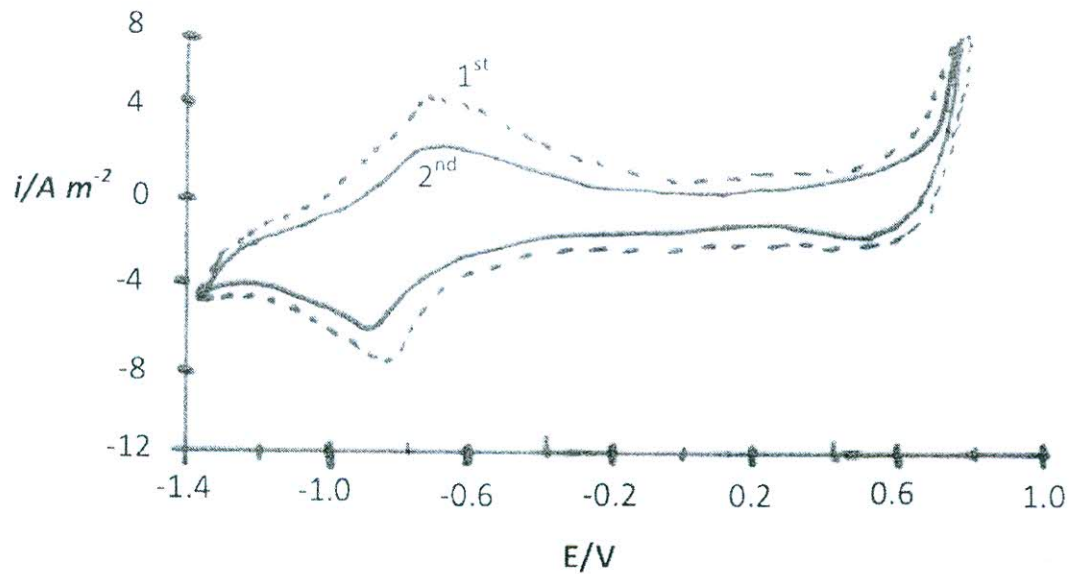


Figure 7

Rajah 7

7. [a] Figure 8 shows stress corrosion cracking on a AISI 304 stainless steel.

Rajah 8 menunjukkan retakan kakisan tegasan bagi keluli tahan karat AISI 304.

- (i) What is stress corrosion cracking?

Apakah itu retakan kakisan tegasan?

(5 marks/markah)

- (ii) Discuss the required conditions for the formation of stress corrosion cracking in this stainless steel.

Bincangkan syarat-syarat yang diperlukan untuk pembentukan retakan kakisan tegasan dalam keluli tahan karat.

(15 marks/markah)

- (iii) Suggest three preventive measure to avoid the occurrence of stress corrosion cracking in stainless steel.

Cadangkan tiga langkah pencegahan yang boleh diambil bagi mengelakkan berlakunya retakan kakisan tegasan dalam keluli tahan karat.

(15 marks/markah)

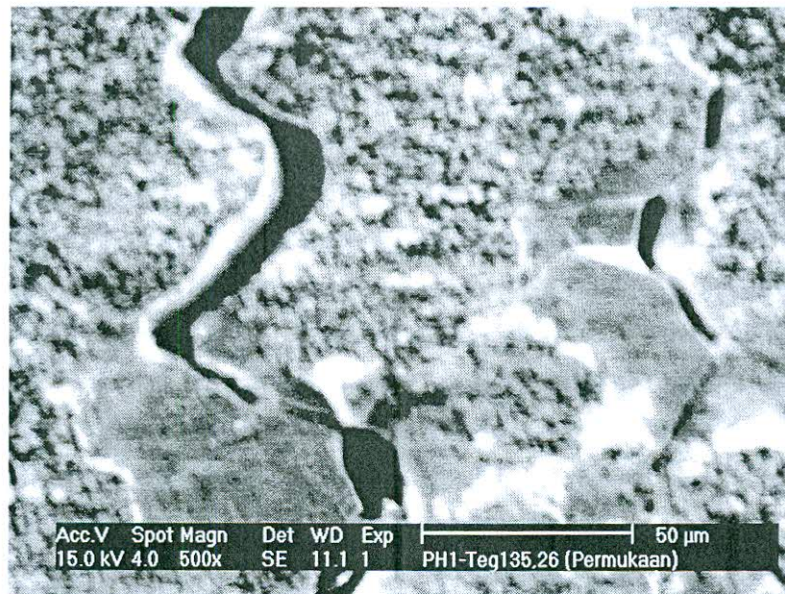


Figure 8 – Stress corrosion cracking of AISI 304 stainless steel
Rajah 8 – Retakan kakisan tegasan dalam keluli tahan karat AISI 304

- [b] Tin cans are made of steel with the inside of can is coated with a thin layer of tin. The tin protects the steel from corrosion by food products. Briefly explain how this cathodic protection of tin cans is possible, given that tin is electrochemically less active than steel in the galvanic series as shown in Figure 9.

Tin yang diperbuat daripada keluli disadurkan dengan sautu lapisan timah dalam dalamannya. Timah tersebut mencegah keluli daripada kakisan akibat produk makanan. Bincangkan secara ringkas bagaimana perlindungan katod oleh tin ini boleh berlaku walaupun timah adalah kurang aktif secara elektrokimia berbanding dengan keluli dalam siri galvanic seperti ditunjukkan di Rajah 9.

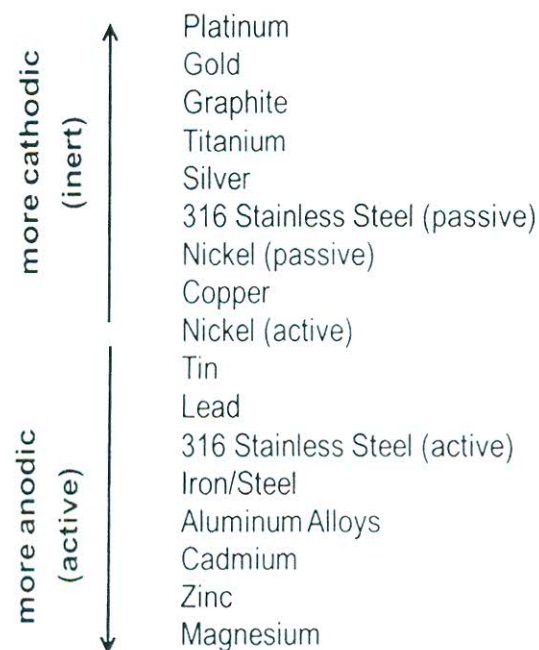


Figure 9 - The Galvanic Series of metals and commercial alloys in seawater

Rajah 9 - Siri Galvanic bagi logam dan aloi komersial di dalam air laut

(20 marks/markah)

- [c] (i) What are inhibitors?
Apakah itu bahan perencat?

(15 marks/markah)

- (ii) Discuss three possible mechanisms account for their effectiveness in minimizing corrosion?

Bincangkan tiga mekanisma yang mungkin supaya bahan perencat tersebut berkesan dalam mengurangkan kakisan?

(30 marks/markah)