

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة
قسم علوم المادة



مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر

مجال: علوم المادة

فرع: كيمياء

تخصص: كيمياء مطبقة

من إعداد: دحدي السايح

الموضوع:

دراسة تأثير درجة الحرارة على فاعلية تثبيط مركب
XC70 N-mésitylimidazole لتآكل الفولاذ
في وسط حمضي (1M) HCl

نوقشة يوم: 2013/06/18

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر	الأستاذ حجاج محمد
مناقشا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر	الأستاذ لونس علي
مؤطرا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر	الأستاذ بشكى الأزهر

2013/2012

شكر وعرافان

الشكر لله الذي هداني ووفقني في إنجاز هذا العمل ونسأله أن يجعله ذا فائدة علمية

أتقدم بالشكر الجزيل إلي كل من الأستاذ المؤطر الدكتور بشكى الأزهر علي قبوله الإشراف
على هذا العمل.

كما أتقدم بجزيل الشكر إلي الأستاذ حجاج محمد قبوله ترؤس لجنة المناقشة والمشاركة في إثراء
هذا العمل

كما أتوجه بتحيةة احترام وتقدير إلي الأستاذ لونس علي علي قبوله المشاركة في مناقشة وإثراء
هذا العمل .

كما اخص بالشكر كل من الأساتذة الذين مدوا لي يد العون, دقموش مسعودة ، رحيم أم الخير,
على المساعدة والنصائح القيمة .

كما لأنسى أن أشكر كل من مد لي العون من قريب أو بعيد

ولا أنسى أن أتقدم بالشكر إلي عائلتي على دعمهم ومساندتهم لي طيلة مشواري الدراسي, وإلى
من وقف إلي جانبي ومساعدته لي.

الإهداء

إلى من لاتلحو الحياة إلى بطاعته ولا يطيب العيش إلا برضاه ولا يبارك العمل إلى بشكره الهى
ومولاي إلى النور الذي يسير في عروقي إلى من اسمه تتغنى به أوتار قلبي إلى منارة العلم
والعلماء إلى حبيبي محمد صلى الله عليه وسلم

إلى الشمس التي غمرتني بدفئها وأنارت دربي بنورها إلى من كان دعاؤها سر نجاحي إلى رمز
الحب والصفاء إلى نبض قلبي حبيبي أمي الغالية

إلى من أحمل اسمه بكل افتخار إلى من علمني الصبر من أوج الشدة وعلمني أن أكون شمعة لا
لتحرق نفسها بل لتضيئ بنورها كل الكون إلى الذي صرت به نجم في السماء إلى نبع حياتي أبي
الغالي

إلى من علمتني التحدي الصعاب وأنال الراد إلى من علمتني أن النجاح من رحمته ربي وأن
الفشل هو أول خطوة للفلاح وأنه لاطعم للحياة إلا بالأمل والتفاؤل

إلى نفسي الحبيبة

إلى من أحاطوني بحبهم وتقاسمتهم معهم حلوه ومره أخواني اخوتي ذكورا وإناثا إلى من أحبهم
في الله إلى من أفقدهم وأتمنى أن يفتقدوني إلى طلاب دفعة ماستر 2013، وأخص بالذكر
تخصص كيمياء مطبقة

إلى أصدقاء الأحباء إلى كل طلبة وأساتذة وعمال جامعة قاصدي مرباح

إلى كل من علمني حرفا أو اشداني بكلمة أو أكرمني بدعوة

إلى كل من أعرفهمولا يعرفوني

إلى من أتمنى أن أذكرهم.....إذا ذكروني

إلى من أتمنى أن تبقى صورهم.....في عيوني

قائمة الجداول

- قائمة الجداول -

33	الجدول 1. مكونات المعدن المدروس
34	الجدول 2. المواد المستعملة في التجارب
37	الجدول 3. قيم سرعة التآكل للفولاذ المدروس بدلالة درجة الحرارة في الوسط HCL (1M).
38	الجدول 4. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 5ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M).
39	الجدول 5. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 10ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
40	الجدول 6. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 15ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M).
41	الجدول 7. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 20ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
42	الجدول 8. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 25ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
43	الجدول 9. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 30ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
44	الجدول 10. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 35ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
45	الجدول 11. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 40ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
46	الجدول 12. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 45ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
47	الجدول 13. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 50ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)
55	الجدول 14. المقادير الالكتروكيميائية لتأثير درجة الحرارة على سرعة التآكل في HCL
60	الجدول 15. المقادير الالكتروكيميائية للمركب المدروس
61	الجدول 16. صور مجهرية لالكتروود بعد كل تجربة للمركب المدروس

قائمة الأشكال

- قائمة الأشكال -

- 5 الشكل (1): يوضح أنواع التآكل
- 8 الشكل (2): يوضح العوامل المؤثرة على التآكل
- 14 الشكل (3): يوضح أقسام المثبطات
- 19 الشكل (4): منحنى بوربي لمعدن الحديد
- 20 الشكل (5): منحنى الاستقطاب $i = f(E)$
- 21 الشكل (6): مراحل التفاعل لتآكل معدن (a) التفاعل الجزئي الكاثودي (b) التفاعل الجزئي الأنودي
- 27 الشكل (7): منحنى الاستقطاب الأنودي والكاثودي والمنحنى الاجمالي
- 29 الشكل (8): منحنيات تافيل
- 35 الشكل (9): رسم تخطيطي للعينة
- 35 الشكل 10: يمثل التركيب التجريبي للتجربة الضياع في الكتلة
- 37 الشكل (11): منحنى تغيير سرعة التآكل بدلالة درجة الحرارة في الوسط HCL (1M)
- 38 الشكل (12): منحنى تغيير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 5ppm
- 38 الشكل (1.12): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 5ppm
- 39 الشكل (13): منحنى تغيير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 10ppm
- 39 الشكل (1.13): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 10ppm
- 40 الشكل (14): منحنى تغيير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 15ppm
- 40 الشكل (1.14): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 15ppm
- 41 الشكل (15): منحنى تغيير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 20ppm
- 41 الشكل (1.15): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 20ppm
- 42 الشكل (16): منحنى تغيير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 25ppm
- 42 الشكل (1.16): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 25ppm
- 43 الشكل (17): منحنى تغيير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 30ppm
- 43 الشكل (1.17): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 30ppm

قائمة أشكال

- 44 الشكل (18): منحنى تغير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 35ppm
- 44 الشكل (1.18): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط 35ppm
- 45 الشكل (19): منحنى تغير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 40ppm
- 45 الشكل (1.19): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 40ppm
- 46 الشكل (20): منحنى تغير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 45ppm
- 46 الشكل (1.20): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 45ppm
- 47 الشكل (21): منحنى تغير سرعة التآكل في وجود المثبط عند 50ppm
- 47 الشكل (1.21): منحنى مردود التآكل في وجود المثبط عند 50ppm
- 48 الشكل (22): منحنى امتزاز لانغمير باستعمال طريقة فقدان الوزن
- 48 الشكل (1.22): منحنى امتزاز تيمكين باستعمال طريقة فقدان الوزن
- 51 الشكل (23): الجهاز التجريبي للطريقة الكروكيميائية
- 53 الشكل (24): منحنى Tafel في غياب المثبط
- 54 الشكل (1.24): منحنى الاستقطاب في غياب المثبط
- 54 الشكل (25): منحنيات الاستقطاب في درجة حرارة مختلفة في HCl
- 55 الشكل 1.25: منحنيات Tafel في مختلف الحرارة في HCL
- 56 الشكل (26): منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 35°C
- 56 الشكل (1.26): منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 35°C
- 57 الشكل (27): منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 40°C
- 57 الشكل (1.27): منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 40°C
- 58 الشكل (28): منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 45°C
- 58 الشكل (1.28): منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 45°C
- 59 الشكل (29): منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 50°C
- 59 الشكل (1.29): منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 50°C
- 62 الشكل (30): منحنى امتزاز لانغمير
- 62 الشكل (31): منحنى امتزاز تيمكين

قائمة الرموز

مردود التثبيط	R%
سرعة التآكل	V_{corr}
مساحة السطح	S
الارتفاع	H
العرض	D
الطول	L
كتلة	m
تركيز	C
كمون التآكل	E_{corr}
كثافة تيار التآكل	i_{corr}
الميل الانودي	B_a
الميل الكاثودي	B_c
مقاومة الاستقطاب	R_p
نسبة التغطية	θ

الملخص

الملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة الفاعلية التثبيطية لمركب N-mésitylimidazole على تآكل الفولاذ XC70 في وسط حامضي HCl(1M) باستعمال طريقتين طريقة كلاسيكية طريقة فقدان الوزن والطريقة الإلكتروليتية طريقة منحنيات الاستقطاب، ثم دراسة تأثير درجة الحرارة على الفاعلية التثبيطية لهذا المركب باستعمال طريقة منحنيات الاستقطاب. والنتائج المحصل عليها من خلال طريقة فقدان الوزن أثبتت أن لهذا المركب فاعلية تثبيط محدودة حيث بلغت أعلى نسبة 57.26% في درجة 50°C، أما الطريقة الإلكتروليتية فقد كان مردود التثبيط في حدود 89.20% في درجة 45°C. تأثير درجة الحرارة كان جد إيجابي حيث أنها زادت من نسبة التثبيط بحيث بلغت أقصاها 89.20%. من خلال منحنيات إمتزاز لانغمير و تيمكين نجد أن لهذه المركبات إمتزاز على سطح المعدن.

الكلمات الدالة
التآكل، الفاعلية التثبيطية، الحرارة، N-mésitylimidazole ، HCl.

Résumé:

Ce travail vise à étudier l'efficacité inhibitrice des sels dérivés de composés N-mésitylimidazole contre la corrosion de l'acier XC70 dans un milieu acide HCl (1M) en utilisant deux méthodes : méthode classique de perte de poids et la méthode électrochimique de courbes de polarisation, puis l'étude de l'effet de la température sur l'efficacité inhibitrice des composé selon la méthode des courbes de polarisation

Les résultats obtenus par la méthode de perte de poids ont prouvé que l'efficacité inhibitrice de ces sels est supérieure à 57.26% du degré de 50 ° C, tandis qu'elle est de l'ordre de 89.20% dans le degré de 45° C pour la méthode électrochimique.

L'effet de la température a été très positif car elle a augmenté le pourcentage d'inhibition jusqu'à 89.20%.

Grâce aux courbes d'adsorption de langmir, et Timken, nous constatons qu'il ya eu une adsorption de ces composés sur la surface du métal.

Mot-clé

La corrosion, l'efficacité inhibitrice, température, N-mésitylimidazole, HCl.

الفهرس

1	الجانب النظري
مقدمة عامة
3	الفصل الأول: التآكل و أضراره
	I- التآكل وأضراره
4	I -1- تعريف التآكل
5	I-2- أشكال التآكل
6	I-3- أنواع التآكل المنتشرة في المنشآت البترولية
7	I-3-1- التآكل المباشر (التآكل الكيميائي)
7	I-3-2- التآكل الالكتر و كيميائي
8	I-3-3- التآكل بفعل البكتيريا
8	I-4- العوامل المؤثرة على التآكل
8	I-4-1- العوامل الداخلية:
9	I-4-1-1- البنية الكيميائية
9	I-4-1-2- المعالجة الميكانيكية والحرارية
9	I-4-2- العوامل الخارجية:
10	I-4-2-1- تأثير الأوساط الحمضية (pH الوسط)
10	I-4-2-2- تأثير درجة الحرارة
10	I-4-2-3- تأثير الأملاح الذائبة
	I-4-2-4- تأثير الضغط
10	I-4-2-5- تأثير سرعة الانسياب:

11	الفصل الثاني: أساسيات طرق الحماية من التآكل
11	-II- أساسيات طرق الحماية من التآكل
	1-II-1-مقدمة
12	1-II-2- الحماية الكاثودية
12	1-II-2- الحماية الأنودية
12	
13	1-II-2-3- إزالة المياه
13	1-II-2-4- خفض درجة الحرارة و السرعة
13	1-II-3- مثبطات التآكل
14	1-II-3-1- تعريف:
	1-II-3-2- طبيعة مثبطات التآكل
	1-II-3-1-1- تقسيم المثبطات
18	الفصل الثالث: الدراسة الترموديناميكية
18	III - الدراسة الترموديناميكية
18	III -1- الكمون النظامي لمسرى
18	III -1-2- معادلة نرنست (Nernst)
18	III -1-3- كمون الحماية لمسرى
20	III -1-4- منحنيات بوربي Diagrammes de pourbaix:
20	III-1-5-منحنيات الاستقطاب
21	III -2- المرحلة المحددة لتفاعل:
22	III -2-1- معادلة بوتلر فولمر Equation de Butler–Volmer
23	III -2-2- حالة مسرى بسيط
29	III -2-3- معادلة بوتلر – فولمر لمسرى مختلط

الجانب العملي

31
32
33
34
34
35
35
35
35
38
38
39
39
50
51
52
52
53
53
54
55
56
56
60
63

1- مقدمة :

1-المركب المدروس.

2- تحديد الشروط التجريبية لدراسة الفاعلية التثبيطية للمركبات

1.2. أساس اختيار الطرق المستعملة

2.2. المعدن المدروس

3.2. تحضير العينة

4.2. المواد المستعملة

3- دراسة الفاعلية التثبيطية باستخدام طريقة فقدان الوزن

1-3. بطريقة الضياع في الكتلة

1.1. دراسة تأثير درجة الحرارة على سرعة تآكل الفولاذ المدروس في الوسط HCL (1M).

2.3-دراسة تأثير درجة الحرارة على الفاعلية التثبيطية للمركب المدروس

1.2.3- بطريقة فقدان الوزن

3-3- تحليل وتفسير

4. بالطريقة الالكتر و كيميائية

1.4. جهاز galvanostat –potentionostat

1.1.4. خلية إلكتر وكيميائية

2-4 الدراسة الإلكتر وكيميائية

1.2.4. دراسة سرعة التآكل

2.2.4-دراسة تأثير درجة الحرارة على سرعة تآكل الفولاذ المدروس في الوسط HCl(1M)

1.2.2.4-المقادير الإلكتر وكيميائية لتأثير درجة الحرارة على سرعة التآكل في HCl

3-2-4-الدراسة الإلكتر وكيميائية للمركب N-mesitylimidazole

2.4 -1-3 دراسة الفاعلية التثبيطية للمركب N-mesitylimidazole

4.2.4 المقادير الالكتر وكيميائية ومردود التثبيط لمختلف تراكيز المركب A1 على الفولاذ في وسط

حمضي باستغلال منحني Tafel في درجة حرارة مختلفة

5- تحليل وتفسير

الجانب

النظري

مقدمة عامة

تعاني جميع دول العالم وخاصة المتقدمة منها و بعد التطور الصناعي من مشكلة التآكل. فالتآكل عند عامة الناس هو صورة الصدأ الناتج عن المنتجات الحديدية وكأن الحديد هو المعدن الذي يستطيع أن يبرز هذه الظاهرة [1].

إلا أن جميع المعادن تعاني من ذلك، حيث السبب الرئيسي في ذلك هو عدم ثبات أو استقرار معدن في حالته النقية وبذلك يعود إلى حالته الأصلية من خلال عملية التآكل [2].

فالتآكل هو عبارة عن تلف المعدن بواسطة تفاعل كيميائي أو إلكتروكيميائي مع الوسط المحيط به حيث أنه يكون في حالة تلامس مباشر معه سواء أكان الوسط الذي يحيط به هو الهواء الجوي أو محيط كيميائي وفي أي درجة حرارة كانت [2].

فقد أصبح هذا الأخير مشكلة العصر فهو السبب في خسائر سنوية تقدر بالملايين بل ببلاتيين الدولارات سنويا وخاصة بعد التطور الحاصل في تقنيات إنتاج الطاقة، فلقد ظهرت في السنوات الأخيرة مشاكل التآكل حتى في منتجات الطاقة النووية والمفاعلات النووية [2].

لمقاومة التآكل استعملت طرقا عديدة منها أنواع الطلاء والواقيتين المهبطية والمصعدية واستعمال المثبطات.

المثبطات مركبات كيميائية تضاف بكميات قليلة إلى الوسط السائل الأكال الملامس للمنشأة المعدنية فتؤدي إلى توقيف التآكل أو إلى إبطاء سرعته، وهي نوعان أما معدنية أو عضوية.

تستعمل طريقة التثبيط بكثرة لوقاية المنشآت المعدنية التي توجد على تماس مع محاليل مائية أكالة كالمياه الجوفية، ومياه دارات التبريد للسيارات، ومياه دارات التسخين... ويعود الفعل التثبيطي للمركبات العضوية الكبريتية والأزوتية إلى وجود الأزواج الالكترونية الحرة على ذرات الأزوت والكبريت والتي تعطي روابط تسانديه مع ذرات المعدن نتيجة عملية ادمصاص المثبط على سطحه.

توجد أبحاث عديدة تعرضت لدراسة الفعل التثبيطي للمركبات الكبريتية والأزوتية وذلك مع أوساط أكالة مختلفة وباستعمال معادن مختلفة

لا تزال الأبحاث مستمرة في مجال التثبيط، والبحث على مركبات عضوية ومستخلصات نباتية تصلح لذلك، وذلك عن طريق دراسة مردودها التثبيطي، وفي هذا السياق ينصب هذا البحث والذي ينطلق من الإشكالية التالية

ما مدى فعالية التثبيط للمركب الأزوتي التالي:

• N-mésitylimidazole

مقدمة عامة

- مامدى تأثير درجة الحرارة علي سرعة التآكل0
وتكمن أهمية دراستنا هذه في ضرورة تلبية الحاجات الاقتصادية الملحة في المحافظة على المنشآت المعدنية من التآكل وذلك بمحاولة العثور على مثبطات اقل كلفة وأكثر فاعلية.
الهدف من هذا العمل هو دراسة الفعل التثبيطي للمركب الأزوتي السابق، وذلك لتآكل فولاذ كربوني XC70، حيث الوسط الأكال محلول كلورا لماء بتركيز IM.
اتبعنا المنهج التجريبي التحليلي في هذه الدراسة، وذلك باستعمال طريقتي الضياع في الكتلة (طريقة كيميائية) و طريقة منحيات طاويل (طريقة إلكتروكيميائية) لحساب سرعة التآكل ومن ثم إيجاد مردود التثبيط ثم تحليل النتائج المتحصل عليها.
يشتمل البحث على أربعة فصول نظرية تمهد له وهي كالتالي:
الفصل الأول: التآكل وأنواعه.
الفصل الثاني: أساسيات طرق الحماية من التآكل
الفصل الثالث: الدراسة الترموديناميكية
أما الجزء التجريبي فيتكون من فصل
الجانب العملي

الفصل الأول

التاكل وأضراره

I.التآكل وأضراره:

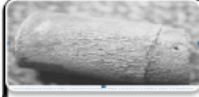
I-1 - تعريف التآكل:

يوصف التآكل بأنه الإتلاف للمادة و يكون عادة في المعادن وذلك بالتفاعل الكيميائي مع المجال الملاصق، وللتآكل أشكال ومستويات مختلفة تتراوح بين التغيير البسيط على سطح المعدن إلى الفقدان الكلي للخواص الميكانيكية للمعدن[3].

ويعرف أيضا بأنه ظاهرة طبيعية يتعرض لها أي معدن في ظروف معينة للرجوع إلى الحالة الأصلية أي حالة التوازن ، وهذه الظاهرة تعتمد كليا على الخصائص الميكانيكية للمعدن ، وليس شرطا المعدن فحتى الزجاج يتأثر بفعل البكتيريا ، والإسمنت يتفكك ويتبخر ، البلاستيك يتحلل بفعل الشوائب الجوية . وتعتبر الأتربة والأحماض والماء بقدر كاف الأوساط المساعدة على التآكل [4] .

I-2- أشكال التآكل :

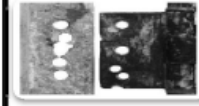
التآكل يتخذ عدة أشكال نذكر البعض منها :



التآكل المنتظم (المعمم) corrosion uniforme أكثر اشكال التآكل انتشار بحيث أن الهجوم يكون موحد على سطح المعدن ونجد هذا النوع من التآكل في المعادن التي تكون على تماس مع وسط حمضي [5]

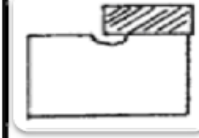


التآكل الموضعي Corrosion localisé هذا النوع من التآكل يمس مكان محدد من سطح المعدن وله انواع نذكر منها



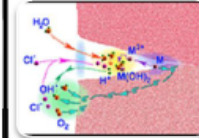
الغلفاني La corrosion galvanique

ويسمى التآكل ثنائي المعدن ويرجع ذلك إلى تشكيل خلية الكتر وكيميائية بين اثنين من المعادن بحيث يزداد تدهور المعدن أقل مقاومة [2.5]



تآكل بين الشقوق (التشققي) La corrosion cavernuse

يرجع ذلك إلى الاختلاف في إمكانية الحصول على الأكسجين بين جزئين من بنية الخلية الالكتر وكيميائية. هناك انتقائية في الحفر على المعدن في فتحات وغيرها من المناطق التي يتعذر على الأكسجين الوصول إليه [2.5]



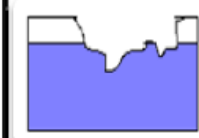
التآكل بالنقر La corrosion par piqures

وتنتج عن طريق هجوم أنيونات معينة ، بما في ذلك كلوريد على المعدن الذي يشكل فيلم أكسيد رقيق كطبقة حماية، وعادة ما يسبب تجاوز على سطح المعدن يكون قطرها من رتبة الميكرومتر [2.5]



التآكل بين الحبيبات La corrosion intergranulaire

هذا النوع يحدث بين الحبيبات المشكلة للمعدن بحيث يحدث هجوم على حواف الحبيبات وغالبا يكون بسبب تعرض المعدن الى معالجة حرارية سريعة [5]



التآكل بالتعرية La corrosion érosion

يرجع ذلك إلى العمل المشترك من رد فعل الكهروكيميائية والإزالة الميكانيكية للمواد. وعادة ما يستهدف المعادن التي عرضة لتدفق سريع من السوائل [2]

I-3- أنواع التآكل المنتشرة في المنشآت البترولية :-

نعلم أن الميدان الصناعي المتضرر الرئيسي من التآكل ، وأن الصناعات البترولية هي بلا شك الأكثر تضررا ، ففي عمليات إنتاج البترول ، عوامل البيئة التي تعمل على إحداث التآكل عبارة عن ثلاث غازات و هي تدخل ضمن التآكل الكيميائي[6].

التآكل الكيميائي:

- بفعل الأكسجين (O_2).

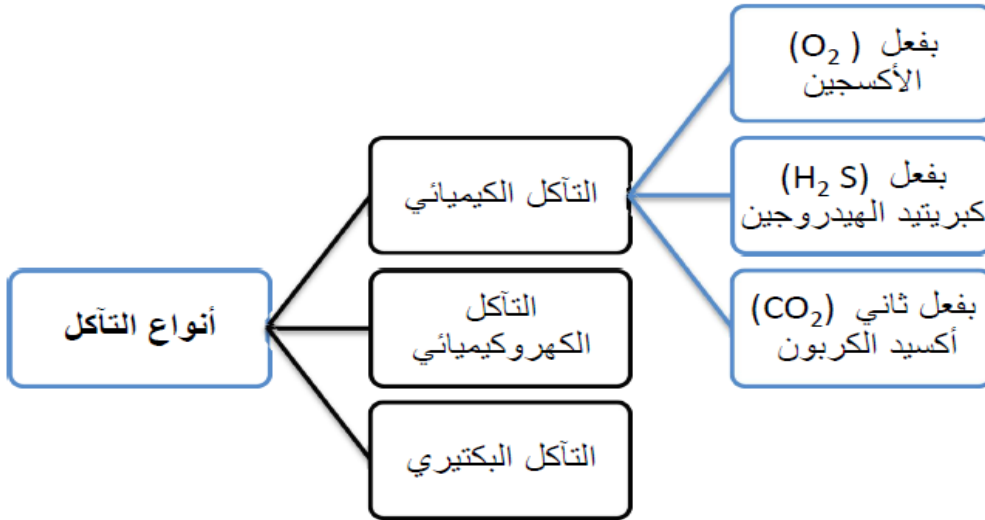
- بفعل كبريتيد الهيدروجين ($H_2 S$).

- بفعل ثاني أكسيد الكربون (CO_2).

بالإضافة إلى:

- التآكل الكهروكيميائي.

- التآكل البكتيري



الشكل (1): يوضح أنواع التآكل.

التآكل وأضراره

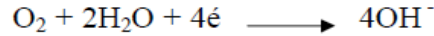
I-3-1 التآكل المباشر (التآكل الكيميائي):

تعريف:

ينتج عن الإصابة الكيميائية المباشرة، يشمل جميع أنواع التآكل التي يلاحظ فيها انسياب تيار خلال المعدن لمسافة محسوسة. إلا أن هذا التعريف لا ينفي اشتراك القوى الكهربائية ولو بجزء بسيط في الإصابات الكيميائية المباشرة كما هو الأمر في جميع التفاعلات الكيميائية فالشيء المميز لهذه الصورة من آلية التآكل هو انه ليس هناك مرور تيار ملحوظ بدرجة واضحة، ويحدث بفعل ثلاث غازات [7].

أ- التآكل بفعل الأكسجين O_2 :

الأكسجين هو عنصر أساسي والمحرك للتآكل في الأوساط الأيونية وهو مؤكسد منتشر ووجوده يمكن أن يؤثر بطريقتين على ظاهرة التآكل .
في الأول إرجاعه يحرض على تآكل عدد من المعادن في الأوساط المائية أو وسط يحتوي على الماء مثل الشوائب يمكن إن يقدم بالمعادلة التالية:



وفي الثاني تواجده يمكن أن يعطي مكان تشكل الاكاسيد المعدنية المتصلة على السطح وتؤدي إلى حماية ضد التآكل للمعدن وهي مرحلة عدوانية المعدن [8].

ب- التآكل بفعل $(H_2 S)$:

كبريتيد الهيدروجين حامض ضعيف ويوجد بكثرة في عمليات إنتاج البترول.

الحموضة أو قدرة $H_2 S$ على إنتاج H^+ موضحة بثابت تأينه الأول :

$$K = [H^+] [SH^-] / [H_2 S] \\ = 8.4 \cdot 10^{-8}$$

في الحالات المثالية كل جزئ من H_2S في المحلول ينتج فقط $8.4 \cdot 10^{-8}$ جزيئات من ايون H^+

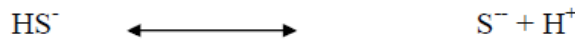
ولكن H^+ تزال يتفاعل الاختزال الكاتودي ، فانه يتكون أكثر ويظهر غاز H_2 بسرعة على

الصلب المعرض للماء الخالي من الهواء المحتوي على H_2S في المعادلة أدناه:



يلي ذلك تحلل HS^- إلى S^{2-} ، H^+ وايون S^{2-} يتفاعل مع الحديد لتكوين FeS الأسود كنواتج للتآكل

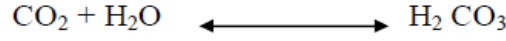
موجود.



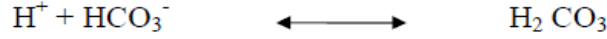
التآكل وأضراره

ج- التآكل بفعل CO₂:

ثاني أكسيد الكربون حامض اقوي من H₂S وهو يتحد مع الماء ويكون حامض الكربونيك .



الذي يتأين أولاً إلى :



حيث ثابت التأين له هو :

$$K_2 = 4.46 \cdot 10^{-7}$$

أكبر مؤثر لثاني أكسيد الكربون في تآكل معدات الإنتاج هو زيادة الحموضة بواسطة إنتاج H⁺،

نتاج التآكل الموجود هو [2]FeCO₃

I-3-2 التآكل الالكتروكيميائي:

تعريف:

هو تفاعل كهر وكيميائي يتطلب وجود معدن في محلول الكتروليتي وهو في الأصل تفاعل أكسدة ارجاعية يحدث فيه تأكسد المعدن وإرجاع لالكتروليت.

وبسبب عدم تجانس البنية أو التركيب الكيميائي للمعدن المغمور ، تتولد على سطح المعدن المغمور أقطاب كاثودية وأنودية ، حيث تتآكل المناطق الأنودية بشكل ايونات ومحررة الالكترونات ، أما التفاعلات الكاثودية فهي ذات طبيعة اختزالية ، ويعتمد معدل التآكل على التيار المار بين الانود والكاتود وعلى طبيعة الالكتروليت ، وعموماً فإن المعدن ذو النقاوة العالية والطور الواحد يتآكل بمعدل اقل من

المعدن ذو الشوائب والسبائك والأطوار [9]

I-3-3 - التآكل بفعل البكتيريا

يمكن للبكتيريا أن تؤدي بطريق غير مباشر للتآكل وذلك بـ :

-استهلاك الهيدروجين.

- إفراز مواد حمضية.

- ترسيبها على سطح المعدن.

إذ وجد أن البكتيريا النشطة في الأوكسجين لها فعل أو تأثير على تفاعل التآكل مثل بكتيريا الحديد

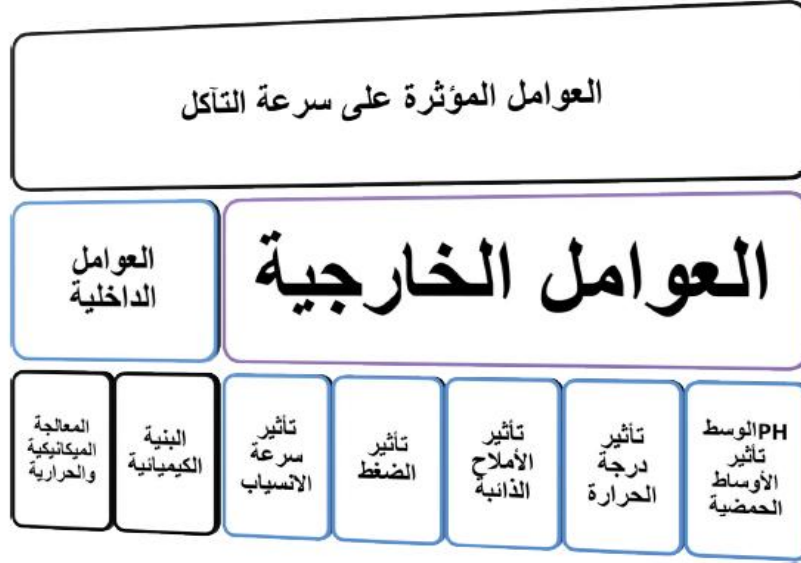
التي ترجع ايونات الحديد. Fe⁺⁺ إلى Fe⁺⁺⁺ [2][10]



التآكل وأضراره

I-4 - العوامل المؤثرة على التآكل: -

تختلف العوامل باختلاف سبب التأثير:



الشكل (2): يوضح العوامل المؤثرة على التآكل

I-4-1 العوامل الداخلية:

I-4-1-1 البنية الكيميائية

عدم تجانس المعدن أو المزج بين معدنين مختلفين يشكل نقطة الابتداء لظاهرة التآكل، وعدم تجانس المعدن يكون نتيجة [3].

- وجود شوائب.

- فرق في درجة الحرارة.

- شد ميكانيكي داخلي نتيجة المعالجة الحرارية (اللحام).

التآكل وأضراره

I-4-1-2 - المعالجة الميكانيكية والحرارية:

تتبع هذه المعالجة اكتساب المعدن خواص وصفات محددة فمثلا تقسية الفولاذ (تسخين+ تبريد سريع) لزيادة متانة المعدن وقساوته.

إذ تحصل عند المعالجة الحرارية تغيرات غير مرغوب فيها في بنية المعدن الأمر الذي يؤدي إلى تطوير أو تسريع التآكل (بين بلورات المعدن) .

المعالجة بالقطع لا تسبب اجهادات داخلية كبيرة لكنها تحدد نقاوة ودرجة صقل المعدن المعالج وكلما كان سطح المعدن مصقولاً بشكل جيد كلما زادت مقاومته للتآكل ، يعود التآكل أو السبب في حصول التآكل الناتج عن الاجهادات الداخلية إلى تشكل مناطق بلورية غير منتظمة نتيجة للاجهادات تفصل بين مناطق بلورية منتظمة حيث تشكل مناطق بلورية غير منتظمة .

I-4-2 - العوامل الخارجية: -

4-2-1- تأثير الأوساط الحمضية (pH الوسط):

تتوقف درجة حموضة الوسط على تركيز ايون الهيدروجين به (H^+)، أما الأس أو الرقم الهيدروجيني (pH) فانه يرتبط بتركيز أيونات الهيدروجين وفقاً للمعادلة أسفله:

$$pH = -\log (H^+)$$

وكلما ازداد تركيز أيون الهيدروجين ازدادت درجة حموضة الوسط وقل الرقم الهيدروجيني.

ويعد الرقم الهيدروجيني من العوامل البالغة الأهمية في تحديد معدل التآكل والسيطرة عليه ،ومن الأمثلة الشائعة في هذا الخصوص عملية معادلة حامض باستخدام قلوي لرفع الرقم الهيدروجيني للوسط وبالتالي الحد من التآكلية إذ أن كافة مواد الإنشاء والتشييد تقريبا تقاوم فعل القلويات لكنها تتهاجم بسهولة بفعل الأحماض [6]

4-2-2 - تأثير درجة الحرارة:

لدرجة الحرارة تأثير بالغ الأهمية ، لأن سرعة التآكل تزيد بضعفين إلى ثلاثة أضعاف إذا زادت درجة الحرارة (30م°) ، أخذين بعين الاعتبار حدود ذوبانية الغازات الموجودة في الوسط والتي تقل ذوبانيتها بارتفاع درجة الحرارة [11].

التآكل وأضراره

4-2-3 - تأثير الأملاح الذائبة:

إن لبعض الأملاح الذائبة في الوسط تأثيرا مباشرا حيث تزيد من سرعة التآكل في الوسط المائي مثل (أملاح الكلوريد) .

وبشكل عام زيادة تركيز الأملاح تؤدي إلى زيادة الناقلية الكهربائية وبالتالي زيادة التآكل [6] .

4-4-2- تأثير الضغط:

له تأثير كبير ومباشر نظرا لتأثيره على كمية الغازات الذائبة في الوسط [3] .

4-2-5 - تأثير سرعة الانسياب:

إن تأثير سرعة جريان الالكتروليت على سرعة تآكل المعادن ذو طبيعة معقدة ويختلف باختلاف

طبيعة المعدن، ولكن عموما يزداد التآكل بزيادة سرعة جريان الالكتروليت (الوسط الأكال) [6] .

الفصل الثاني

أساسيات طرق

الحماية من التآكل

II- أساسيات طرق الحماية من التآكل

II. 1 مقدمة:

في هذا الفصل سيتم تناول إحدى التقنيات المناسبة المستخدمة لإبطاء عملية التآكل و معنى إبطاء التآكل تستخدم عادة، نظرا لأنه من الناحية العملية يكون من المستحيل الإيقاف الكلي لعدوانية التآكل [2]

الآتي بيان لبعض الطرق المستخدمة في الحد من التآكل في مجال الصناعات البترولية:

- الحماية الكاثودية.

- الحماية الانودية.

- خفض درجة الحرارة و السرعة.

- إزالة المياه.

- مثبطات التآكل

II-2-1- الحماية الكاثودية:

الحماية الكاثودية هي الطريقة التي يتم بها تحويل المعدن المطلوب حمايته ليكون كله كاثود ، في الواقع الحماية الكاثودية تجعل الصلب يسلك كما لو كان معدنا ثمينا ، يتم ذلك بتغيير أو إلغاء تيار التآكل وذلك بالتغذية بتيار أقوى من مصدر خارجي [2].

تستخدم الحماية الكاثودية لمنع التآكل داخل الوسط الالكتروليتي وليس خارجه ، وتعمل هذه الطريقة على تحويل الأقطاب المهبطية إلى أقطاب مصعديه ، حيث يعاد المعدن إلى منطقة المناعة ضد التآكل، ويكون التآكل مستحيل.

وتجرى حماية أي معدن كاثود يا بإيصاله كهربائيا إلى القطب السالب لمولد كهربائي في حين القطب الموجب لهذا المولد الكهربائي يوصل إلى معدن آخر يعمل كقطب موجب ، عند سريان التيار يتحول المعدن المراد حمايته قطبا سالبا [13].

يوجد طريقتان للحماية الكاثودية :

أساسيات طرق الحماية من التآكل

- **الحماية بواسطة التيار المسلط :** يسלט تيار خارجي مستمر يرتبط قطبه السالب بالمعدن المراد حمايته من التآكل وأما قطبه موجب فيرتبط بالمعدن المضحي به مثل الغرافيت ، الرصاص ، النيكل.
- **الحماية بواسطة أقطاب التضحية الأنودية :** حيث يستبدل المصدر الخارجي بخلية غلفانية مع إهمال التيار المسلط ، حيث يستهلك القطب الموجب مثلا المنغنيسيوم والزنك والألمونيوم [9] .

II-2-2- الحماية الأنودية :

تطبق هذه الطريقة على المعادن المقاومة للصدأ (لا تتأكسد) حيث يتم تحويلها إلى أقطاب موجبة وهذا بإزاحة فرق جهدها إلى منطقة الخمولية . والحماية الأنودية مناسبة فقط للمعادن التي لديها استعداد للسلبية عندما تستقطب أنوديا [13] .

II-2-3- إزالة المياه:

عادة يتم إزالة الماء من خطوط المواسير الناقلة للغاز وذلك لمنع تكثيف الماء السائل على أسطح المعدن، عند عدم وجود مجال لسائل مائي، فان CO_2, H_2S أو O_2 الجاف لا يحدث تآكل في الصلب عند درجات حرارة أقل من 20°م، إزالة المياه هو الدفاع الرئيسي ضد التآكل في خطوط نقل الغاز في عمليات حقن CO_2 لزيادة استعادة الزيت [2].

II-2-4- خفض درجة الحرارة و السرعة:

لقد سبق توضيح أن معظم التآكل في مجال البترول وتصنيعه يكون بسبب وجود O_2 ، H_2SO_4 أو CO_2 . في حالة اتخاذ خطوات لإزالة هذه الغازات ، فان التآكل الذي تسببه يمكن إيقاف حدوثه . عدوانية هذه الغازات في محلول الماء ترجع إلى تفاعلاتها الكهرو كيميائية مع المعدن ، مثل كل التفاعلات الكيماوية ، يزداد معدل التفاعل بالحرارة ، وخفض درجة الحرارة يكون بذلك وسيلة قيمة لتبطين التآكل [2].

II-3 - مثبطات التآكل:

II-3-1- تعريف:

مثبطات التآكل مركبات كيميائية تضاف بمقادير ضئيلة إلى الوسط الأكال لتحد من عملية التآكل بنسب معتبرة [6].

هذه المركبات يجب أن تكون ذات فعالية عالية ليتسنى استخدامها بكميات ضئيلة جدا، ويجب أيضا أن تكون خاملة اتجاه الوسط حتى لا تؤدي إلى تغيير ملحوظ في خصائصه الفيزيائية والكيميائية. في أغلب المجالات المثبط يتوضع على سطح المعدن مشكلا طبقة تمنع الاتصال (معدن/ الكتروليت).

II-3-2 - طبيعة مثبطات التآكل:

أ- المثبطات هي الكيمياويات التي تغطي أو تكون طبقة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة على سطح المعدن لحمايته من البيئة الملاصقة له.

ب- المثبطات تمتز على سطح المعدن من المحلول وبعضها يتم استخدامه مباشرة كطبقة تغطية

ج- المثبطات عموما يمكن أن تكون:

- نشطة (تتفاعل كيميائيا مع المعدن أو المجال البيئي الملاصق)

- مكونة طبقة بالادمصاص.

- طبقة الحماية تبطن التآكل بالآتي:

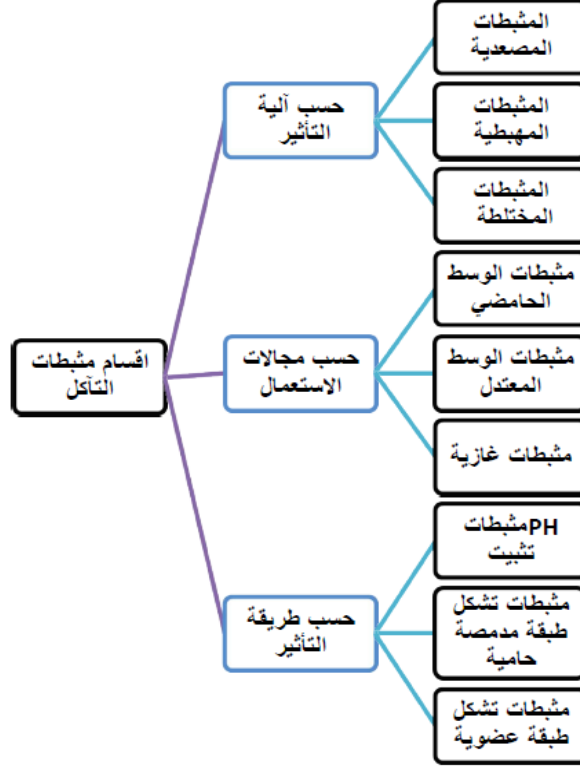
- زيادة الاستقطاب الأنودي أو الكاثودي أو كليهما .

- خفض حركة الايونات نحو سطح المعدن.

- زيادة المقاومة الكهربائية على أسطح التآكل للمعدن والالكتروليت

||-3-1-1 - تقسيم المثبطات:

لمعرفة طبيعة وأداء كيميائيات التثبيط يمكن تقسيمها كالاتي:



الشكل (3): يوضح أقسام المثبطات

أ - حسب آلية التأثير :

• المثبطات المصعدية (الأنودية) :

عند إضافتها إلى الوسط الأكال فإنها تخفض سرعة التفاعل الأنودي وذلك بتخفيضها لكثافة التيار الانودي، وكذلك تسبب إزاحة لكون التآكل E_{corr} إلى جهة الكمونات الأكبر (نحو اليمين) مثال ذلك الشاردة $[5] MoO_4^{2-}$.

أساسيات طرق الحماية من التآكل

فتسبب عرقلة في التفاعلات الأنودية و تنتمي لهذه المجموعة المؤكسدات اللاعضوية (الكرومات و النترينات) و كذلك المركبات التي تشكل على سطح المعدن راسب صعب الانحلال أمثال (NaOH ، Na_3PO_4 ، $NaCO_3$) .

• المثبطات المهبطية (الكاتودية):

إضافتها إلى الوسط الأكال تسبب تخفيض لسرعة التفاعل الكاثودي بتخفيض كثافة التيار الكاثودي وكذلك بإزاحة كمون التآكل إلى جهة الكمونات الأقل (نحو اليسار) مثال ذلك الشوارد التالية:
 Li^+ ، Mg^{2+} ، NO_2^- ، CrO_4^{2-} [5].

• المثبطات المختلطة :

تبطئ التفاعلات الأنودية و الكاثودية المتسببة في عملية التآكل على قدم المساواة ، حيث يتم تخفيض كل من كثافتي التيار الأنودي والكاثودي معا ، و إلى هذا النوع من المثبطات تنتمي البولي فوسفات و السيليكات. [5]
ب - حسب مجالات الاستعمال:

• مثبطات الوسط الحامضي: حيث تضاف إلى الوسط الحامضي لوقاية الفولاذ، وفي مجال

البترول تضاف هذه المثبطات إلى الموائع التي تضخ في البئر أثناء عملية التنقيب.

مثبطات الوسط الحامضي غالبا ما تكون مركبات عضوية تحمل الأزوت أو الكبريت ضمن مجموعة وظيفية قطبية.

• مثبطات الوسط المعتدل:

وهي مثبطات تضاف عادة إلى الماء المستعمل في دارات التبريد لمنع تأثير الماء وبعض الشوارد المنحلة فيه.

• مثبطات غازية:

وهي عبارة عن مركبات عضوية ذات ضغط بخار مرتفع (عادة أمينات) تستعمل لوقاية كثير من الآلات أثناء عمليتي الشحن و التخزين [5] .

ج- حسب طريقة التأثير:

• مثبطات تثبيت pH:

مثل المحاليل الموقية وهي خليط من حمض ضعيف وملحه المرافق مثل مزيج من حمض الخل وأسيئات الصوديوم تثبت pH=4.

• مثبطات تشكل طبقة مد مصة حامية : مثل الكرومات المولبيدات.

• مثبطات تشكل طبقة عضوية : مثل الأميد ، السيلفات، تحتوي هذه المركبات على جزء قطبي يسمح بتكوين رابطة متكافئة مع المعدن . [15]

الفصل الثالث
الدراسة
الترممو ديناميكية

III- الدراسة الترموديناميكية:

III-1- الكمون النظامي لمسرى:

يقصد بالمسرى كل ناقل معدني في تماس مع الكتروليت، والكتروكيميائيا المسرى هو تفاعل الأكسدة أو الإرجاع (انتقال الشحنات) حيث لا يمكن قياس كمون المسرى إلا بالنسبة لمسرى آخر نتخذه كمرجع للقياس.

كمثال على المسرى المرجعي نذكر مسرى الهيدروجين النظامي ENH، ومسرى الكالوميل المشيع ECS وهو المسرى المرجعي الأكثر استعمالا. عند التوازن يطلق على كمون المسرى بالكمون العكوس E_{rev} وهو يمثل فرق الكمون بين المعدن والمحلل.

III-1-2- معادلة نرنست (Nernst):

تطبق العلاقة على مسرى في حالة توازن، حيث يعطى كموه العكوس بالعلاقة:

$$E_{rev} = E_0 + \frac{RT}{nF} \log \frac{[ox]}{[red]}$$

حيث E_0 الكمون النظامي للثنائية ox/red المكونة للمسرى.

III-1-3- كمون الحماية لمسرى:

لكي يحدث تآكل للمسرى لابد ان يحقق كموه E العلاقة ($E > E_{rev}$) نقول عندها انه حدث استقطاب للمسرى.

III-1-4- منحنيات بوربي Diagrammes de pourbaix:

كثير من تفاعلات الاكسدة والإرجاع - خاصة تلك التي يتكون فيها أكسيد معدني - يعتمد كموهها على قيمة pH المحلول.

مجموع المنحنيات لعنصر ما والتي تمثل تغيرات الكمون بدلالة pH المحلول وترسم على نفس المعلم تدعى "منحنيات بوربي".

لرسم منحنيات بوربي لمعدن ما، نقوم بدراسة كل التوازنات التي يمكن ان توجد بين الأصناف الكيميائية المختلفة لهذا المعدن، وفي درجات أكسدة مختلفة، وبحيث يمثل كل توازن بمعادلة، ثم ترسم على المعلم (E-pH)، حيث المستقيمات الناتجة تقسم المعلم السابق

الدراسة الترموديناميكية

الى مناطق مختلفة يمثل كل منها مجال غالبية صنف معين منحل او مجال استقرار صنف آخر.

مخطط Pourbaix:

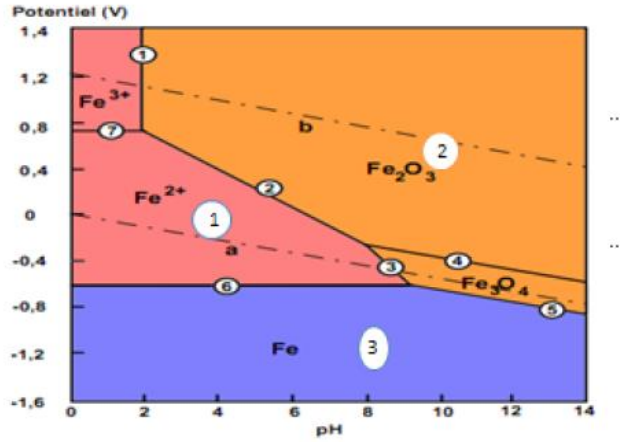
هو مخطط يربط بين إمكانية حدوث التآكل ب PH الوسط الأكال والفرق في الجهد بين المعدن وأيوناته الموجودة في الوسط، يهتم هذا المخطط بالاتزان الترموديناميكية وليس بما يحدث بالفعل. وعلى الرغم من ذلك فان مخطط Pourbaix يمكن أن يعطينا تصور لما يحدث بين المعدن والوسط الأكال مما يعطي فكرة عن كيفية حدوث التآكل وكيف يمكن الحد منه أو تجنبه وذلك بمعرفة كل من [5.9].

منطقة التآكل: حيث ينحل المعدن في الوسط الأكال على شكل شوارد.

منطقة الخمولية: حيث تتكون طبقة من الأكسيد و الهيدروكسيد تحمي المعدن من التآكل.

منطقة المناعة: حيث لا يحدث أي تفاعل بين المعدن و الوسط المحيط.

الشكل(4) يمثل منحى Pourbaix لمعدن الحديد عند درجة حرارة 25° .



1 الخمولية 2 التآكل 3 المناعة

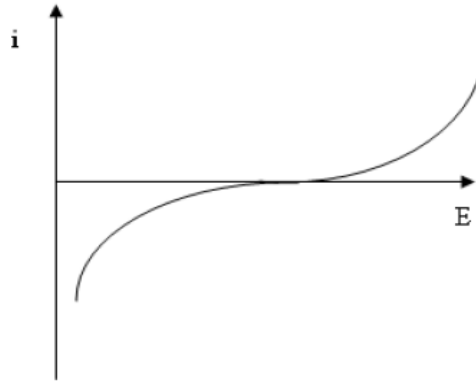
الشكل (4): منحى بوربي لمعدن الحديد [4]

III-1-5 منحنيات الاستقطاب:

سرعة التفاعلات عند المسرى – والمعبر عنها بكثافة التيار i – تعتمد على الكمون المفروض عليه (أي على مدى الاستقطاب الذي تعرض له) ولأخذ فكرة مفصلة على حركية التفاعلات عند المسرى نرسم منحنى الاستقطاب المميز له وهو نوعان:

$$i = f(E) \text{ المنحنى}$$

باستعمال جهاز Potentiostat نغير في قيمة الكمون (المفروض بين مسرى العمل والمسرى المرجعي) ونقيس في كل مرة كثافة التيار المار في الدارة.



الشكل (5): منحنى الاستقطاب $i = f(E)$

$$E = f(i) \text{ المنحنى}$$

هذه المرة نجري عملية تغيير لقيمة التيار باستعمال جهاز Galvanostat ثم يقاس في كل مرة الكمون الموافق للمسرى.

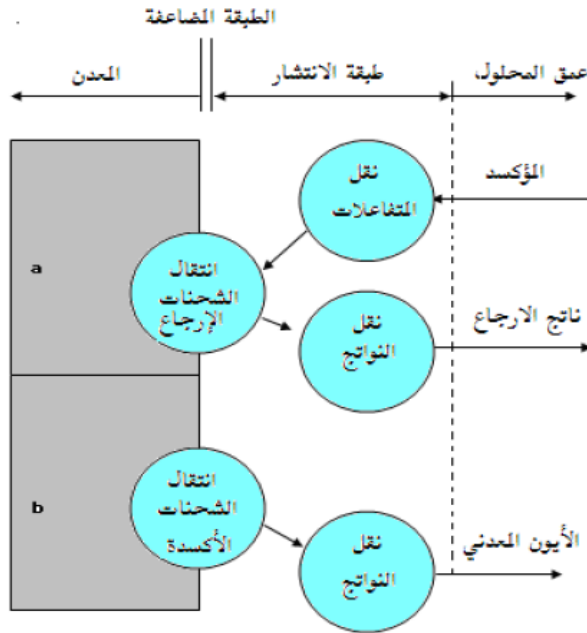
عادة ما يكون الجهازان السابقان مضمومان في جهاز واحد يؤدي المهمتين معا.

III -2- المرحلة المحددة لتفاعل:

التفاعلات عند المسرى تشمل على الأقل تفاعلا جزئيا أنوديا و آخر كاتوديا, وعلى حسب التفاعل المهيمن فان المسرى يمثل مصعدا او مهبطا.

الدراسة الترموديناميكية

يمر التفاعل الالكتروكيميائي عند المسرى (اكسدة ام ارجاعا) بعدة اطوار كما يوضحها التمثيل التالي:



الشكل (6): مراحل التفاعل لتآكل معدن (a) التفاعل الجزئي الكاثودي (b) التفاعل الجزئي الأنودي [4].

سرعة التفاعل عند المسرى تعتمد على سرعات اطواره المختلفة، الا ان الطور الابطأ هو الذي يحدد السرعة الكلية بتباطئه ومن ثم يسبب استقطابا للمسرى ندعوه بالطور المحدد Etape limitante، هذا الطور يحدد السرعة الكلية للتفاعل بحيث تهمل سرعات الاطوار الاخرى ازاءه.

من أمثلة على الطور المحدد في تفاعلات التآكل للفولاذ [4]:

* تآكل مراقب بطور انتقال الشحنات: ومثال ذلك تآكل الفولاذ في الوسط الحامضي

* تآكل مراقب بطور نقل المادة: مثال ذلك تآكل الفولاذ في الوسط المتعادل المهوى

aéré

* تاكل مراقب بخصائص تكون الطبقة الخمولية: مثل تأكل الفولاذ في الماء.

III -2- 1- معادلة بوتلر فولمر Equation de Butler–Volmer:

نحاول ايجاد علاقة بين كثافة التيار الذي يجتاز المسرى والاستقطاب الحادث لهذا المسرى وهذا في الحالة التي يكون فيها انتقال الشحنات هو الطور المحدد للسرعة الكلية للتفاعل.

III -2- 2- حالة مسرى بسيط:

نعتبر مسرى بسيط يحدث على سطحه تفاعل الكترولوكيميائي واحد للثنائية OX / Red.



بفرض تفاعلي الاكسدة والارجاع من الدرجة الاولى، اذن عبارتي سرعتيهما:

$$V_{OX} = K_{OX} [\text{Red}] \quad \dots\dots\dots(4-2) \quad \text{سرعة تفاعل الاكسدة:}$$

$$V_{Red} = K_{Red} [\text{OX}] \quad \dots\dots\dots(5-2) \quad \text{سرعة تفاعل الارجاع:}$$

حيث K_{OX} ، K_{Red} ثابتي سرعتي الاكسدة والارجاع على الترتيب.

ثابت السرعة بدلالة الطاقة الحرة لتنشيط التفاعل ΔG^* يعطى بالعلاقة:

$$K_{OX} = \frac{KT}{h} \exp\left(\frac{-\Delta G_{OX}^*}{RT}\right) \dots\dots\dots(6-2)$$

$$K_{Red} = \frac{KT}{h} \exp\left[\frac{-\Delta G_{Red}}{RT}\right] \dots\dots\dots(7-2)$$

$$h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ J/S} \quad \text{ثابت بلانك}$$

$$K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K} \quad \text{ثابت بولتزمان}$$

$$R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol.K}} \quad \text{ثابت الغازات المثالية}$$

بتعويض (6-2) و (7-2) في المعادلتين (4-2) و (5-2) يكون لدينا:

$$\dots\dots V_{OX} = \frac{KT}{h} [\text{Red}] \exp\left(\frac{-\Delta G_{OX}^*}{RT}\right) \dots\dots\dots(8-2)$$

$$V_{Red} = \frac{KT}{h} [OX] \exp\left(\frac{-\Delta G_{Red}^*}{RT}\right) \dots\dots\dots(9-2)$$

باستخدام قانون فاراداي:

$$m = \frac{ItM}{nF} \dots\dots(10-2) \Rightarrow I = \frac{nFm}{Mt} \dots\dots(11-2)$$

بقسمة طرفي المعادلة (11-2) على مساحة مسرى العمل (الملامسة للالكتروليت) S

وبوضع $i = I/S$ والتي تمثل كثافة التيار، وبادخال مقدار السرعة $V = \frac{m}{MtS}$ يصبح

لدينا:

$$i = nFV \dots\dots\dots(12-2)$$

$$i_{ox} = nFV_{ox} \dots\dots\dots(13-2) \text{ كثافة تيار الاكسدة:}$$

$$i_{ox} = -nFV_{Red} \dots\dots\dots(14-2) \text{ كثافة تيار الارجاع:}$$

اضيفت اصطلاحا اشارة (-) الى عبارة تيار الارجاع.

بتعويض (8-2) و(9-2) في العلاقتين (13-2) و (14-2) على الترتيب يصبح لدينا:

$$i_{ox} = \frac{nFKT}{h} [Red] \exp\left[\frac{-\Delta G_{ox}^*}{RT}\right] \dots\dots\dots (15-2)$$

$$i_{Red} = \frac{-nFKT}{h} [OX] \exp\left(\frac{-\Delta G_{Red}^*}{RT}\right) \dots\dots\dots(16-2)$$

كثافة التيار الكلي للمسرى هي مجموع الكثافتين:

$$i = i_{ox} + i_{Red} \dots\dots\dots(17-2)$$

* العلاقة بين كثافة التيار i وكمون المسرى e :

نعتبر ΔV فرق الكمون بين المسرى والالكتروليت عند سطح التماس بينهما.

بفرض $\Delta V > 0$ فان انتقال الالكترونات في حالة الاكسدة يتم نحو المصعد الموجب بسهولة

(أي بدون اعاقاة).

اما في حالة الارجاع فان الالكترونات تتحرك عكس جهتها التلقائية (أي بوجود اعاقه لحركتها).

$$q = nF \quad \dots\dots\dots (18-2) \quad \text{عند انتقال كمية من الكهرباء مقدارها:}$$

$$\Delta E = nF\Delta V \quad \dots\dots\dots (19-2) \quad \text{فان قيمة الطاقة الكهربائية المنقولة هي}$$

ينقص من الطاقة الحرة لتنشيط تفاعل الاكسدة مقدار $\alpha nF\Delta V$ لتصبح قيمتها

$$\Delta G_{OX}^* = (\Delta G_{OX}^*)_0 - \alpha nF\Delta V \quad \dots\dots\dots (20-2)$$

- بينما تزداد الطاقة الحرة لتنشيط تفاعل الارجاع بالمقدار: $\beta nF\Delta V$ (أي ما تبقى من الطاقة الكهربائية المنقولة) لتصبح قيمتها:

$$\Delta G_{Red}^* = (\Delta G_{Red}^*)_0 + \beta nF\Delta V \quad \dots\dots\dots (21-2)$$

α : معامل الانتقال لتفاعل الاكسدة و β : معامل الانتقال لتفاعل الارجاع بحيث:

$$\alpha + \beta = 1 \quad \dots\dots\dots (22-2)$$

$(G_{Red}^*)_0, (G_{OX}^*)_0$ الطاقتين الحرتين لتنشيط الاكسدة والارجاع عند $\Delta V = 0$.

$$e = \Delta V - \Delta V_{Ref} \quad \dots\dots\dots (23-2) \quad \text{لدينا العلاقة:}$$

e : كمون المسرى بالنسبة للمسرى المرجعي.

ΔV_{Ref} : الكمون المطلق للمسرى المرجعي (ثابت).

$$\Delta V = e + \Delta V_{Ref} \quad \dots\dots\dots (24-2) \quad \text{- من العلاقة (23-2) نستنتج:}$$

بتعويض العلاقة (24-2) في العلاقتين (20-2) و (21-2) يصبح لدينا:

$$\Delta G_{OX}^* = A_{OX}^0 - \alpha nFe \quad \dots\dots\dots (25-2)$$

$$A_{OX}^0 = (\Delta G_{OX}^*)_0 - \alpha nF\Delta V_{Ref} \quad \dots\dots\dots (26-2) \quad \text{حيث:}$$

$$\Delta G_{Red}^* = B_{Red}^0 + \beta nFe \quad \dots\dots\dots (27-2)$$

$$B_{Red}^0 = (G_{Red}^0)_0 + \beta nF\Delta V_{Ref} \quad \dots\dots\dots (28-2) \quad \text{حيث:}$$

بتعويض العلاقتين (25-2) و (27-2) في العلاقتين (15-2) و (16-2) نحصل على:

$$i_{OX} = \frac{nFKT}{h} [Red] \exp\left(\frac{-A_{OX}^0}{RT}\right) \exp\left[\frac{\alpha nFe}{RT}\right] \dots\dots (29-2)$$

$$i_{Red} = -\frac{nFKT}{h} [OX] \exp\left(\frac{-B_{Red}^0}{RT}\right) \exp\left(\frac{-\beta nFe}{RT}\right) \dots\dots (30-2)$$

$$K'_{ox} = \frac{KT}{h} \exp\left(\frac{-A_{ox}^0}{RT}\right) \dots\dots\dots (31-2) \quad \text{بوضع:}$$

$$K'_{Red} = \frac{KT}{h} \exp\left(\frac{-B_{Red}^0}{RT}\right) \dots\dots\dots(32-2)$$

في العلاقتين (29-2) و (30-2) نحصل على:

$$i_{OX} = nFK'_{OX} [Red] \exp\left(\frac{\alpha nFe}{RT}\right) \dots\dots\dots(33-2)$$

$$i_{Red} = -nFK'_{Red} [OX] \exp\left(\frac{-\beta nFe}{RT}\right) \dots\dots\dots(34-2)$$

بتعويض العلاقتين (33-2) و (34-2) في العلاقة (17-2) نحصل على عبارة كثافة التيار الكلي:

$$i = nF \left[K'_{OX} [Red] \exp\left(\frac{\alpha nFe}{RT}\right) - K'_{Red} [OX] \exp\left(\frac{-\beta nFe}{RT}\right) \right] \dots\dots\dots(35-2)$$

للوصول الى علاقة بوتلر-فولمر لا بد من ادخال كثافة تيار الانتقال عند التوازن i^0

Courant d'echange وكذلك استقطاب المسرى η حيث: $\eta = e - e_{th}$

حيث: e_{th} : كمون المسرى في غياب التيار وهو نفسه الكمون العكوس.

كثافة تيار الانتقال i^0 :

هو قيمة كثافة التيار عند التوازن، أي عندما $e = e_{th} = e_{Rev}$ أي ان الاستقطاب معدوم $\eta = 0$

عند التوازن يكون التيار الكلي معدوم: $i = 0 \Rightarrow i_{ox} = i_{Red} = i^0$ نعوض عن ذلك في

العلاقتين (33-2) و (34-2) فنحصل على:

$$i^0 = nFK_{ox} [Red] \exp\left(\frac{\alpha n F e_{th}}{RT}\right) \dots\dots\dots(36-2)$$

$$i^0 = nFK_{Red} [ox] \exp\left(\frac{-\beta n F e_{th}}{RT}\right) \dots\dots\dots(37-2)$$

بادخال العلاقتين (36-2) و(37-2) في العلاقة (35-2) وباستعمال العلاقة $e - e_{th} = \eta$ نصل الى علاقة بوتلر – فولمر وهي علاقة بين كثافة التيار i المار في المسرى وقيمة الاستقطاب η الحاصل للمسرى تعطى كالتالي:

$$i = i^0 \left[\exp\left(\frac{\alpha n F \eta}{RT}\right) - \exp\left(\frac{-\beta n F \eta}{RT}\right) \right] \dots\dots\dots(38-2)$$

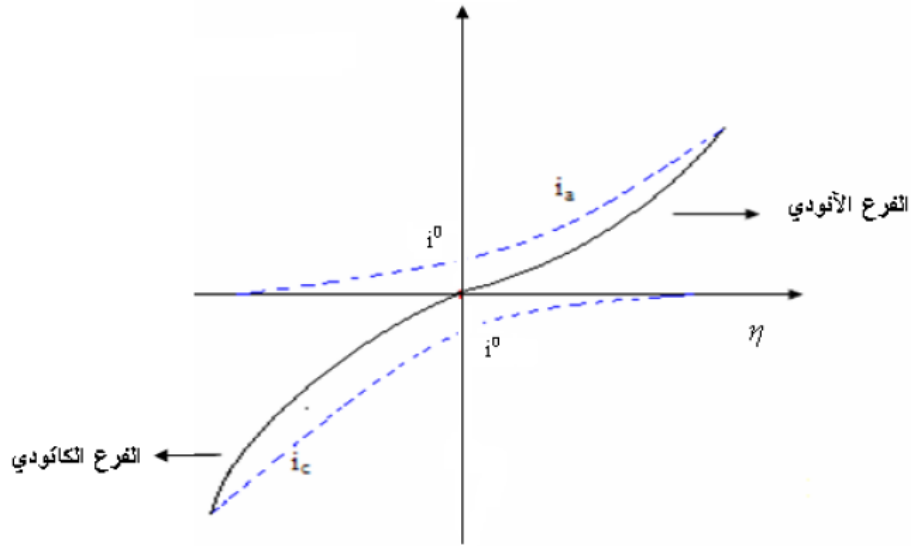
- العلاقة (38-2) تحمل شقين الايسر يمثل كثافة التيار الانودي (التيار الناتج عن تفاعل الاكسدة الجزئي)، والشق الايمن يمثل كثافة التيار الكاثودي (التيار الناتج عن تفاعل الارجاع الجزئي)، ياخذ التياران العبارتين:

$$i_a = i^0 \exp\left[\frac{\alpha n F \eta}{RT}\right] \dots\dots\dots(39-2)$$

$$i_c = -i^0 \exp\left[\frac{-\beta n F \eta}{RT}\right] \dots\dots\dots(40-2)$$

منحنيات الاستقطاب: $i=f(\eta)$

وهي منحنيات تجسد علاقة بوتلر – فولمر لمسرى حيث تمثل تغيرات كثافة التيار المار في المسرى بدلالة الاستقطاب الذي تعرض له.



الشكل (7): منحنيي الاستقطاب الأنودي والكاثودي والمنحنى الاجمالي

- عند المبدأ $i = 0$ أي ان $i_a = -i_c = i^0$ فعند التوازن لا يمر تيار في المسرى وهذا الاخير لا يعاني أي استقطاب.

* مستقيمات تافيل **Droites de Tafel** :

من علاقة بوتلر – فولمر (38-2) السابقة يمكن اجراء التقريبات التالية:

*** حالة استقطاب ضعيف: $\eta < 0,01 V$

باستعمال التقريب الرياضي: $x \rightarrow 0 \Rightarrow \exp(x) = 1 + x$

وتطبيقه على العلاقة (38-2) نحصل على العلاقة:

$$i = \left(\frac{i^0 nF}{RT} \right) \eta \quad \dots\dots (41-2)$$

من العلاقة (41-2) نلاحظ ان كثافة التيار تتغير خطيا مع الاستقطاب في المجال الضيق

المحيط بكمون التوازن $e_{Rev} = e_{corr}$

بوضع $i = \frac{I}{S}$ في العلاقة (41-2) يكون لدينا:

$$R_p = \frac{RT}{nFi^0S} = \frac{\eta}{I} \quad \dots\dots\dots (42-2)$$

R_p تدعى مقاومة الاستقطاب و لايجادها نقوم باحداث استقطاب ضعيف للمسرى
 $\eta < 0.01V$ ثم تستخرج شدة التيار الموافقة من المنحنى ومن ثم تحسب قيمة
 مقاومة الاستقطاب من العلاقة (42-2).

**** حالة استقطاب مرتفع:**

من اجل قيم مرتفعة للاستقطاب سواء اكانت موجبة او سالبة، فان احد حدي علاقة فولمر
 يهمل ازاء الحد الاخر.

* الاستقطاب مرتفع $\eta \gg 0$:

في هذه الحالة لدينا: $i_a \gg i_c$ التيار الانودي هو المهيمن، بالغاء الشق الكاثودي تاخذ
 علاقة فلمر الشكل:

$$i = i^0 \exp\left(\frac{nF\alpha\eta}{RT}\right) \Rightarrow \frac{i}{i^0} = \exp\left(\frac{nF\alpha\eta}{RT}\right)$$

باخذ اللوغارتم النيبيري للطرفين، ثم التحويل الى اللوغارتم العشري، نحصل على العلاقة
 الخطية التالية:

$$\eta = A + B \text{Log}(i) \quad \dots\dots\dots (43-2)$$

حيث A و B ثابتين:

$$A = \left(\frac{-2,3RT}{\alpha nF}\right) \text{Log}(i^0) \quad B = \left(\frac{-2,3RT}{\alpha nF}\right)$$

تمثل المعادلة (43-2) معادلة مستقيم تافيل الأنودي.

• الاستقطاب منخفض: $\eta \ll 0$

في هذه الحالة التيار الكاثودي هو المهيمن (يهمل الشق الأنودي من معادلة فولمر)

$$\text{المعادلة (43-2) تؤول إلى } i = i^0 \exp\left(\frac{-\beta nF\eta}{RT}\right)$$

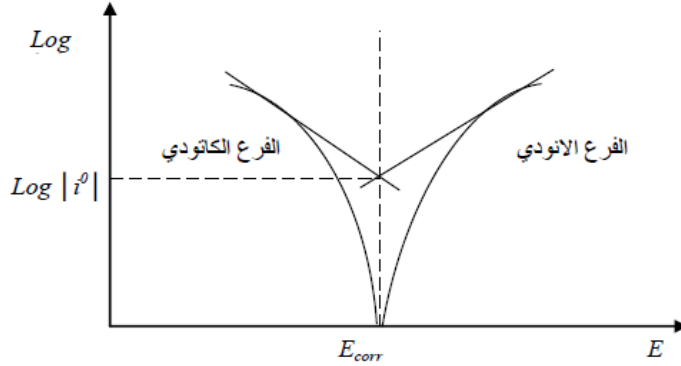
مثل ما فعلنا مع التيار الأنودي نحصل على العلاقة

$$\eta = A' + B' \text{Log}(i) \dots\dots\dots(44-2)$$

$$B' = \left(\frac{-2.3.R.T}{\beta.n.F} \right) \quad \text{حيث:}$$

$$A' = \left(\frac{2.3RT}{\beta nF} \right) \text{Log}(i^0)$$

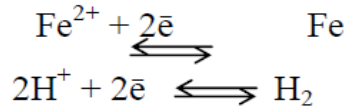
تمثل المعادلة (44-2) معادلة مستقيم تافيل الكاتودي.
تقاطع استقامة الفرعين الأنودي والكاتودي لمعادلتي تافيل تعطينا $\text{Log } i^0$ والموافقة
لكمون التآكل E_{corr} والتي تستعمل لحساب سرعة التآكل V_{corr} .



الشكل (8): منحنيات تافيل

III -2-3-: معادلة بوتلر – فولمر لمسرى مختلط:

كمثال على ذلك: تآكل مسرى من الحديد في محلول لحمض كلور الماء.
يحدث تفاعلان في آن واحد وهما:



كثافة التيار i المار في المسرى المختلط هي مجموع كثافات التيارات الجزئية التالية:

$$i = (i_{c,Fe} + i_{a,Fe}) + (i_{c,H} + i_{a,H}) \dots\dots\dots(45-2)$$

الدراسة الترموديناميكية

بجوار كمون التآكل E_{corr} فان التياران الجزئيان $i_{c,Fe}$ (الموافق لارجاع الحديد) والتيار $i_{a,H}$ الموافق لأكسدة الهيدروجين، يعتبران مهملان. مما يبسط العلاقة (45-2) الى:

$$i = i_{a,Fe} + i_{c,H} \dots\dots\dots(46-2)$$

عند كمون التآكل فان كثافة التيار تكون معدومة، وهذا يعني ان:

$$i_{a,Fe} = i_{c,H} = i^0 = i_{corr} \dots\dots\dots(47-2)$$

بفرض ان انتقال الشحنات في كلا التفاعلين يمثل الطور المحدد لسرعة التفاعل ومن جهة اخرى ان التفاعلات مستقلان في حركيتهما، وعليه فان كثافة التيار لكلا التفاعلين تخضع لقانون بوتلر – فولمر، وكثافة التيار الكلي للمسرى هي:

$$I = I_{corr} \exp\left(\frac{\xi}{B_{a,Fe}}\right) - I_{corr} \exp\left(\frac{-\xi}{B_{c,H}}\right) \dots\dots\dots(48-2)$$

$$\xi = E - E_{corr} \dots\dots\dots(49-2) \quad \xi: \text{استقطاب المسرى ويعطى بالعلاقة:}$$

الجانب

العملي

1- مقدمة :

في هذا الفصل سنتطرق إلى الدراسة التجريبية لتأثير درجة الحرارة على الفاعلية التثبيطية لمركب N-mésitylimidazole على الفولاذ X70 في وسط حمضي وهو HCl, بتطبيق طريقتين هما:

- الطريقة الكلاسيكية وهي طريقة فقدان الوزن

- الطريقة الإلكتروكيميائية وهي طريقة منحنيات الاستقطاب ومنها نستخرج منحنيات Tafel التي تمكننا من معرفة مجموعة من القيم الإلكتروكيميائية التي تسمح بدراسة تأثير تغير درجة الحرارة (30°C,35°C,40°C,45°C,50°C,55°C,60°C)

المركب المدروس هو مركب أزوتي لم تتم عليه دراسة مسبقة كمثبط للتآكل

يتم عرض هذا العمل وفق المخطط التالي

1- المركب المدروس.

2- استعراض الشروط التجريبية لكلا الطريقتين.

3- دراسة الفاعلية التثبيطية باستخدام طريقة فقدان الوزن

- بحساب سرعة التآكل ومردود التثبيط

- رسم منحنى تغير سرعة التآكل بدلالة التركيز.

- رسم منحنى تغير سرعة التثبيط بدلالة التركيز.

4- دراسة الفاعلية التثبيطية باستعمال منحنيات Tafel

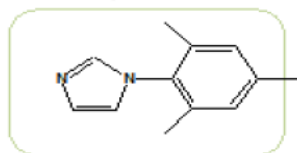
- دراسة تأثير درجة الحرارة على سرعة تآكل الفولاذ المدروس في الوسط HCl

- دراسة تأثير درجة الحرارة على الفاعلية التثبيطية للمركب المدروس

5- رسم منحنيات الامتزاز

6- خلاصة عامة

1- المركب المدروس: (N-mésitylimidazole)



N-mésitylimidazole

Masse: 19.69 g.

Rdt: 80 %.

RMN ¹H (200MHz ; CDCl₃ δppm) : 1.99(s, 6H, CH₃) ; 2.33(s, 3H, CH₃Mes) ; 6.92(m, 1H, Mes N-CH=CHN) ; 7.04(s, 2H, CH, Mes) ; 7.28(s, 1H, Mes N-CH=CH-N) ; 7.44(s, 1H, Mes-N-CH=N).

2- تحديد الشروط التجريبية لدراسة الفاعلية التثيضية للمركبات

ينشأ التآكل أساساً من تفاعلات بين المعدن و الوسط المحيط به وهو بالتالي يتأثر بكلاهما، و لهذا قمنا بدراسة تأثير طبيعة المعدن إذ استعملنا معدن صلب (X70) ، كما درسنا تأثير الأيون المقابل للحمض (طبيعة الوسط) HCl .

في هذا العمل حاولنا الربط بين عدة طرق وهي:

- طريقة الضياع في الكتلة.
- الطريقة الإلكتروكيميائية

1.2. أساس اختيار الطرق المستعملة

لإبراز ظاهرة التآكل يوجد عدة طرق ولتأكد من النتيجة المحصلة عليها حاولنا أن نجتمع على الأقل بين طريقتين فتم اختيار الطريقة الإلكتروكيميائية كطريقة أولى أما الثانية بطريقة الضياع في الكتل

2.2. المعدن المدروس

في تجربتنا تم دراسة معدن XC70 حيث أخذت العينات من أنبوبة واحدة والتي تستعمل لنقل البترول في شركة سونا طراك، إذ يتكون من العناصر الموضحة في الجدول 1 ، لتفادي تغير البنية المعدن تم القطع في ظروف باردة لما لها من تأثير على سرعة التآكل.

الجدول 1: مكونات المعدن المدروس.

العناصر	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Al	Nb	V	Ti	Mo	Fe
النسبة % ($\times 10^3$)	65	2	1	245	1685	42	26	10	42	67	14	19	5	Reste

3.2. تحضير العينة

لتحضير العينة تمر عبر المراحل التالية :

- قطع العينات في ظروف باردة و الشكل المختار حسب الطريقة المستعملة.
- صقل العينة بألة الصقل تحت تدفق الماء على أقراص زجاجية ذات الأرقام التالية:

60.100,150.180.220.400.600.1200.2000

4.2. المواد المستعملة

يوضح الجدول التالي بعض الخصائص الفيزيائية لبعض المركبات المستخدمة في هذه الدراسة.

الجدول.2 المواد المستعملة في التجارب.

المركب	درجة النقاوة %	الكثافة g/l في 20C°	شركة الإنتاج
ماء أحادي التقطير	/	1.00	جهاز التقطير من نوع 2102gfl
حمض كلور الماء	37	1.18	Merck

3- دراسة الفاعلية التثبيطية باستخدام طريقة فقدان الوزن

1-3. بطريقة الضياع في الكتلة

أ. مبدأ الطريقة

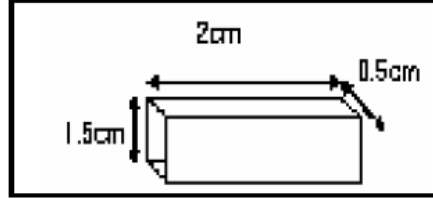
تعتمد هذه الطريقة على تغير الوزن، حيث يتم وزن العينة قبل وبعد الغمس في المحلول

الالكتروليتي و ذلك في فترات زمنية معينة [6]

ب. تحضير العينات

الجانب العملي

تمر العينة عبر المراحل المذكورة سابقا في تحضيرها حيث شكلها متوازي المستطيلات
الشكل 9. التالي:

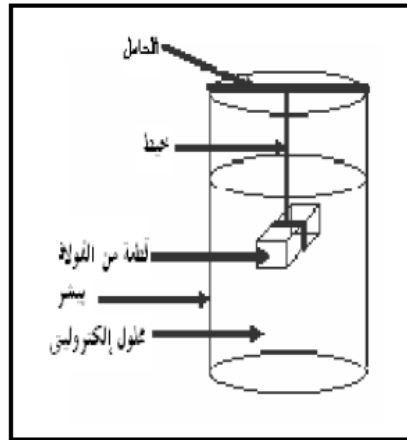


الشكل 9: رسم تخطيطي للعينة.

ج. طريقة العمل

و يلخص ذلك في المراحل التالية:

- تحضير العينات بالمعالجة الميكانيكية والكيميائية.
- أخذ وزن كل عينة و مساحتها الكلية تم غمرها في 40 ml من المحلول الإلكتروليتي الشكل 10.
- بعد فترة زمنية معينة يأخذ وزن العينة المغمورة ثم حساب التغير في الكتلة.
- تعاد العملية حتى الحصول على سرعة التآكل ثابتة.



الشكل 10: يمثل التركيب التجريبي للتجربة الضياع في الكتلة.

الجانب العملي

د- تحديد سرعة التآكل بطريقة الضياع في الكتلة

تحسب السرعة بالعلاقة التالية :

حيث:

$$V_{\text{cor}} = \Delta m / S \cdot t$$

t: زمن الغمس ويمكن أن يكون بالثانية (s) أو الدقيقة (min) أو الساعة (h) أو السنة (an).

S: المساحة الكلية للعينة و وحدتها (cm²).

Δm : تغير في الكتلة قبل وبعد الغمس وتأخذ بالغرام (g).

هـ. حساب مردود حسب طريقة الضياع في الكتلة

يعطي المردود بالعلاقة التالية

$$R \% = (V_0 - V) / V_0 \cdot 100$$

حيث:

V_0 : سرعة التآكل بدون مثبط.

V: سرعة التآكل بالمثبط.

R % : معدل الفاعلية التثبيطية.

• استنادا على الدراسات السابقة وجدنا أن زمن الغمر لقطعة الفولاذ XC70 في الوسط (1M)

HCL هو 30 min. [4]

الجانب العملي

1.1.3- دراسة تأثير درجة الحرارة على سرعة تآكل الفولاذ المدروس في الوسط HCL (1M).

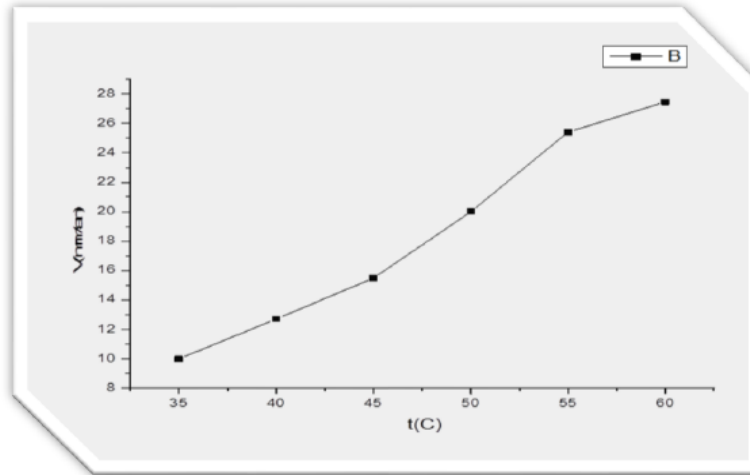
إن درجة الحرارة أحد العوامل المؤثرة علي سرعة التآكل , ولقد ارتأينا في هذه الدراسة إلي معرفة مامدى تأثيرها علي سرعة التآكل للفولاذ المدروس في الوسط HCL (1M).

V(g/cm ² *min)	V(mm/an)	S(cm ²)	Δm(g)	t(°C)
1.48141E-05	9.98241042	6.0536	0.0212	35
1.88475E-05	12.7003436	5.6783	0.0253	40
2.29589E-05	15.4707461	5.9512	0.0323	45
2.97062E-05	20.0174124	5.6105	0.0394	50
3.77224E-05	25.4190735	5.8424	0.0521	55
4.07706E-05	27.4730981	5.5716	0.0537	60

جدول 3: قيم سرعة التآكل للفولاذ المدروس بدلالة درجة الحرارة في الوسط HCL (1M).

لتوضيح النتائج المتحصل عليها في الجدول 4 نقوم برسم منحنى تغير سرعة التآكل بدلالة درجة الحرارة في الوسط HCL (1M) كما هو موضح في الشكل (11).

الشكل 11. منحنى تغير سرعة التآكل بدلالة درجة الحرارة في الوسط HCL (1M)



من خلال المنحنى و القيم المتحصل عليها نلاحظ أن تأثير درجة الحرارة ظهر جليا وذلك من خلال الزيادة في سرعة التآكل

الجانب العملي

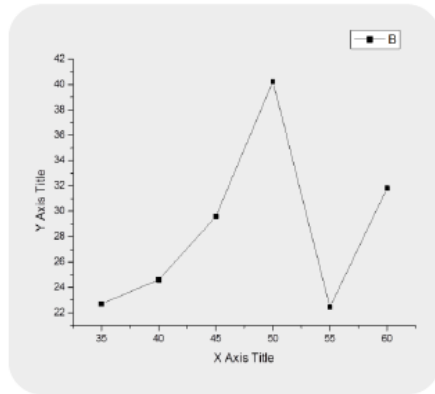
2.3- دراسة تأثير درجة الحرارة على الفاعلية التثيضية للمركب المدروس

1.2.3- بطريقة فقدان الوزن:

بعد تحضير المحاليل بالتراكيز المختلفة من المثبط المدروس تؤخذ النتائج بعد زمن الغمس 30 دقيقة
تحصلنا علي النتائج الآتية:

-الجدول 4. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 5ppm ودرجات حرارة مختلفة
في الوسط HCL (1M) .

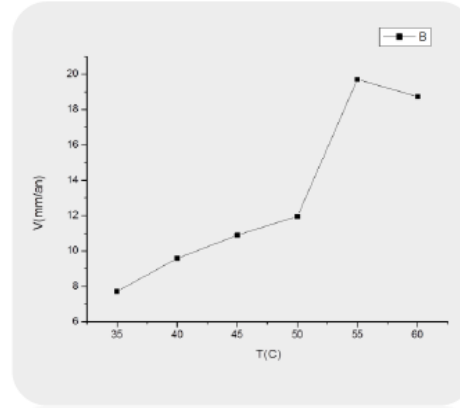
R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
22.7054045	35	1.14505E-05	7.093	1.2	1.45	2.02	0.0192
24.6006489	40	1.42109E-05	6.9654	1.18	1.44	2.01	0.0234
29.5801043	45	1.61676E-05	6.9335	1.18	1.43	2.01	0.0265
40.2373478	50	1.77532E-05	6.8861	1.17	1.43	2.005	0.0289
22.4405355	55	2.92573E-05	6.8388	1.16	1.43	2	0.0473
31.8313679	60	2.77927E-05	6.773	1.15	1.42	2	0.0445



$$R\%=f(T)$$

شكل 1.12. منحنى مردود التآكل

في وجود المثبط عند 5ppm



$$V=f(T)$$

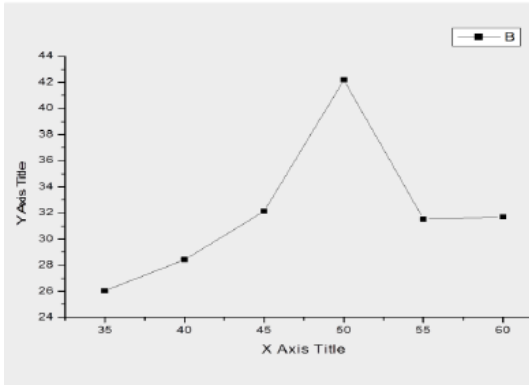
شكل 12. منحنى تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 5ppm

الجانب العملي

-الجدول 5. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبت بتركيز 10ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

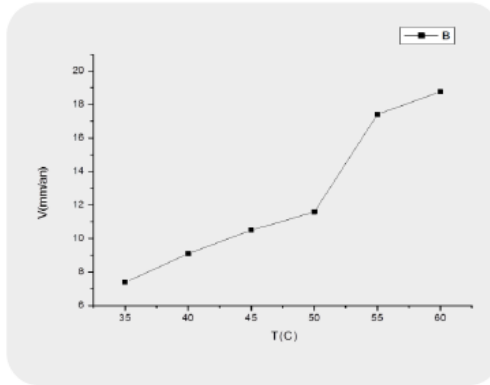
R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
26.0486815	35	1.09552E-05	6.75725	1.15	1.415	2	0.0175
28.4219713	40	1.34907E-05	6.7415	1.15	1.41	2	0.0215
32.1254005	45	1.55832E-05	6.6506	1.14	1.4	1.99	0.0245
42.1892929	50	1.71734E-05	6.6506	1.14	1.4	1.99	0.027
31.5310788	55	2.58281E-05	6.6167	1.13	1.4	1.99	0.0404
31.6771946	60	2.78556E-05	6.5603	1.13	1.39	1.98	0.0432



منحني $T=f(R\%)$

شكل 1.13. منحني مردود التآكل

في وجود المثبط عند 10ppm



منحني $V=f(T)$

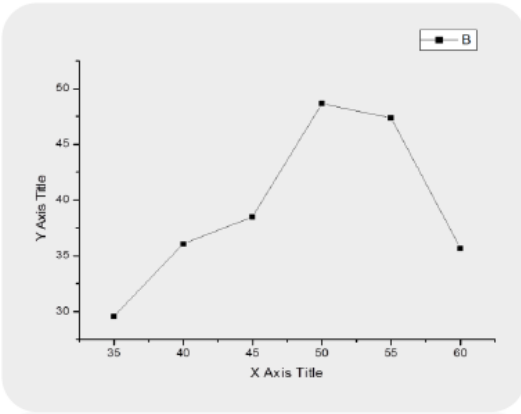
شكل 13. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 10ppm

الجانب العملي

-الجدول 6 يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبت بتركيز 15ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M) .

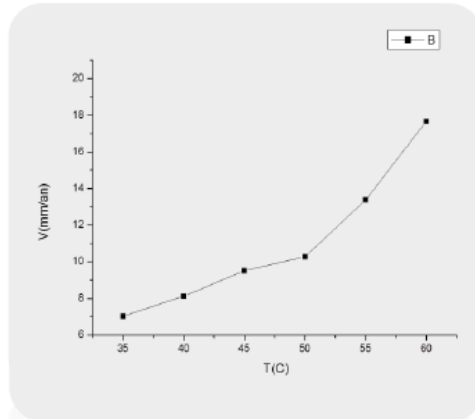
R%	T(°C)	V(g/ cm ³ *min)	S(cm ³)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
29.560423	35	1.0435E-05	6.5266	1.12	1.39	1.98	0.0161
36.0780128	40	1.20477E-05	6.4956	1.12	1.38	1.98	0.0185
38.4948869	45	1.41209E-05	6.4706	1.12	1.38	1.97	0.0216
48.6554685	50	1.52525E-05	6.3788	1.1	1.38	1.96	0.023
47.3595943	55	1.98572E-05	6.3482	1.1	1.37	1.96	0.0298
35.6817546	60	2.62229E-05	6.3235	1.1	1.37	1.95	0.0392



$$T=f(R\%) \text{ منحنى}$$

شكل 1.14. منحنى مردود التآكل

في وجود المثبط عند 15ppm



$$V=f(T) \text{ منحنى}$$

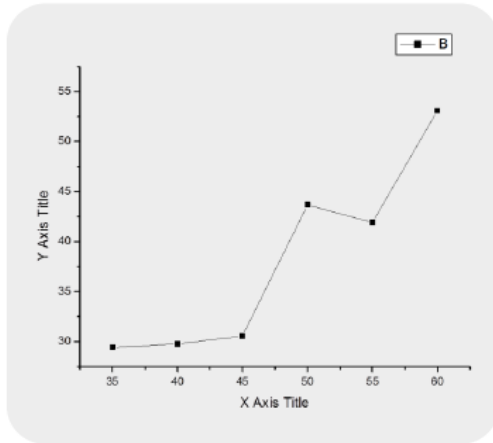
شكل 14. منحنى تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 15ppm

الجانب العملي

-الجدول 9. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 20ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

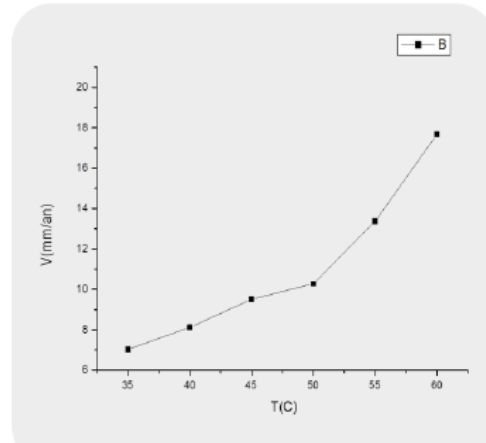
R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
29.3973747	35	1.04591E-05	7.7653	1.28	1.43	2.19	0.0192
29.7596006	40	1.32386E-05	7.6048	1.26	1.42	2.17	0.0238
30.5522131	45	1.59444E-05	7.5081	1.25	1.41	2.16	0.0283
43.6710383	50	1.67332E-05	7.5081	1.25	1.41	2.16	0.0297
41.9035791	55	2.19153E-05	7.412	1.24	1.4	2.15	0.0384
53.1062417	60	1.91189E-05	7.412	1.24	1.4	2.15	0.0335



منحني $V=f(R\%)$

شكل 15. منحني مردود التآكل

في وجود المثبط عند 20ppm



منحني $V=f(T)$

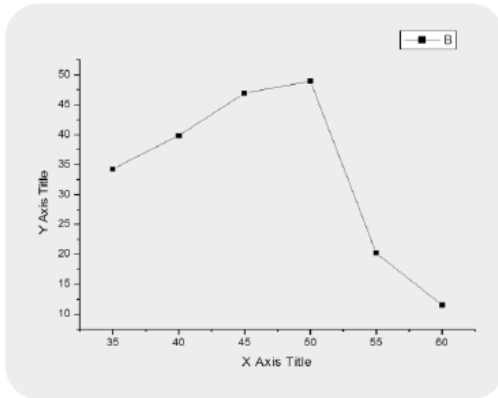
شكل 15. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 20ppm

الجانب العملي

-الجدول 8. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 25ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

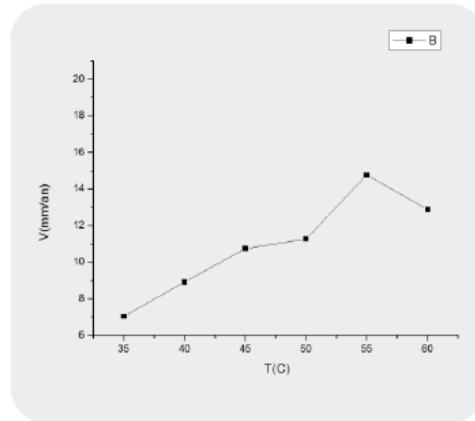
R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
34.2663053	35	9.73784E-06	6.2988	1.1	1.37	1.94	0.0145
39.8479556	40	1.13372E-05	6.2684	1.1	1.36	1.94	0.0168
46.9381697	45	1.21824E-05	6.2849	1.105	1.36	1.94	0.0181
48.9489785	50	1.51653E-05	5.8855	1	1.35	1.93	0.0211
20.2174524	55	3.00959E-05	6.1563	1.09	1.35	1.92	0.0438
11.5063172	60	3.60794E-05	6.1319	1.09	1.35	1.91	0.0523



منحني $T=f(R\%)$

شكل 1.16. منحني مردود التآكل

في وجود المثبط عند 25ppm



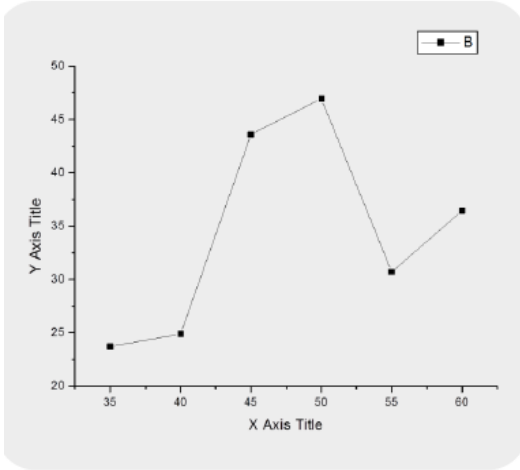
منحني $V=f(T)$

شكل 16. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 25ppm

-الجدول 9. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 30ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

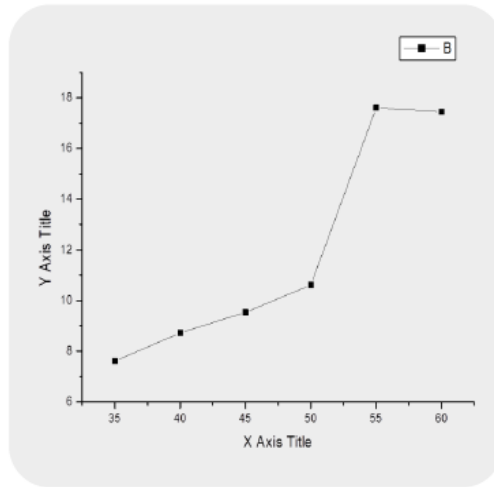
R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
23.7205348	35	1.13001E-05	7.412	1.24	1.4	2.15	0.0198
24.9001213	40	1.41545E-05	7.3518	1.24	1.39	2.14	0.0246
43.5912255	45	1.29508E-05	7.3165	1.23	1.39	2.14	0.0224
46.9574743	50	1.57569E-05	7.2216	1.22	1.38	2.13	0.0269
30.7182092	55	2.61347E-05	7.1865	1.21	1.38	2.13	0.0444
36.4624537	60	2.59046E-05	7.1197	1.21	1.36	2.13	0.0436



منحني $T=f(R\%)$

شكل 17.1. منحني مردود التآكل

في وجود المثبط 30ppm



منحني $V=f(T)$

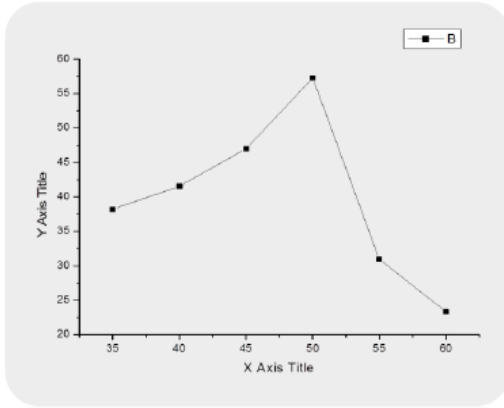
شكل 17.1. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 30ppm

الجانب العملي

-الجدول 10. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 35ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

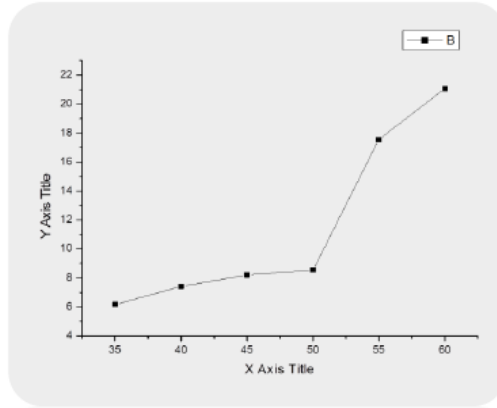
R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
38.2023734	35	9.15475E-06	6.0993	1.08	1.35	1.91	0.0132
41.5543516	40	1.10156E-05	6.029	1.075	1.34	1.9	0.0157
46.9883444	45	1.21709E-05	6.0128	1.07	1.34	1.9	0.0173
57.265856	50	1.26947E-05	5.99795	1.07	1.335	1.9	0.018
30.9412316	55	2.60506E-05	5.9269	1.06	1.33	1.89	0.0365
23.3252878	60	3.12607E-05	5.9269	1.06	1.33	1.89	0.0438



منحني $T=f(R\%)$

شكل 1.18. منحني مردود التآكل

في وجود المثبط 35ppm



منحني $V=f(T)$

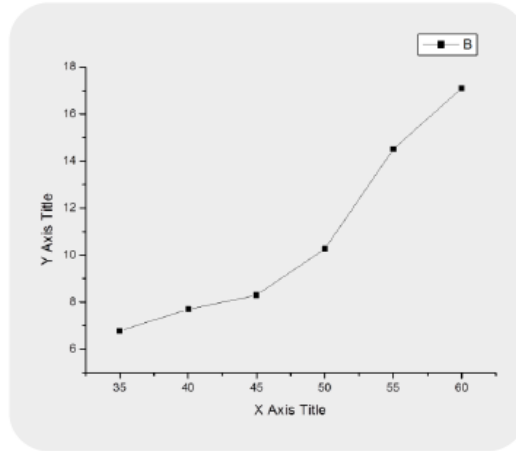
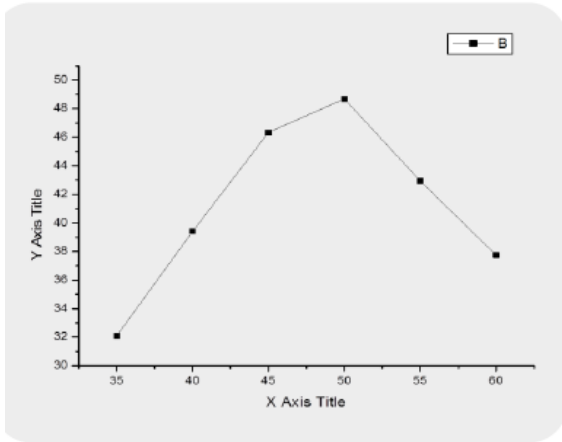
شكل 18. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 35ppm

الجانب العملي

-الجدول 11. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 40ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
32.1007594	35	1.00586E-05	6.939	1.2	1.32	2.125	0.0165
39.4056891	40	1.14205E-05	6.9264	1.2	1.32	2.12	0.0187
46.3479303	45	1.23179E-05	6.8339	1.19	1.31	2.11	0.0199
48.6924027	50	1.52415E-05	6.7997	1.18	1.31	2.11	0.0245
42.9495682	55	2.15208E-05	6.742	1.18	1.3	2.1	0.0343
37.7471755	60	2.53808E-05	6.6833	1.17	1.3	2.09	0.0401



منحني $T=f(R\%)$

شكل 1.19. منحني مردود التآكل

في وجود المثبط عند 40ppm

منحني $V=f(T)$

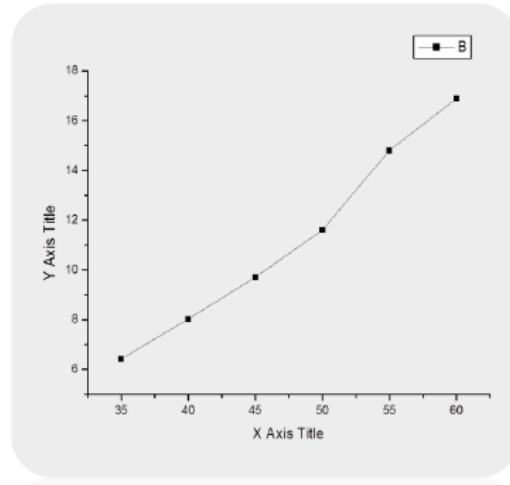
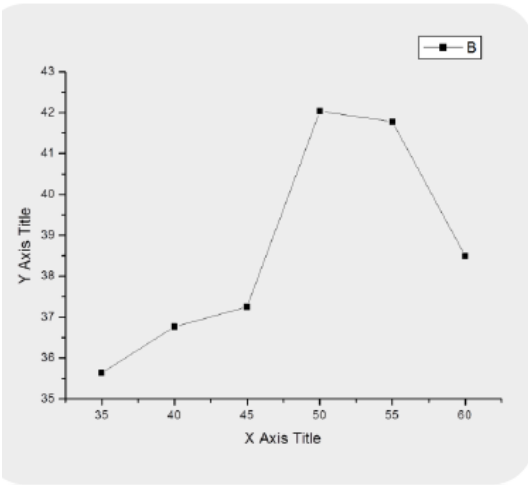
شكل 19. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 40ppm

الجانب العملي

-الجدول 12. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبط بتركيز 45ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	Dالارتفاع	Lالعرض	T طول	Δm
35.637607	35	9.5347E-06	5.85625	1.05	1.325	1.88	0.0132
36.7643265	40	1.19184E-05	5.85625	1.05	1.325	1.88	0.0165
37.2506844	45	1.44065E-05	5.813775	1.045	1.32	1.875	0.0198
42.0365645	50	1.72187E-05	5.7978	1.04	1.32	1.875	0.0236
41.777855	55	2.19628E-05	5.7396	1.03	1.315	1.87	0.0298
38.4939295	60	2.50764E-05	5.7017	1.03	1.31	1.86	0.0338



منحني $T=f(R\%)$

شكل 1.20. منحني مردود التآكل

في وجود المثبط عند 45ppm

منحني $V=f(T)$

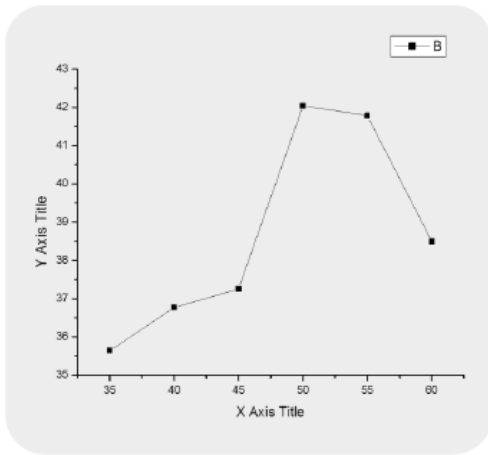
شكل 20. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 45ppm

الجانب العملي

-الجدول 13. يوضح نتائج طريقة ضياع الكتلة بالنسبة للمثبت بتركيز 50ppm ودرجات حرارة مختلفة في الوسط HCL (1M)

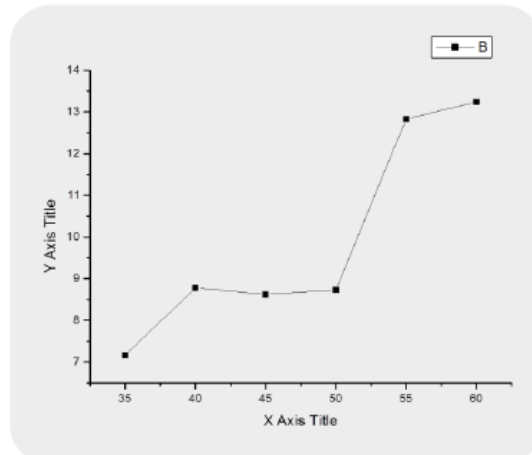
R%	T(°C)	V(g/ cm ² *min)	S(cm ²)	الارتفاع	العرض	طول	Δm
28.2311248	35	1.06319E-05	6.60465	1.16	1.29	2.085	0.0166
30.8399828	40	1.3035E-05	6.587775	1.155	1.29	2.085	0.0203
44.240334	45	1.28018E-05	6.54255	1.15	1.285	2.08	0.0198
56.3888821	50	1.29552E-05	6.530375	1.15	1.285	2.075	0.02
49.510276	55	1.90459E-05	6.48535	1.145	1.28	2.07	0.0292
51.8022174	60	1.96505E-05	6.4365	1.14	1.27	2.07	0.0299



منحني $T=f(R\%)$

شكل 1.21. منحني مردود التآكل

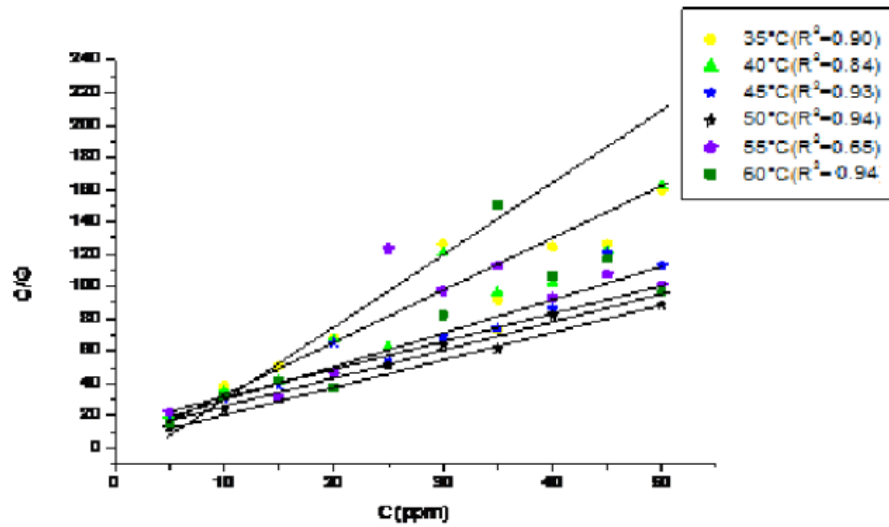
في وجود المثبط عند 50ppm



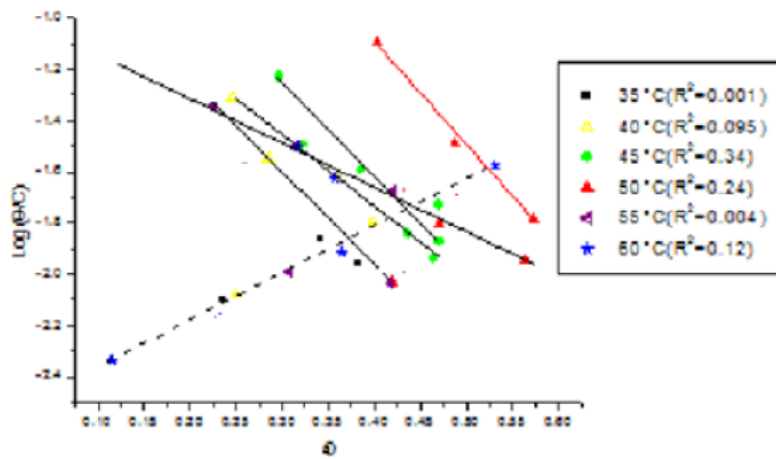
منحني $V=f(T)$

شكل 21. منحني تغير سرعة التآكل

في وجود المثبط عند 50ppm



شكل 22. منحنى امتزاز لانغمير باستخدام طريقة فقدان الوزن



شكل 1.22. منحنى امتزاز تيمكين باستخدام طريقة فقدان الوزن

5- تحليل وتفسير

من خلال المنحنيات المتحصل عليها من طريقة فقدان الوزن نستنتج أن :

سرعة التآكل تتناسب عكسيا مع زيادة التركيز بحيث أنه كلما زاد التركيز قلت السرعة حيث بلغت أدنى قيمة للسرعة 8.55 (mm/an) عند التركيز 35ppm, والتي توافق مردود قدره 57.26%, إلى عند زيادة التركيز أكثر من القيم المحددة فإن المركب يصبح متذبذب.

من خلال منحنى لانغمير فقد كان معامل الارتباط $R^2=0.94$ ومنه نستطيع القول أن المركب أمتز علي سطح المعدن, مع اختلاف في معامل الارتباط باختلاف درجة الحرارة.

أما بالنسبة لامتزاز تيمكين فإن معامل التصحيح كان متذبذب بحيث أنه كان له معامل تصحيح صغير حيث بلغ أكبر قيمة $R^2=0.34$ وأقل قيمة $R^2=0.001$

4. بالطريقة الالكتر وكيميائية:

بما أن مجال الجهد الذي يتم الدراسة فيه أكبر من 120mv [7] ، فإنه يمكن الاعتماد كلياً على منحنيات الإستقطابية $i=f(E)$ و بذلك رسم منحنيات Tafel ، تمت دراسة ذلك في نظام تجريبي يتكون من:

جهاز galvanostat -potentionostat من نوع PGZ301.

- خلية إلكتر وكيميائية.
- إلكترودات.

كل هذا متصل بجهاز حاسوب الشكل. 23. مزود ببرنامج 4 volta master



الشكل 23: الجهاز التجريبي للطريقة إلكتر وكيميائية

1.4. جهاز galvanostat -potentionostat من نوع PGZ301 كما في الشكل.23.

1.1.4. خلية إلكتروكيميائية

وهي خلية اسطوانية الشكل من نوع Pyrex ذات حجم 500ml بها فتحتان تسمح بإدخال نوعين من الالكترودات ، تحوى على غطاء خماسي الفتحات إحداهن لإدخال الإلكترود المرجع، والباقية لإدخال الملحقات كالمحرار، مدخل الأوزوت، ...

2.1.4. الالكترودات المستعملة

من أرقى الخلايا هي تلك الخلايا التي تحتوى على ثلاث الكترودات : المساعد ، المرجع ، العمل

1.2.1.4. الإلكترود المساعد

صنع من البلاتين، مساحته 1cm^2 حيث يضمن مرور التيار الكهربائي.

2.2.1.4. الإلكترود المرجع

من نوع كلومال المشبع بكلوريد البوتاسيوم KCl حيث يأخذ وضعيته عن طريق إحدى فتحات الخمس للغطاء، يتحمل درجة حرارة أقصاها 60 م° وتيار من 25 mA، -25 mA، وبذلك حسب هذا التيار يكون المجال الذي نعمل فيه محددًا.

3.2.1.4. الإلكترود العمل

و هو قطعة اسطوانية الشكل مساحة سطحها 1cm^2 تثبت على حامل من البلاستيك.

• طريقة العمل

تم العمل في التركيبية كما في الشكل.23. وفق الخطوات التالية :

- يجب اختيار سرعة المسح المناسبة وتحديد شروط لاستقطاب ثم نبرمج الحاسوب عليها .
- بعد تحضير العينة وتحضير المحلول نقوم بإدخال الكترود العمل مع تنظيم الأجهزة الأخرى.
- نسكب المحلول المحضر ثم نضغط على مفتاح البدء مباشرة بعد الانتهاء من السكب وتطلق التجربة ويبدأ الجهاز برسم منحنى الإستقرارية، ثم يليه رسم منحنى الإستقطابية وهذا الأخير نتحصل منه على منحنى Tafel بحيث يعطى Tafel عدة حسابات كهر بائية مهمة وهي :

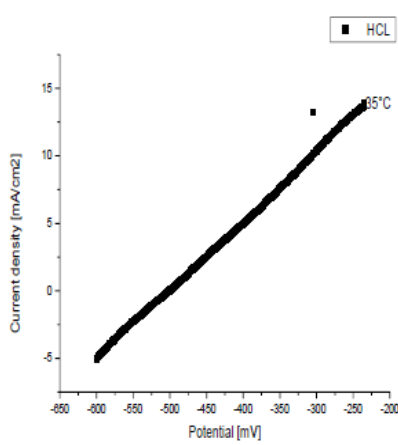
الجانب العملي

- الجهد عندما التيار يساوي الصفر.
- مقاومة الإستقطابية .
- تيار التآكل ميل المماس الجزء للفرع الكاتودي للمنحنى Tafel.
- معامل الارتباط C_{Oef} وقيمته تتراوح بين الصفر و الواحد.
- سرعة التآكل.

ولقد تم اختيار سرعة المسح وتحديد شروط الاستقطاب، بعد القيام بعدة تجارب وكذلك الاعتماد على دراسات سابقة لبعض الباحثين في هذا الميدان.

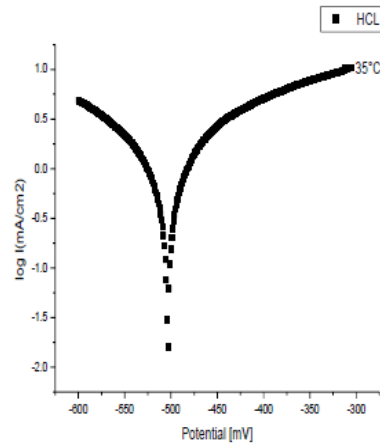
2.4 الدراسة الإلكتروكيميائية

1.2.4 دراسة سرعة التآكل:



شكل 1.24 منحنى الاستقطاب في غياب

المثبط



شكل 24: منحنى Tafel في غياب

المثبط

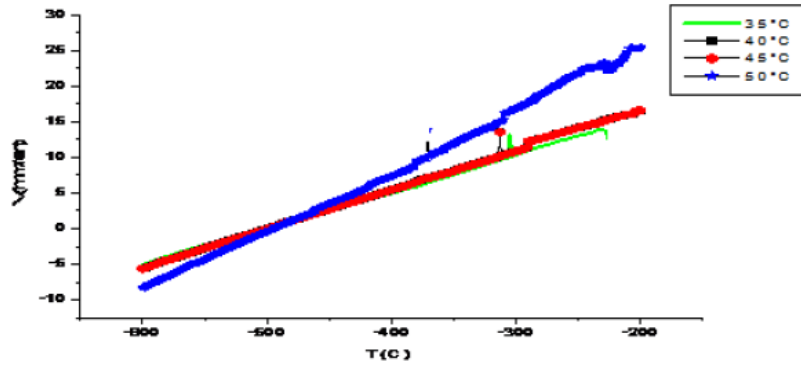
الجانب العملي

Results	
E(i=0) :	-503.4 mV
Rp :	21.57 ohm.cm ²
i corr. :	1.5302
Ba :	194.7 mV
Bc :	-190.6 mV
Coef. :	1.0000
Corrosion:	17.89 mm/Y

المقادير الإلكترونية كيميائية لتأثير HCl على الفولاذ XC70

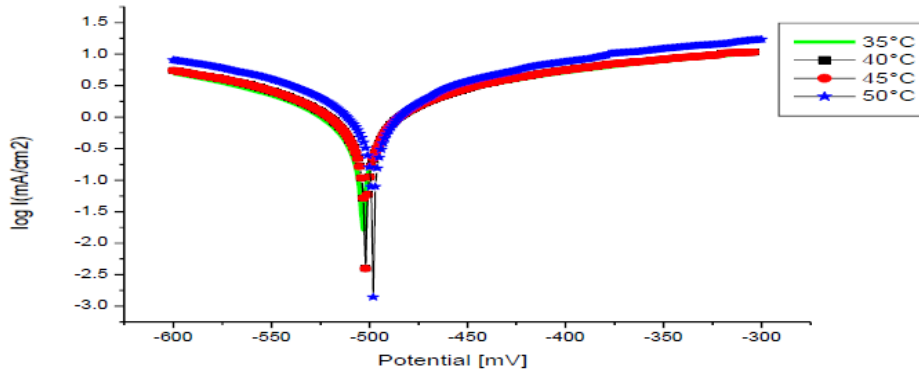
2.2.4-دراسة تأثير درجة الحرارة على سرعة تآكل الفولاذ المدروس في الوسط HCl(1M)

درجة الحرارة احد العوامل المؤثرة على سرعة التآكل، ولقد ارتأينا في هذه الدراسة معرفة ما مدى تأثيرها على سرعة تآكل الفولاذ المدروس في الوسط HCl(1M)



شكل 25. منحنيات الاستقطاب في درجة حرارة مختلفة في HCl

الجانب العملي



شكل 1.25. لمنحنيات Tafel في مختلف درجات الحرارة في HCl

1.2.2.4-المقادير الإلكتروليتية لتأثير درجة الحرارة على سرعة التآكل في HCl

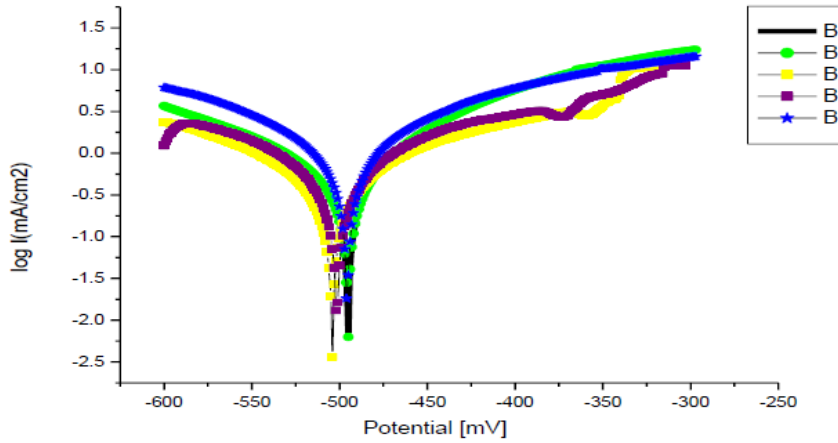
V_{corr} mm/an	i_{corr} mA/cm^2	Ba mV	B_c -mV	R_p ohm.cm^2	$-E_{corr}$ mV	$T^\circ\text{C}$
17.89	1.5302	194.7	190.6	21.57	503.4	35
19.03	1.6278	186.8	185.5	17.98	502.0	40
26.03	17778	226.8	234.9	15.36	489.2	45
35.40	3.0271	245.7	239.6	13.19	497.9	50

جدول 14. المقادير الإلكتروليتية لتأثير درجة الحرارة على سرعة التآكل في HCl

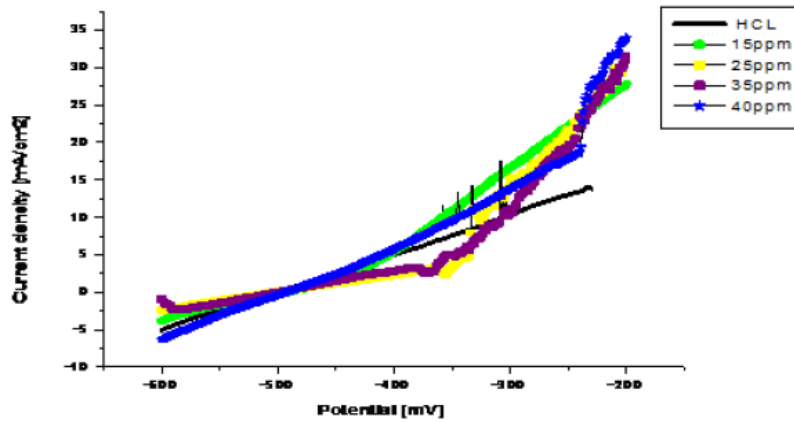
من خلال منحني Tafel والقيم المتحصل عليها نلاحظ إن تأثير درجة الحرارة ظهر جليا وذلك من خلال الزيادة في سرعة التآكل وتيار التآكل كذلك نلاحظ انه حدثت إزاحة انودية دليل على زيادة تفاعل الأكسدة

4-2-3-دراسة الإلكتروكيميائية للمركب N-mésitylimidazole

4-2-3-1 دراسة الفاعلية التثبيطية للمركب N-mésitylimidazole

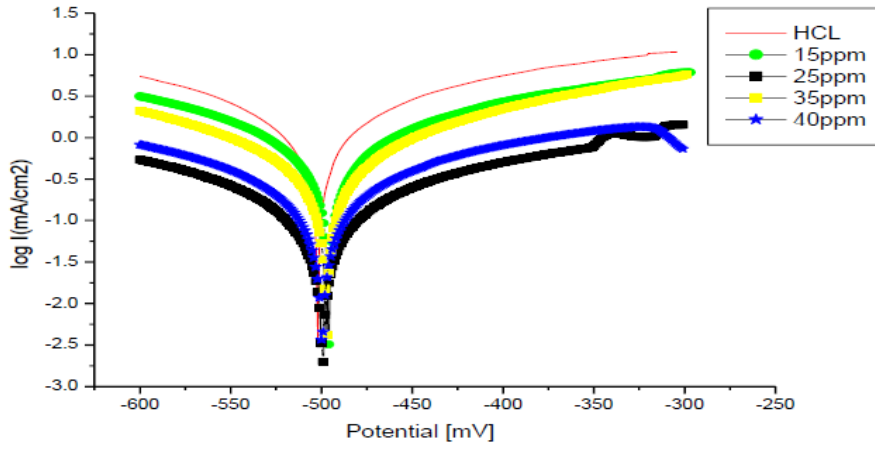


شكل.26. منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 35°C

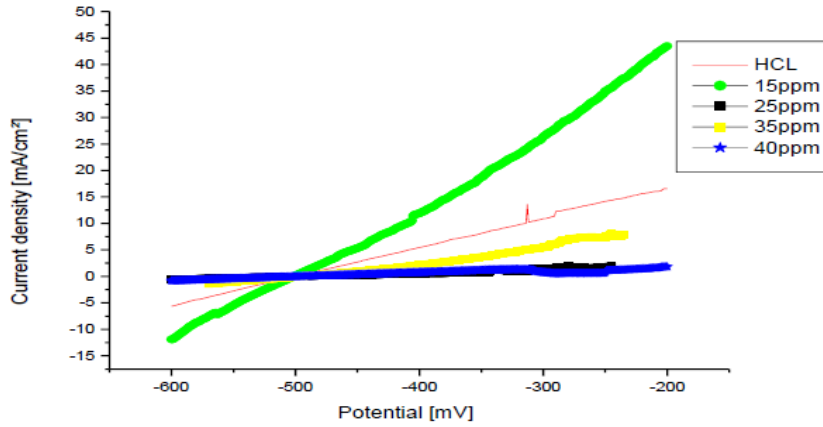


شكل 1.26. منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 35°C

نلاحظ انه حدثت إزاحة كاثودية ومن أول إضافة ، كما انه نلاحظ انخفاض سرعة التآكل مع زيادة في مردود التثبيط . ومنه نستطيع القول أن هذا المركب مثبط كاثودي.

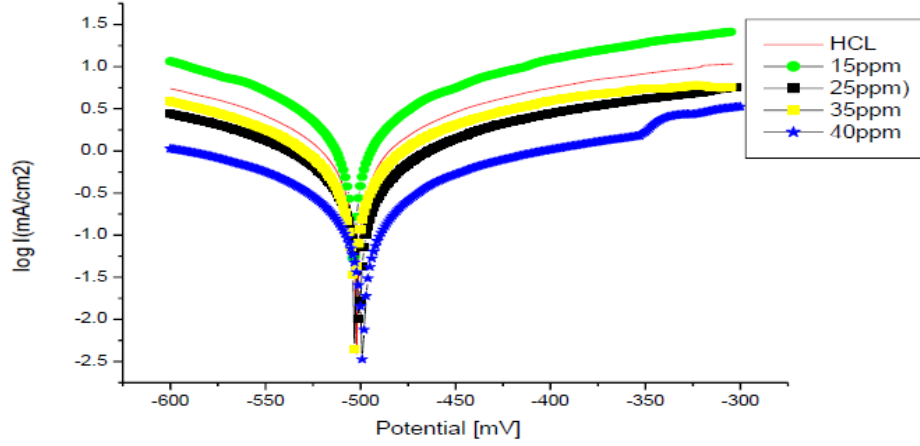


شكل 27. منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 40°C

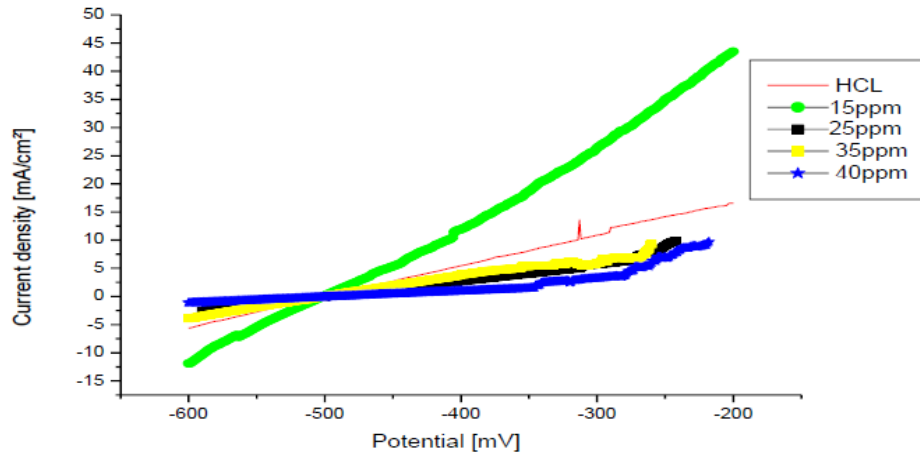


شكل 1.27. منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 40°C

في درجة الحرارة 40°C نلاحظ انه حدثت إزاحة أنودية في الإضافات الأولى، أما في الإضافة الأخيرة فقد حدثت إزاحة كاثودية.

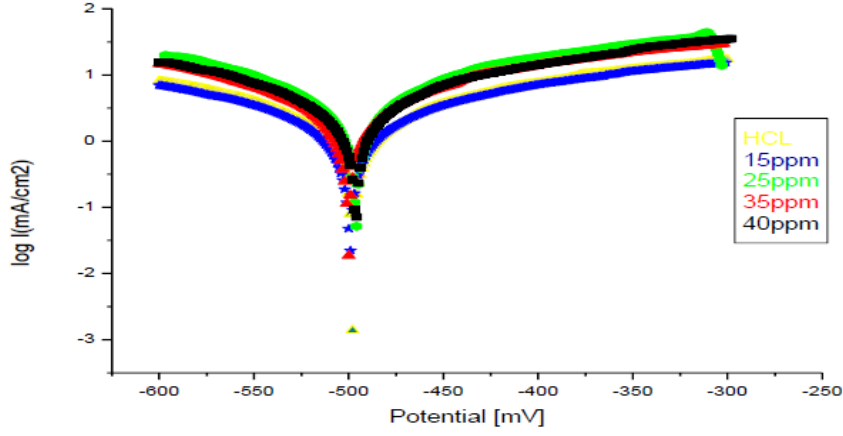


شكل 28. منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 45°C

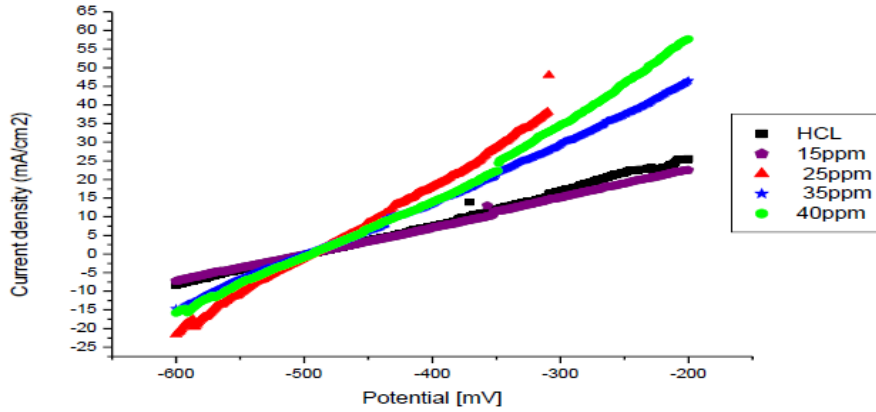


شكل 1.28. منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 45°C

في درجة الحرارة 45°C نلاحظ انه حدثت إزاحة كاتودية في الإضافات الأولى، أما في الإضافة الأخيرة فقد حدثت إزاحة أنودية.



شكل 29. منحنيات Tafel للمركب المدروس عند 50°C



شكل 1.29. منحنيات الاستقطاب للمركب المدروس عند 50°C

عند درجة حرارة (50°C) نلاحظ انه حدثت إزاحة كاتودية في الإضافات الأولى، أما في الإضافات الأخيرة فقد حدثت إزاحة أنودية، كما هو الحال في درجة حرارة (45°C)

الجانب العملي

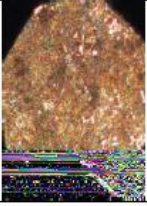
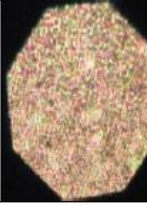
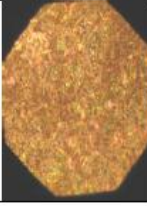
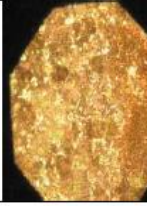
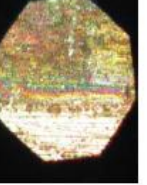
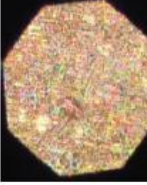
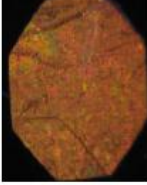
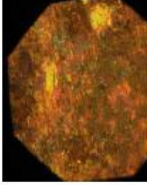

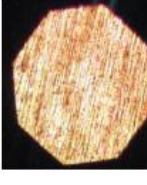
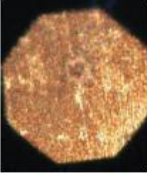
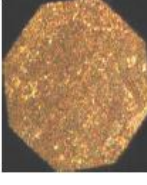
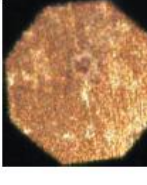
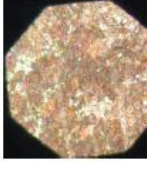
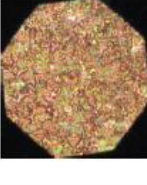
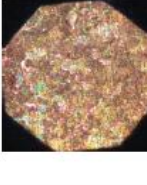
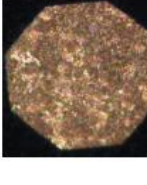
4.2.4. المقادير الالكتروكيميائية ومردود التثبيط لمختلف تراكيز المركب A1 على الفولاذ في وسط

حمضي باستغلال منحنى Tafel في درجة حرارة مختلفة

R%	V _{corr}	i _{corr} mA/cm ²	B _a mv	-B _C mv	R _p ohm .cm ²	-E _{corr} mv	C (ppm)	T°C
	39.58	1.5302	194.7	190.6	21.57	503.4	...	35
54.8004042	17.89	0.6505	95.3	138.4	30.90	495.2	15	
64.5022739	14.05	0.7793	217.5	196.2	43.56	504.2	25	
76.9732188	9.114	1.2018	265.5	297.8	33.96	501.5	35	
80.7781708	7.608	3.3846	313.9	379.4	18.59	495.6	40	
	19.03	1.6278	186.8	185.5	17.98	502.0	...	40
56.3899107	8.299	0.7096	162.8	151.7	34.59	495.9	15	
66.4687336	6.381	0.5456	159.0	174.7	51.90	497.2	25	
78.4182869	4.107	0.3511	273.0	269.6	124.66	499.6	35	
87.1098266	2.453	0.2098	259.4	243.8	196.85	499.4	40	
	30.11	2.5752	152.6	147.6	9.30	503.5	...	45
36.7984058	19.03	1.6278	186.8	185.5	17.98	502.0	15	
49.7509133	15.13	1.2942	296.0	296.3	36.71	500.6	25	
55.4300897	13.42	1.1475	193.1	183.8	26.31	503.1	35	
89.2062438	3.25	0.2781	163.3	161.4	90.93	498.7	40	
	119.7	3.0271	245.7	239.6	13.19	497.9	...	50
12.5313283	104.7	4.7354	385.7	404.6	14.21	499.3	15	
47.4519632	62.9	8.9541	284.8	291.5	5.82	496.2	25	
53.7343358	55.38	10.2370	435.7	368.6	7.69	500.1	35	
70.4260652	35.40	5.3779	228.3	225.1	6.77	496.4	40	

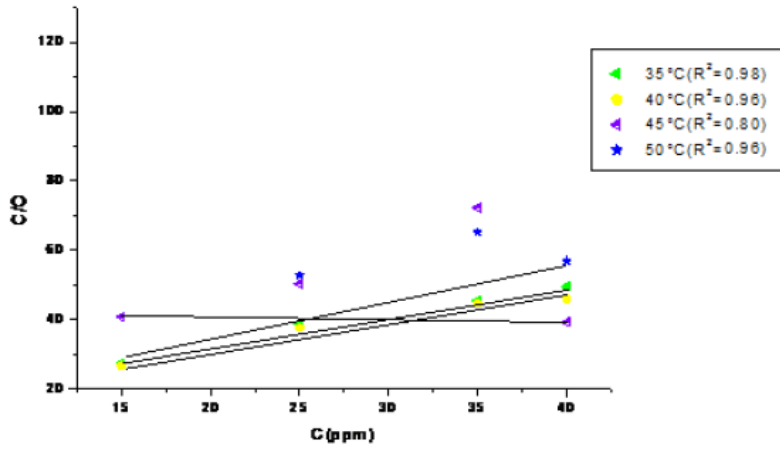
الجدول 15. المقادير الالكتروكيميائية للمركب المدروس

الجانب العملي

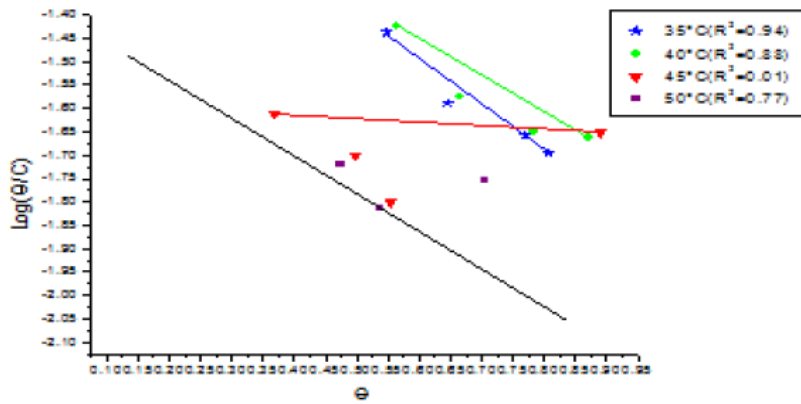
50°C	45°C	40°C	35°C	C(ppm)	قبل الغمس
				15	
				25	
				35	
				40	

جدول 16. صور مجهرية للاكترود بعد كل تجربة للمركب المدروس

من خلال صور المجهر الضوئي التي كانت بتكبير 20 ألف مرة نلاحظ أن تأثير الحمض على الفولاذ X70 كان واضحا حيث نلاحظ تأثر السطح كلما زادت درجة الحرارة



شكل 30. منحنى امتزاز لانغمير



شكل 31. منحنى امتزاز تيمكين

-5- تحليل وتفسير

النتائج المحصل عليها أثبتت أن للمركب N-mesitylimidazole له مردود جيد في جميع درجات الحرارة، ناتج عن نقصان في كثافة التيار وسرعة التآكل.

إن كل من كثافة التيار وسرعة التآكل تقل كلما زاد التركيز ينتج عنه زيادة في مردود التثبيط حيث بلغت نسبة التثبيط %87.10 عند 40°C وبلغت % 89.2 عند درجة الحرارة 45°C

ومن خلال منحنى Tafel نلاحظ انه حدثت إزاحة كاتودية عند درجة حرارة 35°C وفي بقية درجات الحرارة فحدثت إزاحة كاتودية وانودية ولذلك نقول أن هذا المركب مثبط مختلط.

من خلال قيم معامل التصحيح والمستنتجة من علاقة لانغمير فان قيم بلغت $R^2=0.98$ ، ومنه نقول انه حدث إمتزاز على سطح المعدن، أما إمتزاز تيمكين فقد بلغت قيم $R^2= 0.94$ وبما أن قيم لانغمير كانت أفضل فإننا نقول بأن المركب قد سلك سلوك لانغمير.

خلاصة عامة

هذا العمل يتمثل في دراسة الفاعلية التثبيطية للمركب N-mesitylimidazole على تآكل الفولاذ XC70 في وسط حمضي (1M)HCl، باستعمال طريقتين:

طريقة فقدان الوزن

طريق الكهرو كيميائية، وذلك برسم منحنيات طاويل.

وقد أظهرت النتائج المتحصل عليها:

- من طريقة فقدان الوزن أن لهذه المركبات فاعلية تثبيطية جد محدودة بحيث بلغت أعلى نسبة %57.26 عند التركيز 35ppm. وعند درجة الحرارة 50°C .
 - من الطريقة الإلكترونية كيميائية الفاعلية التثبيطية لهذه المركبات كانت جد كبيرة فقد بلغت عند التركيز 40ppm، نسبة التثبيط %89.20 في درجة 45°C .
 - إن تأثير درجة الحرارة كان إيجابياً حيث كان مردود التثبيط الذي ازداد بزيادة درجة الحرارة حيث كانت نسبة التثبيط %80.77 عند درجة الحرارة 35°C ، و%89.20 عند درجة الحرارة 45°C .
 - فيمكن تفسير قيم المردود المعتبرة كون أن هذه المركبات تحوي ذرات لها أزواج حرة تمكن المركب من إنشاء روابط تكافئية بين الأزواج الحرة والمدارات الشاغرة على سطح المعدن.
- من خلال منحنيات الامتزاز نجد أن هذه المركبات سلكت سلوك لانغمير وهذا يعني أن نسبة التغطية كانت جيدة .

وفي الأخير نرجو أن يكون هذا العمل مساهمة في الحد من الخسائر الناجمة عن التآكل وذلك من خلال

النتائج الجيدة التي أعطتها هذه المركبات في تثبيط سرعة تآكل الفولاذ في حمض كلور الماء HCl.

المراجع باللغة العربية والأجنبية

- [1] جريدة النهار الكويتية العدد 114 سنة 2007.7.
- [2] م. خليل (2006). التآكل وتكنولوجيا المياه في آبار البترول والغاز دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع. القاهرة. 7-109
- [3] س. منصور. هندسة التآكل. دار الراءب الجامعية بيروت 91-230
- [4] م حبي (2011). دراسة تأثير درجة الحرارة على فاعلية تثبيط أملاح مركبات DITHIOLETHIONES للتآكل الفولاذ XC52 في وسط حمضي HCl(M)
- [5] ع. بكوشة (2008) دراسة فاعلية لبنتبيط لبعض المركبات العضوية الكيرينية والازوتية مذكرة ماجستر جامعة ورقلة
- [6] ش بن ساسي (2011) نأثير الفعل التثبيطي لمركب السلفرلوم وملحه على التاكل الفولاذ الكربوني في وسط حمضي H_2SO_4 20% مذكرة ماستر جامعة ورقلة
- [7] ز. غياية (2001), جامعة ورقلة
- [8] ع. علاوي (2001) مساهمة في اصطناع بعض مشتقات 1،2-ثنائي ثيول-3-ثيون ودراسة أثرها المثبط لتآكل الفولاذ الكربوني. مذكرة ماجستير. جامعة ورقلة 40-10
- [9] ح. شحاتة (2004) كيمياء السطوح والحفز -دار الفجر- 51-72
- [10] ن. حابك مدخل إلى كيمياء السطوح دار البعث قسنطينة 72-88
- [11] س. منصور. هندسة التآكل. دار الراءب الجامعية بيروت 91-230
- [13] M. Duprat , F. Dabosif , F. Moran , S. Rocher , corrosion - nace , 1981,262-266
- [14] F. Bentiss , M. Traisnel , L. Gengembre , applied surface science , 1999 , 237-245
- [15] I. Felhosi , Keresztes Zs. , F.H. Karman , Kalman E. , journal of electrochemical society , 1999 ,961-964
- [16] F. H. Karman , Felhosi I. , Kalman E. , Csemy , Kover L. electrochemical acta , 1998 , 69-73