



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر اكايمي

في الكيمياء

تخصص: كيمياء تحليلية

من إعداد الطالبتين: بدرية بوزقاق، جوهر عبد الستار

## المساهمة في الدراسة الاستقصائية لتطبيق المستخلصات الخضراء كمثبطات لتآكل الفولاذ في الوسط الحمضي

نوقشت علنا يوم: 2020 / أمام لجنة المناقشة:

رئيسا	أستاذ محاضر (أ) جامعة قاصدي مرباح ورقلة	بلغفار محمد لخضر
مناقشا	أستاذ محاضر (أ) جامعة قاصدي مرباح ورقلة	رحيم أم الخير
مؤطرا	أستاذ محاضر (أ) جامعة قاصدي مرباح ورقلة	علاوي مسعودة
مساعد مؤطر	طالبة دكتوراه	بالاعور ابتسام

الموسم الجامعي: 2020/2019

# الإهداء

الحمد لله الذي بنعمته الصالحات شيء ، جميل أن يسعى الانسان إلى النجاح فيحصل عليه ولكن أن يتذكر من كان السبب في ذلك.

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة ونصح الأمة ..... إلى نبي الرحمة ونور

العالمين سيدنا محمد ﷺ

إلى فيض الحنان ... ومنبع الحب ... وموفور العناية ... إلى بسمه الحياة ... إلى سر الوجود

إلى من سهرت الأنام ... وتعبت لأرتاح، من شارفت الموت لأقبل على الحياة. أهدي ثمرة جهدي إليك

## أمي الحنونة

إلى من كان سببا في وجودي ... إلى من أحمل اسمه بكل إفتخار ... إلى من تحمل الصعاب لينذل الأسباب أوصلني إلى ماأنا فيه. أهدي ثمرة جهدي إليك **أبي الغالي**

إلى من لايمكن للكلمات أن توفي حقهم ..... وبوجودهما اكتسبت القوة والمحبة إخوتي

## إيمان ... ريم .... خليفة .... عدنان

إلى أجدادي .... جداتي .... أعمامي .... عماتي .... أخوالي .... خالتي وإلى كل عائلتي كبيرا وصغيرا

إلى كل من عمل معي بكد بغية إتمام هذا العمل .... وبالأخص رفيقتي ونصفي الثاني في العمل حبيبي

## بوزقاق بدرية

إلى كل أصدقاء المشوار الدراسي كل بإسمه.

ولأنسى بالذكر جزيل الشكر للأستاذة المحترمة مؤطرتي **علاوي مسعودة**

إلى من جعلهم الله أخوتي بالله ..... ومن أحببتهم في الله ... طلاب قسم تانية ماستر كيمياء تحليلة دفعة 2020

إلى كل أساتدتي من بداية مشواري الدراسي إلى غاية وصولي إلى ما أنا عليه الآن.

إلى من أتمنى أن تبقى صورهم بين عيوني.

جوهر

# الإهداء

الحمد لله وكفى والصلاة على الحبيب المصطفى وأهله ومن وفى أما بعد: الحمد لله الذي وفقنا لتتميم هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح بفضلته تعالى أهدينا

إلى من كان سندي في الدنيا وكان نور طريقي إلى من خطى الصعاب و مشاقفة الحياة من أجل راحتي صاحب الوجه الطيب والأفعال الحسنة **أبي الغالي**

إلى حكمتي...وعلمي, إلى أدبي...وحلمي, إلى طريقي المستقيم إلى طريق الهداية إلى ينبوع الصبر والتفائل إلى سعادتني وفرحتي **أمي الغالية**

إلى قوتي وملاذي بعد الله, إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة إخوتي وإلى كبيرنا ومن أعتمد عليه في كل صغيرة وكبيرة أخي الغالي **بوزفاق شعبان**

إلى صديقة طفولتي إلى أجمل معاني الوفاء وإخلاص والدعم والعطاء المادي والمعنوي حبيبتي **خولة بن داود**

إلى من عملت معي بكد بغية إتمام هذا العمل إلى من اكتسبت بوجودها محبة لا حدود لها حبيبتي **جوهر عبد الستار**

إلى من تكرمت علينا بإشرافها على هذا البحث جزاها الله عنا كل خير لها مني كل التقدير والاحترام إلى قوتي الأستاذة **علاوي مسعودة**

إلى أصدقائي وجميع من وقفوا بجواري وساعدوني إلى من وجدتهم أخوتنا لي وعلموني أن لا أضيعهم **طلاب قسم ثانية ماستر كيمياء تحليلية دفعة 2020**

أهديها لهم بكل امتنان رحيق جهدي وأتمنى أن تحوز على رضاهم

بدرية



# شكر و عرفان

الحمد لله والشكر لله الذي وفقنا وأعاننا على هذا العمل، راجيين من المولى عز وجل أن يجعل فيه نفعا للعباد.

نتقدم بأخلص عبارات الشكر وأسمى عبارات التقدير والعرفان والامتنان إلى الأستاذة المشرفة الأستاذة المحترمة: **علاوي مسعودة** على قبولها تحمل أعباء الإشراف على هذا العمل، وعلى توجيهها ونصحها لنا. كما نشكرها على المعاملة الطيبة التي حضينا بها من قبلها، فجزاها الله عنا خير الجزاء.

كما نتوجه بالشكر إلى الأستاذة المساعدة : **بالأعور ابتسام**

و نتوجه بتحيةة احترام وتقدير للأستاذ بلفار محمد الأخضر على قبوله رئاسة اللجنة والأستاذة رحيم أم الخير على قبولها مناقشة هذا العمل.

ولا يفوتنا أن نشكر كل من ساندنا خلال مشوارنا التعليمي من أساتذة وطلبة . وبالأخص أساتذة وطلبة قسم ثانية ماستر كيمياء تحليلية دفعة 2020.

نشكر جزيل الشكر من لا يمكن للكلمات أن توفي حقهم الوالدين الكريمين حفظهم الله ورعاهم.

نشكر كل الناس الطيبين الذين لم يبخلوا علينا بدعمهم سواء ماديا أو معنويا .

## قائمة الرموز

عدد الإلكترونات المتبادلة أثناء التفاعلات الإلكترونية.	$n$
درجة الحرارة المطلقة.	$T$
تركيز المؤكسد والمرجع.	$[OX],[Red]$
كمون الاتزان .	$E$
كمون الاتزان القياسي .	$E_0$
الكمون العكوس لتفاعل الأوكسدة والإرجاع .	$E_{red}$
العمل الكهربائي.	$w_e$
شدة التيار.	$I$
ثابت فردي.	$F$
كثافة التيار.	$i$
كثافة التيار الأنودي والكاثودي.	$i_a, i_c$
تيار التآكل.	$i_{corr}$
كمون التآكل.	$E_{corr}$
طاقة التنشيط الحرة.	$\Delta G$
طاقتي التنشيط الحرة لكل من التفاعل الكهروكيميائي الأنودي والكاثودي.	$\Delta G_a^*, \Delta G_c^*$
مقدار فوق الجهد.	$\eta$
نسبة تغطية السطح	$\theta$
سرعة التفاعل.	$V$
معامل الانتقال .	$\alpha$
معاملين نقل الأنودي والكاثودي.	$\beta_a, \beta_c$
ثوابت أنودية و ثوابت كاتودية.	$a_a, b_a, a_c, b_c$
السعة.	$C_{dl}$
مردود التنشيط .	$R\%$

## قائمة الرموز

ثابت الغازات المثالية.	R
المقاومة الاستقطابية	R <sub>p</sub>
الممانعة.	Z
الجزء التخيلي للممانعة	Z <sub>im</sub>
الجزء الحقيقي للممانعة.	Z <sub>Re</sub>
نظرية الكثافة الوظيفية	DFT
مجهر القوة الذرية	AFM
الكفاءة التثيضية	IE
مطيافية المعاوقة الكهروكيميائية	EIS
الاستقطاب الديناميكي	PDP
تعديل التردد الكهروكيميائي	EFM
الفحص المجهر الإلكتروني	SEM
مطيافية الأشعة السينية المشتتة للطاقة	EDX , EDS
مطيافية فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء	FTIR
الفحص المجهر البصري	OM , OEM
كمون الشحنة الصفرية	PZC
التحليل الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية	UV-Vis
كروماتوغرافيا الغاز - تقنية قياس الطيف الكتلي	GC-MS

## قائمة الأشكال

قائمة الأشكال		
11	رسم تخطيطي للتآكل المنتظم.....	الشكل (1-I)
11	رسم تخطيطي للتآكل الغلفاني.....	الشكل (2-I)
11	رسم تخطيطي للتآكل بين الحبيبات.....	الشكل (3-I)
11	رسم تخطيطي للتآكل بالنقر.....	الشكل (4-I)
11	رسم تخطيطي للتآكل بالتعرية.....	الشكل (5-I)
11	رسم تخطيطي للتآكل الإجهادي.....	الشكل (6-I)
12	رسم تخطيطي للتآكل الإختياري.....	الشكل (7-I)
12	رسم تخطيطي للتآكل الشقي.....	الشكل (8-I)
24	جهاز Potentionstat-Galvanostat من النوع PGZ 301.....	الشكل (1-II)
24	صورة فوتوغرافية للإلكترود المساعد.....	الشكل (2-II)
25	صورة فوتوغرافية للإلكترود المرجعي.....	الشكل (3-II)
25	صورة فوتوغرافية لإلكترود العمل.....	الشكل (4-II)
26	يوضح استجابة الجملة لتغير في التيار.....	الشكل (5-II)
26	يوضح استجابة الجملة لتغير في الكمون.....	الشكل (6-II)
28	يوضح الإثارة الجيبية لكمون المسرى.....	الشكل (7-II)
28	منحنى نيكويست لدارة بسيطة مكافئة لخلية كهروكيميائية.....	الشكل (8-II)
31	يوضح منحنى بورباي لمعدن الحديد في وسط مائي عند درجة الحرارة $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	الشكل (9-II)
36	منحنى تقال.....	الشكل (10-II)
37	منحنى $i = f(E)$ .....	الشكل (11-II)
37	منحنى $E = f(i)$ .....	الشكل (12-II)
52	معدل التآكل وكفاءة التنشيط عند كل تركيزات المثبط في $0.5\text{M H}_2\text{SO}_4$ للفولاذ المغمور لمدة $5\text{h}$ .	الشكل (1-III)
73	إيزوتارم لونغمير لامتزاز الفولاذ اللين في $0.5\text{M H}_2\text{SO}$ لكل تراكيز مستخلص A.mexicana	الشكل (2-III)

## قائمة الجداول

قائمة الجداول		
43	قائمة المستخلصات النباتية كمثبطات خضراء لتآكل الفولاذ في وسط حمضي (HCl).	الجدول (1-III)
56	قائمة المستخلصات النباتية كمثبطات خضراء لتآكل الفولاذ في وسط حمضي (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	الجدول (2-III)
61	قائمة المستخلصات النباتية كمثبطات خضراء للفولاذ في وسط حمضي (مذكرات).	الجدول (3-III)
65	Inhibitive effect of <i>xylopiia ferruginea</i> extract on the corrosion of mild steel in 1M HCl medium تحليل مقال ل	الجدول (4-III)
67	نتائج دراسة الإستقطاب لتأثير مستخلصات <i>X.ferruginea</i> على MS في وسط HCl (1M)	الجدول (1-4-III)
68	نتائج دراسة الممانعة لتأثير مستخلصات ( <i>X.ferruginea</i> ) على MS في وسط 1M HCl	الجدول (2-4-III)
69	<i>Argemone mexicana</i> leaf extract for inhibition of mild steel corrosion in sulfuric acid solutions تحليل مقال ل	الجدول (5-III)
73	نتائج دراسة الإستقطاب لتأثير مستخلصات ( <i>A.mexicana</i> ) على الفولاذ اللين في وسط H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5M)	الجدول (1-5-III)
74	نتائج دراسة الممانعة لتأثير مستخلص الأوراق لنبات ( <i>A.mexicana</i> ) على سطح الفولاذ في وسط (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 0.5M	الجدول (2-5-III)
75	use of <i>saraca ashoka</i> extract as green corrosion inhibitor for mild steel in 0.5 M H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> تحليل مقال ل	الجدول (6 -III)
77	قيم الوزن المفقود وكفاءة التثبيط والتغطية السطحية بتراكيز مختلفة من (SA).	الجدول (1-6-III)
78	معاملات الاستقطاب للفولاذ اللين في 0.5M من H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> في وجود وغياب مستخلص (S.A.)	الجدول (2-6-III)
78	معاملات (EIS) للفولاذ اللين في H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5 M) في غياب و وجود تراكيز مختلفة من مستخلص (S.A.)	الجدول (3-6-III)
80	Inhibition and adsorption of oil extract of <i>Balanites aegyptiaca</i> seeds on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid environment تحليل مقال	الجدول (7-III)
82	معاملات التنشيط للفولاذ اللين في (1M) من HCl في وجود وغياب تراكيز	الجدول (1-7-III)



## قائمة الجداول

	مختلفة من مستخلص زيت (B.A.).	
83	معاملات الممانعة الكهروكيميائية للفولاذ اللين في (1M) من HCl في غياب وجود المثبط.	الجدول (2-7-III)
83	معاملات الاستقطاب الديناميكية لتآكل للفولاذ اللين في (1M) من HCl في وجود وغياب مستخلص زيت (B.A.).	الجدول (3-7-III)

## قائمة المخططات

قائمة المخططات		
7	.....مختلف أنواع التآكل	المخطط (1-I)
9	.....الأشكال الأساسي للتآكل	المخطط (2-I)
16	.....تصنيف المثبطات	المخطط (3-I)

II	الإهداء.....
IV	شكر و عرفان .....
V	قائمة الرموز .....
VIII	قائمة الأشكال.....
IX	قائمة الجداول.....
XI	قائمة المخططات.....
XII	الفهرس .....
2	مقدمة عامة.....
4	المراجع العربية .....
<b>الفصل الأول: عموميات حول التآكل</b>	
6	1-I. تمهيد.....
6	I-2. تعريف التآكل .....
6	I-3. أنواع التآكل.....
7	I-3-1. التآكل الكيميائي.....
7	I-3-2. التآكل الكهروكيميائي.....
8	I-3-3. التآكل البيولوجي.....
8	I-4. الأشكال الأساسية للتآكل .....
9	I-4-1. التآكل العام.....
9	I-4-2. التآكل الغلفاني.....
9	I-4-3. التآكل بالنقر.....
10	I-4-4. التآكل الشقي.....
10	I-4-5. التآكل بالتعرية.....
10	I-4-6. التآكل بين الحبيبات.....
10	I-4-7. التآكل الإجهادي.....
11	I-4-8. التآكل الإختياري.....
12	I-5. العوامل المؤثرة على التآكل.....
12	I-5-1. تأثير الوسط.....
12	I-5-2. تأثير لpH .....
12	I-5-3. تأثير الأوكسجين.....

13	4-5-I. تأثير درجة الحرارة.....
13	5-5-I. تأثير الكلور.....
13	6-5-I. تأثير السلفات.....
13	6-I. طرق الحماية من التآكل .....
13	1-6-I. اختيار المعدن أو السبيكة المناسبة.....
14	2-6-I. الحماية بالتغطية.....
14	3-6-I. الحماية بتغير الوسط.....
14	4-6-I. الحماية الكهروكيميائية.....
14	1-4-6-I. الحماية الكاثودية.....
15	2-4-6-I. الحماية الأنودية.....
15	5-6-I. الحماية باستعمال المثبطات.....
15	1-5-6-I. تعريف المثبطات.....
15	2-5-6-I. تصنيف المثبطات.....
19	المراجع العربية.....
<b>الفصل الثاني: الدراسة الحركية و الترموديناميكية</b>	
21	1-II. أنواع الطرق المستعملة في دراسة سرعة التآكل.....
21	1-1-II. طريقة ضياع الكتلة.....
21	1-1-1-II. تعريفها .....
21	2-1-1-II. مبدؤها.....
21	3-1-1-II. تحديد سرعة التآكل بطريقة ضياع الكتلة.....
22	4-1-1-II. حساب المردود حسب طريقة ضياع الكتلة.....
22	5-1-1-II. مزايا طريقة ضياع الكتلة.....
22	6-1-1-II. مساوئ طريقة ضياع الكتلة.....
23	2-1-II. الطرق الإلكتروليتية.....
23	1-2-1-II. جهاز Potentionstat-Galvanostat من النوع PGZ 301
25	2-2-1-II. الطرق الإلكتروليتية المستقرة.....
27	3-2-1-II. الطرق الإلكتروليتية المتغيرة.....
29	2-II. الجانب الترموديناميكي والحركي لتفاعلات التآكل.....
29	1-2-II. التوازن الكهروكيميائي .....

29	II-2-2. المرحلة المحددة لتفاعلات التآكل.....
30	II-2-3. منحني بورباي.....
31	II-2-4. حساب سرعة التآكل.....
39	المراجع العربية.....
40	المراجع الأجنبية.....
<b>الفصل الثالث: الدراسة الاستقصائية لتطبيق المستخلصات النباتية كمثبطات التآكل</b>	
42	مدخل.....
43	IV-1. الدراسة الاستقصائية لتطبيق المستخلصات النباتية كمثبطات للتآكل.....
65	IV-2. الدراسة التحليلية لتطبيق المستخلصات النباتية كمثبطات للتآكل.....
85	IV-3. مناقشة وتفسير ملاحظات الدراسة الاستقصائية للمستخلصات النباتية.....
87	المراجع العربية.....
88	المراجع الأجنبية.....
92	الخلاصة العامة.....



مقدمة عامة

يعد التآكل من الظواهر التي تصيب المعدات المعدنية خاصة الحديدية، حيث يتسبب في تلفها بواسطة التفاعل الكيميائي أو الكهروكيميائي مع الوسط المحيط بها و الذي يكون في حالة تلامس مباشر معها، وفي درجات حرارة مختلفة [1].

و تعد هذه المشكلة محط اهتمام الدول الغربية نظرا لكونها مشكلة اقتصادية في المقام الأول، فهي تتسبب في خسارة تقدر بمئات ملايين الدولارات سنويا، أما في الدول العربية فإن المشكلة أعمق و أوسع نتيجة لنقص عمر المنشآت بسبب التآكل والتكاليف العالية جدا لإعادة العمران، بالإضافة إلى درجة الحرارة المرتفعة ونسبة الأملاح العالية ومشاكل المياه الجوفية وتأثيراتها، كل هذه العوامل زادت من مشاكل حدوث تآكل الفولاذ في المنطقة بدرجة كبيرة جدا، ومن الجدير بالذكر أن هذه المشكلة ليست اقتصادية فحسب وإنما هي بشرية أيضا، فتآكل الفولاذ يؤدي إلى الانهيار المفاجئ للمنشآت وهذا الأمر يهدد حياة الناس سواء كانوا عاملين أو مارين أو..... الخ [2].

ونظرا لأهمية الفولاذ في التطبيقات الهندسية ومقاومته الضعيفة للتآكل في معظم الأوساط جعل منه مشكلة العصر. لذا أجريت العديد من البحوث العلمية لدراسة مقاومته للتآكل، و حساب كلفة الحماية منه وذلك باستخدام المثبطات لكونها واحد من أفضل الخيارات لحماية المعادن والسبائك ضد التآكل، فهي تعمل على تقليل التفاعل أو منعه على سطح المعدن، و من أفضل أنواع المثبطات، المثبطات الطبيعية لأنها غير مكلفة، متاحة بسهولة ومتجددة، قابلة للتحليل البيولوجي وغير سامة وغنية بشكل لا يصدق بالمركبات الكيميائية كالأحماض الأمينية، القلويدات و الفلافونيدات وغيرها، التي يمكن استخلاصها من خلال تقنيات بسيطة وبتكلفة منخفضة.

## مقدمة عامة

ومن هنا كان هدفنا في هذا البحث هو دراسة التآكل كظاهرة (تعريفها، أنواعها، الطرق المعتمدة لدراساتها...)، والتعرف على مدى فعالية وقدرة المستخلصات النباتية وكفاءتها للتثبيط أو الحد من تآكل الفولاذ في الأوساط الحمضية، وذلك بأخذ مختلف البحوث للمثبطات الخضراء، وإجراء دراسات منها الاستقصائية و التحليلية ومناقشة نتائجها لتقديم استنتاجات تدعم استخدام المستخلصات النباتية كمثبطات لتآكل الفولاذ.

وعليه تم هندسة هذا البحث على النحو التالي:

- الفصل الأول: عموميات حول التآكل
- الفصل الثاني: الدراسة الحركية والترموديناميكية.
- الفصل الثالث: الدراسة الاستقصائية لتطبيق المستخلصات النباتية كمثبطات للتآكل.

المراجع العربية :

[1] د. قحطان خلف محمد الخزرجي، د. عبد الجواد محمد وأحمد الشريف، (1988)، " التآكل، أسبابه وطرق الحماية منه"، جامعة بغداد، 500 ص.

[2] أحمد. محمود سلامة، و رجب. مها، (2011)، " العلاقة بين حماية المهبطية والآثار البيولوجي على التآكل"، مجلة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، المجلد: 33، العدد:3، ص:101-111 .

## الفصل الأول

عموميات حول التآكل



## 1-I. تمهيد:

تعاني جميع دول العالم من مشكلة التآكل، وتبرز هذه الظاهرة في صورة صدأ على المعدات الحديدية، ويرجع السبب الرئيسي الى عدم ثبات واستقرار المعدن وميله للرجوع لحالته الأصلية من خلال عملية التآكل.

ومع أن القضاء على هذا المشكل مستحيل إلا أن العلماء توصلوا إلى إمكانية الحد من مخاطره وأضراره باستعمال مثبتات التآكل، ولقد شهد استخدام المثبتات تطورا سريعا في السنوات الأخيرة، ونظرا للأهمية الحيوية لهذه الدراسات فقد أصبح علما مستقلا، له علماء مختصون لتتبع كل المعلومات، والبحث عن طريقة للقضاء عليه في أي صورة كان [1][2].

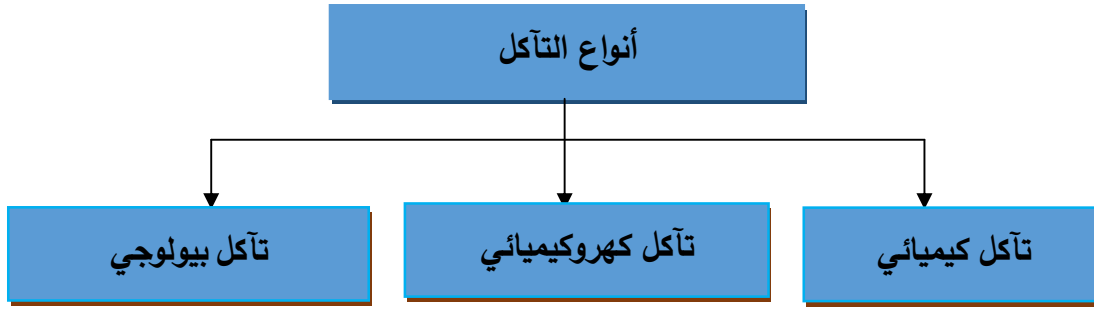
## 2-I. تعريف التآكل:

التآكل هو عبارة عن تلف المادة بواسطة تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط المحيط بها، الذي يكون في حالة تلامس مباشر معها، سواء كان هذا الوسط المحيط هو الهواء الجوي العادي أو محيط كيميائي آخر، تحت درجة حرارة ما [2].

كما عرف العلماء التآكل على أنه ظاهرة معقدة درست عمليا سنة 1830 في جميع المجالات منها الفيزيائية، الكيميائية و الترموديناميكية، وأثبت أنها تعتمد كليا على الخصائص الميكانيكية للمعدن [3].

## 3-I. أنواع التآكل:

نلخص مجمل أنواع التآكل تبعا لطبيعة الوسط الأكال في المخطط الموالي:



المخطط (1-1): مختلف أنواع التآكل.

### 1-3-I. التآكل الكيميائي:

هو الهجوم المباشر على المعدن من طرف الوسط المحيط به [4]. أو هو التأثير الكيميائي المباشر عندما يدخل المعدن في تفاعل كيميائي مع عناصر أخرى مثل: الأوكسجين و الكلور وما شابه ذلك ليكون مركب غير معدني وينقسم هذا النوع من التآكل إلى نوعين [2][5]:

أ- **تآكل كيميائي جاف:** ويحدث بين المعدن والطور الغازي، بوقوع تفاعل غير متجانس ويكون الوسط خالي من الرطوبة تماما.

ب- **تآكل كيميائي رطب:** يحدث بين المعدن والطور السائل حيث يكون الوسط إما معتدلاً، حمضياً أو قاعدياً.

### 2-3-I. التآكل الكهروكيميائي:

هو أكثر الأنواع مصادفة في الطبيعة يحدث في المحاليل الألكتروليتية ( المحاليل الناقلة للكهرباء)، يتبع هذا النوع الطريقة الكهروكيميائية حيث يحدث التفاعل وفق معادلتين نصفيتين يتم فيهما التبادل الألكتروني [5] [6].

Métal  $\longrightarrow$  cation métallique + électron

Agent corrosif + électron  $\longrightarrow$  agent corrosion réduit

### 3-3-I. التآكل البيولوجي:

يحدث هذا التآكل نتيجة النشاط الحيوي لمختلف الكائنات الدقيقة ( البكتيريا، فطريات، محار) حيث تتخذ المعدن كوسط مغذي أو وسط لإفراز نواتج تتلف ذلك المعدن [4][6].

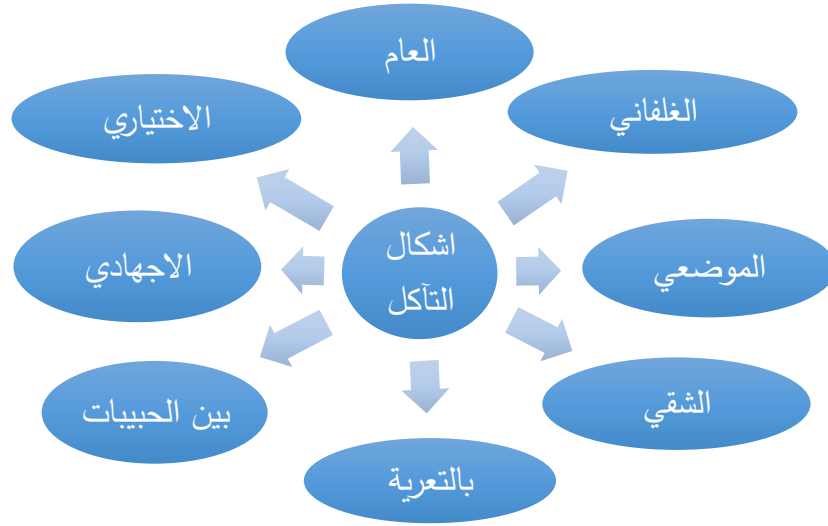
ويوجد نوعان من هذه الكائنات الحية الأكلة:

- الهوائية: تنشط في وسط به أوكسجين  $O_2$  وتتكون من بكتيريا الكبريت وبكتيريا الحديد.
- اللاهوائية: تنشط في وسط خالي من الأوكسجين  $O_2$  وتتضمن بكتيريا تقل فيها نسبة السلفات والنترات.

وقد أثبتت الأبحاث التي أجريت حول فعل البكتيريا اتجاه التآكل وجود نوعين من البكتيريا، بعضها ينشط التفاعلات المهبطية لاستخدامها الهيدروجين في معيشتها والبعض الآخر ينشط التفاعلات المصعدية [5].

### 4-I. الأشكال الأساسية للتآكل:

يستند هذا التصنيف للتآكل إلى خصائص بصرية أو الشكل الظاهري للمعدن وإلى الطريقة المحتملة للهجوم، ومن أهم هذه الأشكال نجد [6]:



**المخطط (2-I): الأشكال الأساسية للتآكل**

**1-4-I. التآكل العام (المنتظم):**

إن هذا النوع من التآكل هو الأكثر شيوعاً، حيث يكون معدل التآكل ثابت على الأسطح الداخلية و الخارجية للمعدن [2][7].

**2-4-I. التآكل الغلفاني:**

ويسمى كذلك بالتآكل بين معدنين أو ثنائي المعدن، وهو ناتج من تشكيل بطارية كهروكيميائية بين معدنين إما متصلين أو مرتبطين كهربائياً في محلول أمال أيوني يؤدي إلى إتلاف المعدن الأقل مقاومة [2].

**3-4-I. التآكل بالنقر (الموضعي):**

يحدث التآكل في هذا النوع بشكل عنيف موضعياً، فهو عبارة عن هجوم بعض الأيونات أو الكاتيونات المتواجدة في الوسط على سطح المعدن، مؤدية إلى ثقوب صغيرة متفاوتة في العمق وأحياناً تكون هذه الثقوب معزولة أو قريبة من بعضها البعض [7].

**4-4-I. التآكل الشقي (الصدعي):**

هو تآكل موضعي شديد يصيب الأجزاء المعدنية في مناطق الشقوق و المناطق المغطاة سواء كان هذا الغطاء على هيئة مواد معدنية أو على هيئة مواد غير معدنية. وينتج هذا التآكل لاختلاف إمكانية وصول الأكسجين بين جزئين للبنية [2][6][7].

**5-4-I. التآكل بالتعرية:**

ينتج هذا التآكل عن فعل ميكانيكي مقترن بفعل كهروكيميائي ذات اتجاهات متميزة، يعتمد على الحركة النسبية للسائل على سطح المعدن، التي تزيد من سرعة الإلتلاف ويكون على شكل حفر أو تموجات [4][6].

**6-4-I. التآكل بين الحبيبات:**

هو عبارة عن هجوم موضعي بالقرب من حدود الحبيبة مصحوبا بتآكل قليل نسبيا في الحبيبات نفسها. وهو ناتج عن وجود شوائب عند حدود الحبيبات، ارتفاع و انخفاض نسبة أحد عناصر السبيكة في مناطق معينة من حدود الحبيبات أو انعزال الذرات المذابة عند حدود الحبيبات [2].

**7-4-I. التآكل الإجهادي:**

يحدث هذا التآكل بسبب وسط التآكل، مع وجود إجهادات شد خارجية أو داخلية، تؤثر على المعدن بحيث تؤدي إلى شقوق تبدأ من سطح المعدن وتنتشر إلى داخله، وفي غالب الأحيان ينتج عن فعل التلحيم [2][4].



## 8-4-I. التآكل الإختياري:

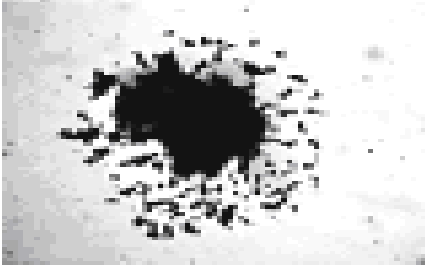
يحدث هذا التآكل بالنسبة للسبائك التي تتكون من معدنين أو أكثر، يبدأ هذا التآكل بسبب اختلاف موضعي في التركيب، ونتيجة لذلك يبقى المعدن الأكثر كاتودية بينما يتآكل المعدن الأكثر أنودية [2].



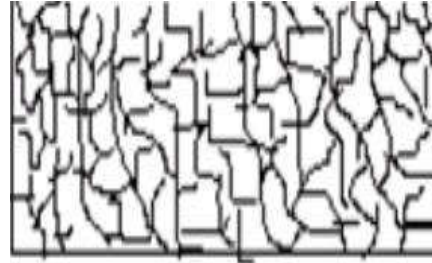
الشكل (2-I): رسم تخطيطي للتآكل الغلفاني



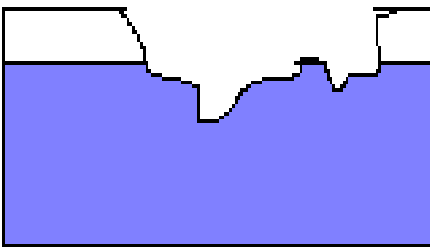
الشكل (1-I): رسم تخطيطي للتآكل المنتظم



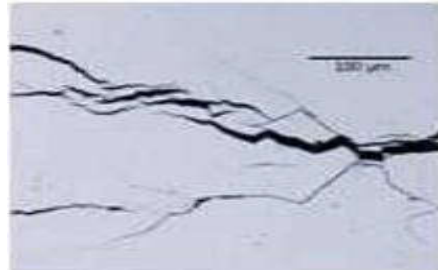
الشكل (4-I): رسم تخطيطي للتآكل بالنقر



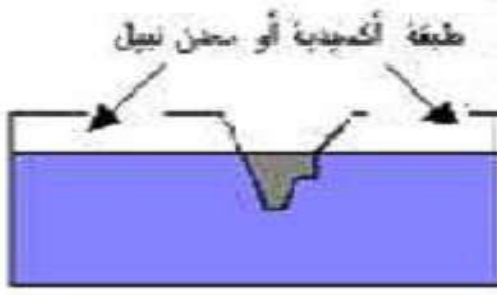
الشكل (3-I): رسم تخطيطي للتآكل بين الحبيبات



الشكل (6-I): رسم تخطيطي للتآكل الإجهادي



الشكل (5-I): رسم تخطيطي للتآكل بالتعرية



الشكل (8-I): رسم تخطيطي للتآكل الشقي



الشكل (7-I): رسم تخطيطي للتآكل الإختياري

### 5-I. العوامل المؤثرة على التآكل:

يتأثر التآكل بعدة عوامل، منها ما ينقص منه ومنها ما يزيد فيه، نذكر منها ما يلي:

1-5-I. تأثير الوسط: يعتبر الوسط عنصرا أساسيا لعملية التآكل التي ترتبط ارتباطا وثيقا بخصائص المعدن وحالة الوسط [4][5].

2-5-I. تأثير pH: ترتفع نسبة التآكل في معظم الحالات بانخفاض ال pH (زيادة الحموضة).

- عندما يكون pH الوسط حمضيا ( $pH < 4$ ) فان سرعة التآكل ترتفع نظرا لتحرير غاز الهيدروجين الناتج من تحلل أكسيد الحديد.
- عندما يكون pH الوسط قاعديا ( $pH > 10$ ) فان سرعة التآكل تنخفض لأن معدن الحديد يصبح أقل تأثرا بالأكسجين.
- أما في المجال ( $10 > pH > 4$ ) فان سرعة التآكل لا تتعلق بال pH [5][8].

3-5-I. تأثير الأكسجين: يؤثر بطريقتين:

- أولا: يكون عاملا مساعدا لعملية التآكل إذا بلغت نسبة الأوكسجين  $O_2$  المنحلة في الأوساط المائية (18-15 mg/l).

• **ثانياً:** يكون مثبطاً للتآكل في حالة زيادة نسبة الأوكسجين  $O_2$  المنحلة عن (15-18 mg/l) في الأوساط المائية.

• أما إذا وصلت نسبة الأوكسجين 35 mg/l فقد ينعدم التآكل [5].

**4-5-I. تأثير درجة الحرارة:** إن زيادة درجة الحرارة يزيد في سرعة التآكل، إلا في بعض الحالات النادرة أين يحدث العكس كحالة حذف الأوكسجين الذائب في المحلول، والتي تتعلق بخلائط النحاس و الأكسدة في درجات الحرارة العالية للفولاذ غير المؤكسد [4] [5].

**5-5-I. تأثير الكلور:** له أهمية كبيرة في زيادة التآكل فهو أحد مسببات تآكل النقر [4].

**6-5-I. تأثير السلفات:** تؤثر السلفات بطريقة مباشرة تكمن في زيادة الملوحة ونقص مقاومة الإلكتروليت. كما تؤثر بشكل غير مباشر بترسيب دور بكتيريا السلفات وارجاع تطور التآكل البكتيري [4].

## 6-I. طرق الحماية من التآكل:

نظرا لاختلاف طبيعة أشكال التآكل واختلاف الظروف التي تساعد على حدوث هذه الأشكال المختلفة، فهناك أنواع متعددة من أساليب الحماية منه، ونذكر من أهمها:

### 1-6-I. اختيار المعدن أو السبيكة المناسبة:

تمتاز المعادن النقية بصورة عامة بمقاومة أفضل ضد التآكل من المعادن غير النقية، أما بالنسبة للسبائك المعدنية، فإن السبائك المتجانسة التي تتكون من طور واحد تكون أكثر مقاومة من السبائك التي تتكون من أكثر من طور واحد [2][4][6].

## I-6-2. الحماية بالتغطية:

تعتمد هذه الطريقة بتغطية المعادن والسبائك بطبقة حامية من التآكل بمعدن أو مادة أخرى مقاومة للتآكل وتعد الحماية بالتغطية من أكثر الأنواع شيوعا [2]. ومن الأساليب المتبعة في التغطية نجد:

- التغطية بالغمر في المحاليل المعدنية.
- التغطية بالمعادن المنصهرة.
- التغطية بترسيب معدن في الطور الغازي.
- التغطية بطبقة من الطور المعدني الجامد.

## I-6-3. الحماية بتغيير الوسط:

عند تغيير خصائص الوسط المساعد على التآكل يصبح بالإمكان السيطرة بشكل أفضل على عملية التآكل، ومن أهم الخواص التي يمكن التحكم فيها هي: درجة الحرارة، التركيز و إزالة الأكسجين [2][4][6].

## I-6-4. الحماية الكهروكيميائية:

يمكن أن تكون كاتودية أو أنودية، وتعتمد على إزاحة جهد القطب في الاتجاه السالب أو الموجب. وتستخدم بشكل واسع في الصناعة [2].

## I-6-4-1. الحماية الكاتودية:

تستخدم لمنع التآكل في الوسط الإلكتروليتي، حيث يندم تأثيرها خارج هذا المحيط، تعمل على تحويل الأقطاب المهبطية إلى أقطاب مصعدية، وتجرى حماية المعدن كاتوديا بإيصاله كهربائيا إلى

القطب السالب في خلية كهروكيميائية مع إزاحة جهد قطب المعدن في الاتجاه السالب، إلى قيمة أقل وبذلك تتم حماية المعدن كلياً. وتتم الحماية الكاثودية بطريقتين:

**الطريقة الأولى:** يتم تسليط تيار خارجي مباشر يرتبط قطبه السالب بالمعدن المراد حمايته من التآكل أما القطب الموجب فيرتبط بالمعدن الذي سوف يُضحى به.

**الطريقة الثانية:** يستبدل التيار الخارجي بخلية غلفانية مع إهمال التيار المسلط في حالة إذا كان القطب الموجب معدن أكثر فعالية في السلسلة الغلفانية عن المعدن المراد حمايته [2][6].

#### 2-4-6-I. الحماية الأنودية:

تستخدم هذه الطريقة للمعادن المقاومة للصدأ وذلك بجعلها أقطاباً موجبة بإزاحة فرق جهدها إلى منطقة السلبية لمنحنى الإستقطاب الأنودي.

الحماية الأنودية تناسب المعادن التي لها استعداد للسلبية عندما تستقطب أنودياً [8].

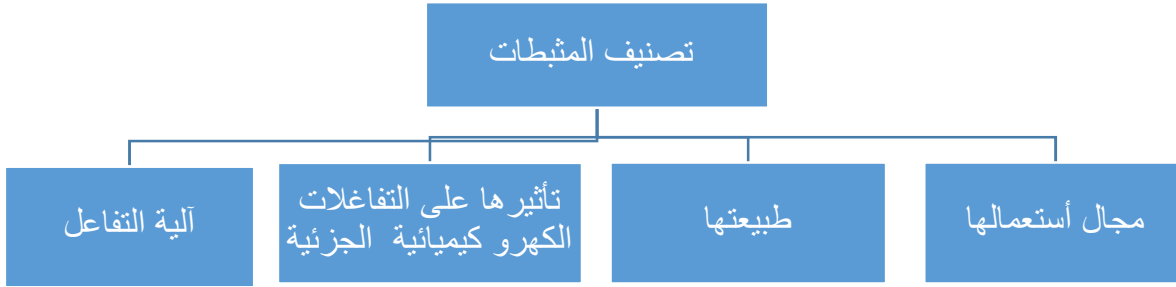
#### 5-6-I. الحماية باستعمال المثبطات:

##### 1-5-6-I. تعريف المثبطات:

هي عبارة عن مواد تضاف إلى وسط التآكل بكميات قليلة، تؤدي إلى حفظ أو إزالة التأثير التآكلي لهذا الوسط. أو هي مواد تعترض تدفق الشحنات (إلكترون أو أيون) المسببة للتآكل. ويكون عملها من خلال الإمتزاز على سطح المعدن [2][3].

2-5-6-I. تصنيف المثبطات:

إن آلية وطرق عمل المثبطات متنوعة، لكن غالباً ما يصعب أن نخصص آلية عمل واحدة لمثبط لأنها يمكن أن تتغير حسب الشروط العملية. لذا تم تصنيف المثبطات على النحو التالي:



المخطط (3- I): تصنيف المثبطات

أ - حسب مجال استعمالها:

- أوساط مائية: هناك مثبطات تستخدم في الأوساط الحمضية وأخرى تستخدم في الأوساط المتعادلة.
- أوساط عضوية: تستعمل كميات معتبرة من مثبطات التآكل في زيوت تشحيم المحركات والوقود.
- أوساط غازية: عموماً تستخدم المثبطات من أجل حماية الأجهزة الدقيقة والحساسة من التآكل الذي يمكن أن يسببه الهواء الجوي [4][6].

ب - حسب طبيعتها (تركيبها): تصنف المثبطات في هذه الحالة إلى عضوية وغير عضوية.

- **مثبطات عضوية:** هي مركبات تحتوي على الكربون في شكل تسلسل في مجموعات لجزيئاتها وعادة مصدرها نباتي أو حيواني وهي نوعان: مثبطات عضوية أنيونية ومثبطات عضوية كاتيونية [8][9].
- **مثبطات غير عضوية:** عادة عبارة عن أملاح بلورية تتفكك في المحلول مكونة كاتيونات وايونات. وهي أساسا مركبات من مصادر معدنية لا تحتوي على الكربون في بنيتها، تستعمل بكثرة في الأوساط القاعدية [4][8][9].

### ج - حسب تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية الجزيئية:

- **مثبطات أنودية (مصعدية):** هي التي تقلل من تأكسد المعادن، أو هي مركبات تؤدي إلى تغطية المناطق المصعدية في المعدن وذلك بإتحادها مع شوارد الحديد الثنائي لتشكيل رواسب تؤدي إلى سد المناطق المتآكلة [3][4][6].
- **مثبطات كاتودية (مهبطية):** هي مركبات إلكتروفيلية لها ميل لاكتساب الإلكترونات، تؤدي إلى تغطية المساحات الكاتودية في المعدن. حيث تعترض تفاعلات الاختزال الحادثة عند المهبط [3][6].
- **مثبطات مختلطة:** هي مثبطات تعمل على تخفيض كثافة التيار للتفاعلين الأنودي والكاتودي معا مع تغير طفيف في كمون التفاعل [3].

### د - على حسب آلية التفاعل: نميز التثبيط بما يلي:

- **بالإمتزاز:** تضاف المثبطات التي تكون عبارة عن مركبات عضوية إلى الوسط التآكلي، فيحدث لها إمتزاز على سطح المعدن المعرض للتآكل فتمنعه من التفاعل مع الوسط. وعادة ما تستخدم مثبطات الإمتزاز في الأوساط الحامضية [2][7][8].

- **بالخمولية:** تتفاعل المثبطات مع سطح المعدن مكونة أكاسيد خاملة كيميائياً اتجاه الوسط الألكال، فعند خمولية المعدن الناتجة عن المثبطات تقل سرعة التآكل، حيث تتأثر مثبطات هذا النوع بـ pH الوسط [7].
- **بالترسيب:** في هذه الطريقة تتشكل رواسب تتوضع على سطح المعدن، وتكون إما رواسب لأملاح معدنية أو معقدات عضوية قليلة الذوبان في الوسط الألكال [8][9].
- **بإزالة العنصر الألكال:** يتم إزالة العامل المساعد على التآكل في الوسط وذلك بالتفاعل الكيميائي مع هذا العامل أو امتصاصه، ومن أهم هذه المثبطات كبريتيد الصديوم [8].



المراجع بالعربية:

- [1] د. إبراهيم سالم المنصور "هندسة التآكل والطرق الفنية في التصدي له"، دار الزايتب الجامعية، بيروت 1991، 230 ص.
- [2] قحطان خلف محمد الخزرجي، عبد الجواد محمد الشريف، (2010)، "التآكل . أسبابه . أنواعه . طرق الحماية منه"، الطبعة الأولى، مديرية دار الكتاب للطباعة والنشر، 500 صفحة.
- [4] شيحي سمية، (2009)، "دراسة الفعالية التثبيطية للمستخلص الفلافوني لنبات *Euphorbia guyoniana* على تآكل الفولاذ في وسط حمضي"، مذكرة ماجستير في الكيمياء، جامعة ورقلة.
- [5] ن. التجاني يحي، (2007)، "دراسة فعالية بعض النباتات الصحراوية كمثبطات للتآكل في أوسط مائية"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة.
- [6] زينب غياية، (2004)، "المساهمة في تحضير بعض مشتقات 4-1-2- ثنائي ثيول -3- ثيون و4-أريل -2،1. ثنائي ثيول -3- ون. ودراسة فعالية تثبيط لتآكل الفولاذ الكربوني 52X في وسط حامضي وماء صناعي"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة.
- [7] عبد القادر بن المنين، (2007)، "دراسة الفعالية التثبيطية للتآكل لبعض مستخلصات الأعشاب الصحراوية"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة.
- [8] كودية سمية، (2012)، "دراسة الفعالية التثبيطية لبعض المركبات الحلقية الكبريتية في وسط حمضي"، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة.
- [9] محمد أحمد خليل، (2006)، "التآكل وتكنولوجيا المياه في حقول الغاز و البترول"، الطبعة الأولى، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع القاهرة، 302 صفحة.

المراجع الأجنبية:

- [3] C.Rochaix , Ed. Nathan, " Electrochimie-Thermodynamque-Cinétique" , 1996, p184.

## الفصل الثاني

### الدراسة الحركية و الترموديناميكية

II-1. الطرق المستعملة في دراسة سرعة التآكل:

يعرف معدل التآكل بأنه معدل التناقص في وزن وحدة المساحات عبر وحدة الزمن أو بعبارة أخرى

هو معدل انتقال الكتلة من الجسم الفلزي عبر وحدة المساحات و وحدة الزمن [1].

II-1-1. طريقة فقدان الوزن:

II-1-1-1. تعريفها: تعتبر طريقة فقدان الوزن من الطرق القديمة المستخدمة في اختبارات قياس أو تحديد

معدل التآكل، كما أنها من أكثر الطرق شيوعا [2].

II-1-1-2. مبدؤها: تعتمد هذه الطريقة على تغير الوزن، حيث يتم وزن العينة و أخذ أبعادها قبل وبعد

الغمس في المحلول الإلكتروليتي وذلك بعد صقلها جيدا باستعمال الأوراق الزجاجية، والفرق في الوزن هو

ما يعبر عن الوزن المفقود بسبب التآكل [3][4].

II-1-1-3. تحديد سرعة التآكل:

تحسب السرعة بالعلاقة التالية [1]:

$$V_{\text{corr}} = \frac{\Delta m}{s.t} \dots\dots\dots(1)$$

$$\Delta m = m_1 - m_2 \dots\dots\dots(2)$$

$$S = 2(LD + LH + HD) \dots\dots\dots(3)$$

حيث:

L : الطول، D: العرض، H: الإرتفاع.

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

s: المساحة الكلية للعينة ووحدتها (Cm<sup>2</sup>).

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

4-1-1-II. حساب المردود:

يعطى المردود بالعلاقة التالية [3]:

$$R\% = \left( \frac{V_0 - V}{V_0} \right) \cdot 100 \dots \dots \dots (4)$$

حيث:

$V_0$ : سرعة التآكل بدون مثبت.

$V$ : سرعة التآكل في وجود المثبط.

$R\%$ : معدل الفاعلية التثبيطية.

5-1-1-II. مزايا طريقة فقدان الوزن:

تتميز طريقة الضياع في الكتلة بما يلي [1]:

❖ سهولة إجرائها.

❖ خلوها من التعقيدات.

❖ لا تتطلب أجهزة خاصة.

6-1-1-II. مساوئ طريقة فقدان الوزن:

من مساوئها لا تصلح لقياس معدل التآكل لجميع الفلزات لاسيما تلك التي تتعرض للتآكل عن طريق تكوين الشغرات أو الفجوات، ذلك لأن مساحة تحول الكتلة في هذه الحالة تكون مستمرة التغير، إضافة إلى أن هذه الشغرات قد تكون عميقة إلى القدر الذي يسمح لها باحتواء حجم من الإلكتروليت، مما يؤثر على دقة النتائج [1].

## II-1-2. الطرق الكهروكيميائية:

يؤثر على الجملة الكهروكيميائية بمؤثر خارجي وهو عبارة عن إشارة (signal) ذات طابع فيزيائي  $e(t)$  مثل: إشارة كهربائية، ضوئية، حرارية، كيميائية، مغناطيسية ثم نقوم بتسجيل استجابة الجملة  $S(t)$  لهذا التأثير.



غالبا ما تكون إشارة الدخول كهربائية، إما بإحداث تغير في الكمون  $E(t)$  أو تغير في التيار  $I(t)$  ثم تقاس الاستجابة الحاصلة والتي هي على الترتيب تغير في التيار أو في الكمون على حسب كون إشارة الدخول  $e(t)$  ثابتة خلال الزمن أو متغيرة [1]، ويتم تتبع هذه الدراسة عمليا باستعمال جهاز (Potentionstat-Galvanostat) بمختلف أنواعه، من بينها:

## II-1-2-1. جهاز (Potentionstat-Galvanostat) من النوع (PGZ 301):

يتكون هذا الجهاز من مولد ومؤشر داخلي، يمكننا من قياس فرق جهد التآكل ومقاومته الإستقطابية، كما يمكننا من تحديد تيار وجهد التآكل بالنقر، كما نستطيع من خلاله رسم منحني الإستقطاب  $i=f(E)$  و الإستقرار  $E=f(t)$  [3]. حيث أن هذا الجهاز يكون متصل بخلية زجاجية و جهاز الكمبيوتر مزود ببرنامج خاص.



الشكل (II-1): جهاز Potentionstat-Galvanostat من النوع PGZ 301.

#### أ- الخلية الكهروكيميائية:

وهي خلية زجاجية من نوع Pyrex، ذات شكل أسطواني، حجمها 500ml، بها فتحتان تسمحان بإدخال نوعين من الإلكترودات، إلكترود مساعد وإلكترود عمل، وتحتوي على غطاء خماسي الفتحات إحداهن لإدخال الإلكترود المرجعي، والباقي لإدخال الملحقات كالمحرار [3].

#### ب- الإلكترودات:

تضم الخلية الكهروكيميائية عموماً إلكترودين على الأقل، و من أرقى هذه الخلايا هي تلك الخلايا التي تظم ثلاث إلكترودات: إلكترود مساعد، إلكترود مرجعي و إلكترود العمل [5].

- الإلكترود المساعد: يكون مصنوع من البلاتين مساحته تقدر بـ  $1\text{cm}^2$  يسمح بمرور التيار الكهربائي.



الشكل (II-2): صورة فوتوغرافية للإلكترود المساعد.

- الإلكترود المرجعي: عبارة عن إلكترود من الكالومال المشبع بكلوريد البوتاسيوم KCl يأخذ وضعيته عن طريق إحدى الفتحات الخمس الموجودة في غطاء الخلية، يتحمل درجة حرارة أقصاها  $60\text{ C}^\circ$  وتيار بين  $[-25\text{ mA}, +25\text{ mA}]$ .



الشكل (3-II): صورة فوتوغرافية للإلكترود المرجعي.

- إلكترود العمل: وهو قطعة أسطوانية الشكل من المعدن المدروس، مساحتها  $1\text{cm}^2$  تثبت على حامل من البلاستيك.

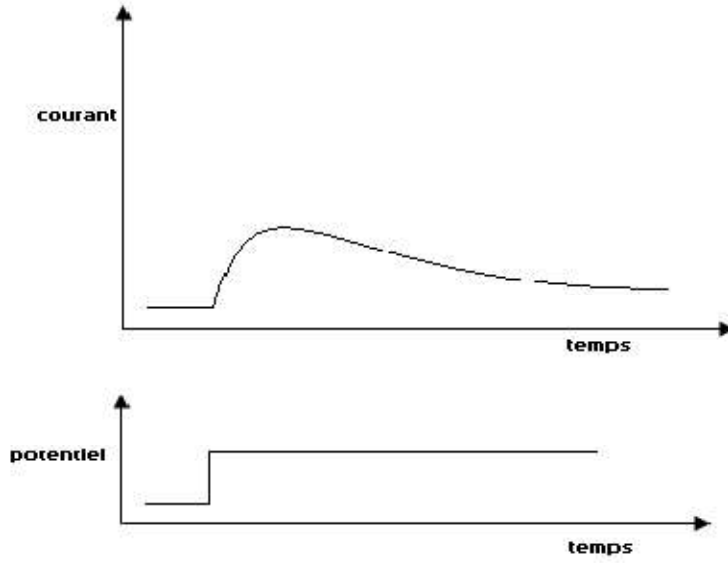


الشكل (4-II): صورة فوتوغرافية لإلكترود العمل.

وتنقسم الطرق الإلكترودكيميائية إلى نوعين [1]:

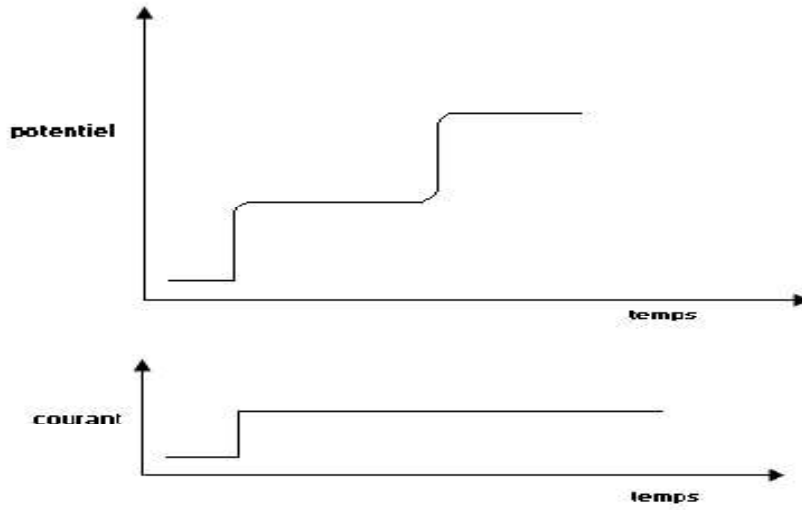
II-1-2-2. الطرق الكهروكيميائية المستقرة: وهذه بدورها تشمل نوعان من الطرق:

- أ. الطريقة الأولى: حيث يفرض على الجملة كمون ثابت ثم نقوم بقياس تغيرات التيار الحاصلة خلال الزمن.



الشكل (II-5): يوضح استجابة الجملة لتغير في التيار.

تفيد هذه الطريقة في دراسة طرق نقل المادة داخل المحلول، أو لدراسة تكون طبقة خمولية.  
 ب. الطريقة الثانية: حيث يفرض على الجملة تيار ثابت ثم نقيس تغيرات الكمون خلال الزمن.



الشكل (II-6): يوضح استجابة الجملة لتغير في الكمون.



II-1-2-3. الطرق الكهروكيميائية المتغيرة:

في هذه الطريقة تكون الإشارة المعطاة للجملة (سواء كانت تيارا أو كمونا) غير ثابتة خلال الزمن، من بين هذه الطرق نذكر [1]:

أ. مطيافية الممانعة الكهروكيميائية:

هي واحدة من الطرق الكهروكيميائية المتغيرة وهي الطريقة الأكثر استعمال لدراسة التآكل وآليات التفاعل، وتشكل الطبقات على المساري وقياس سرعة التفاعل المنتظم.

تتمثل الطريقة في قياس استجابة المسرى لتغير جيبي في كمونه (وذلك بالتغير في قيمة التواتر  $f$ ) ويعطى بالعلاقة:

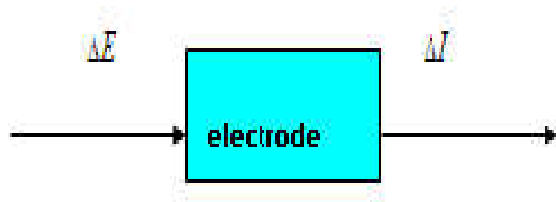
$$\Delta E = |\Delta E| \sin(2. \pi. f. t - \phi) \dots \dots \dots (5)$$

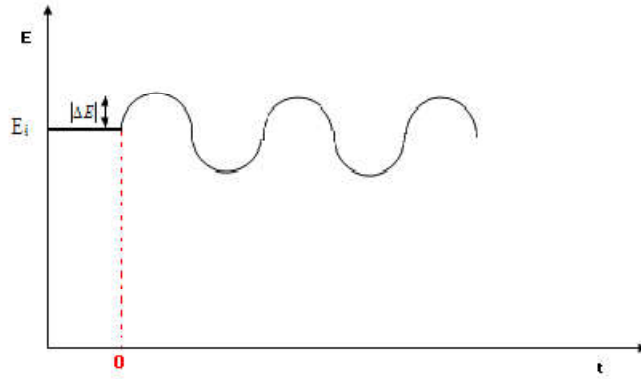
$|\Delta E|$ : سعة التغير وقيمتها ضعيفة لا تتجاوز 10 mV.

هذا التغير نحدثه على كمون المسرى الابتدائي  $E_i$  سواء كان أنودا أو كاثودا في خلية تحليل كهربائي أو في بطارية كهربائية.

إستجابة المسرى للتغير في الكمون تكون على شكل تغير جيبي في التيار و عبارته:

$$\Delta I = |\Delta I| \sin(2 - \pi t f - \phi) \dots \dots \dots (6)$$





الشكل(II-7): يوضح الإثارة الجيبية لكمون المسرى.

نتيجة لذلك تنشأ داخل الجملة ممانعة z تعطى بالعلاقة:

$$z = \frac{\Delta E}{\Delta I} \dots \dots \dots (7)$$

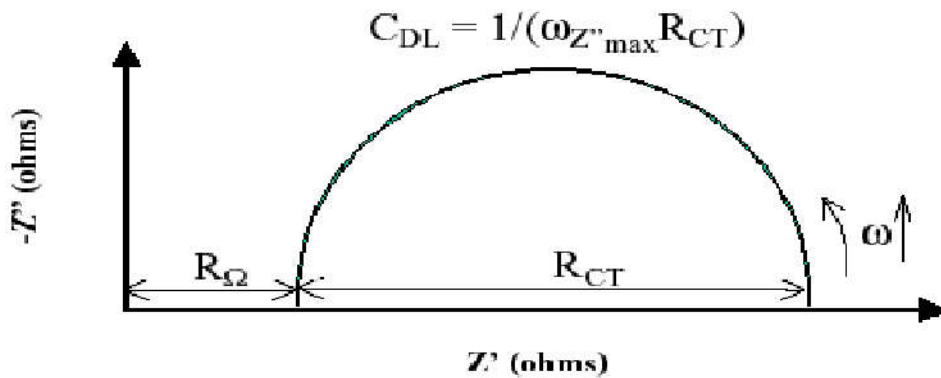
بتغير قيم التواتر f بواسطة مولد الإشارات نحصل في كل مرة على قيمة للممانعة Z التي تكتب على

شكل عدد مركب بشقيه الحقيقي  $Z_{Re}$  والتخيلي  $Z_{im}$ .

$$z = z_{Re} + i \cdot z_{im} \dots \dots \dots (8)$$

مجموع قيم الممانعة المتحصل عليها ترسم في المعلم المركب (Plan complexe) ويدعى منحنى النتائج

بمنحنى نيكوست [6]. Diagramme de Nyquist.



الشكل(II-8): منحنى نيكويست لدارة بسيطة مكافئة لخلية كهروكيميائية

II-2. الجانب الترموديناميكي والحركي لتفاعلات التآكل:

II-2-1. التوازن الكهروكيميائي:

يمكن للتفاعل الحادث ان يصاحبه تناقص في قيمة الطاقة الحرة أو أن يكون مقدار التغير في

الطاقة الحرة المصاحب له سالبا، ويمكن التعبير عنه وفق العلاقة التالية:

$$\Delta G = -n. F. E \dots \dots \dots (9)$$

حيث:

n: هو عدد الإلكترونات المتبادلة أثناء التفاعل الكهروكيميائي.

F: ثابت فرادي (F=96500 C/mol)

E: جهد الخلية.

و لكي يكون التفاعل ممكنا و تكون  $\Delta G$  سالبة فإن جهد الخلية  $E$  لابد أن يكون مقدارا موجبا وفي

النظام الكهروكيميائي، حيث تعبر الإلكترونات المتحررة من الأنود إلى الكاتود خلال تفاعل الأكسدة

من أجل المشاركة في تفاعلات الإرجاع، وبذلك فإنه يتم تقديم عمل يسمى بالعمل الكهربائي ويرمز له

ب  $W_e$  ويعطى بالعلاقة التالية:

$$W_e = -n. F. E_{rev} \dots \dots \dots (10)$$

حيث:

F: ثابت فرادي (F=96500C/mol)

$E_{rev}$ : الكمون العكوس لتفاعل الأكسدة والإرجاع [5].

II-2-2. المرحلة المحددة لتفاعلات التآكل:

في أغلب حالات التآكل، يكون التفاعل الأنودي عبارة عن عملية أكسدة معدن إلى أيوناته، وفقا

للمعادلة التالية:



هناك العديد من التفاعلات الأنودية تحدث أثناء تآكل المعدن، بصفة آنية ويمكن التنبؤ بها، وعليه

يمكن مراقبة تفاعل التآكل من خلال ثلاث حركيات تفاعلية من الناحية الحركية وهي:

❖ حركية تفاعلات الانتقالات الأنودية والكاثودية على السطح الفاصل بين المعدن والإلكتروليت.

❖ سرعة انتقال المادة المؤكسدة أو النواتج.

❖ التآكل يراقب كذلك بخصائص الشريط الحامي.

إذا، فالتآكل بصفة عامة يراقب بطريقة أنودية [5][7].

### 3-2-II. منحنى بورباي:

هو ذلك المخطط الذي يربط إمكانية حدوث التآكل ب pH الوسط الأكال مع الفرق في الجهد

بين الفلز النقي و أيوناته الموجودة في الوسط [2].

لرسم منحنى بورباي لمعدن ما، نقوم بدراسة كل التوازنات التي يمكن أن تتواجد بين الأصناف

الكيميائية المختلفة لهذا المعدن، وفي درجات أكسدة مختلفة، حيث يمثل كل توازن بمعادلة ثم يرسم على

المعلم  $E=f(pH)$ ، حيث المستقيمات الناتجة تقسم المعلم السابق إلى مناطق مختلفة يمثل كل منها مجال

غالبية صنف معين منحل أو مجال استقرار صنف آخر [8].

يعطى منحنى بورباي الحالات التي يمر بها المعدن في الطبيعة من الجانب الترموديناميكي وذلك

بتطبيق علاقة Nernst، بتغير pH الوسط كما في الشكل (5-II) ومن خلال هذا الشكل نلاحظ ثلاثة

مناطق وهي:

أ- منطقة التآكل: وهي المنطقة التي يتفكك فيها المعدن (الحديد إلى شوارد  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) وتتشكل مركبات

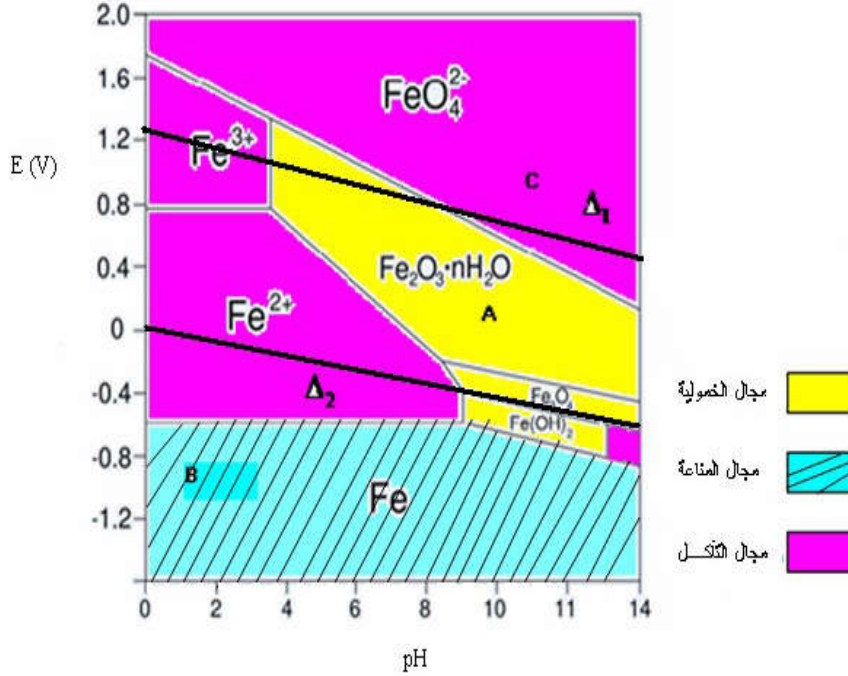
قابلة للذوبان في المحلول الإلكتروليتي وتكون عند الحديد ابتداء من الكمون  $E = -0.44V$  [9][10].

ب- منطقة الخمولية: وهي منطقة التي تتشكل فيها طبقة واقية من الأوكسيد ( $Fe_3O_4$ ) و الهيدروكسيد

بتراكيز عالية تحمي الحديد من التآكل [3][8].

ج- منطقة الامتناع: وهي منطقة يكون فيها المعدن غير قابل لتآكل، وذلك لوجود طبقة واقية غير قابلة

لأي تفاعل كيميائي مع الوسط، حيث تكون في هذه الحالة الحماية كاثودية للمعدن [3][9].



الشكل (II-9): يوضح منحنى بورباي لمعدن الحديد في وسط مائي عند درجة حرارة 25 C°.

#### II-4.2. حساب سرعة التآكل:

يمكن حساب سرعة التآكل بعدة طرق منها:

- ❖ تغير كتلة المعدن بالنسبة للمساحة والزمن.
- ❖ تغير عدد مولات المعدن بالنسبة للمساحة والزمن.
- ❖ السمك المفقود بواسطة التآكل بالنسبة للزمن.
- ❖ شدة التيار.

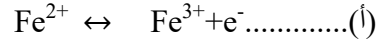
لتحديد سرعة التآكل بالطريقة الكهروكيميائية يجب معرفة عدة معلومات من أهمها مايلي [11]:

أ- قانون Bulter-Volmer:

بواسطة التفاعل الكهروكيميائي الذي يسمح بانتقال الشحنات إلى السطح الفاصل بين المعدن

والإلكتروليت يمكن حساب سرعة التفاعل [12][13].

يمثل التفاعل (أ) تحويل الإلكترون بين  $Fe^{2+}$  وقطب خامد (مثلا قطب البلاتين).



استنادا إلى قانون Faraday.

كثافة التيار  $i$  تكون متناسبة طرديا مع سرعة التفاعل  $V$  ( $mol/S^{-1}m^{-2}$ )

نفترض أن:  $n=1$

$$V = (V_a - V_c) \dots \dots \dots (11)$$

$$i = F.V = F(V_a - V_c) \dots \dots \dots (12)$$

$V_c, V_a$ : سرعتان متناسبتان على التوالي للتركيز الشارديتين  $Fe^{3+}$  و  $Fe^{2+}$  على سطح المعدن.

وحسب قانون Arrhenius فإن:

$$V_a = K_a C_{Fe^{+2}} \exp(-\Delta G_a^* / R.T) \dots \dots \dots (13)$$

$$V_c = K_c C_{Fe^{+3}} \exp(-\Delta G_c^* / R.T) \dots \dots \dots (14)$$

$K_a, K_c$ : ثابتين.

$C_{Fe^{+3}}, C_{Fe^{+2}}$ : تركيز الشارديتين  $Fe^{+3}$  و  $Fe^{+2}$  على السطح الفاصل للإلكتروليت.

$\Delta G_a^*$ : الأنتالبية الحرة النشطة للتفاعل الأنودي.

$\Delta G_c^*$ : الأنتالبية الحرة النشطة للتفاعل الكاثودي.

مع العلم أن:

$$\Delta G_a^* = \Delta G_{ch}^* - \alpha . F . \Delta E \dots \dots \dots (15)$$

$$\Delta G_c^* = \Delta G_{ch}^* - (1 - \alpha) . F . \Delta E \dots \dots \dots (16)$$

بتعويض (15) في (13) وكذلك (16) في (14) وبوضع:

$$K'_a = K_a . \exp\left(\alpha . F . \frac{\Delta E}{R.T}\right)$$

$$K'_c = K_c \cdot \exp \left( 1 - (1 - \alpha) \cdot F \cdot \frac{\Delta E}{RT} \right)$$

نجد:

$$V_a = k'_a \cdot C_{Fe^{+2}} \exp \left( -\Delta G a^*_{ch} / RT \right) \cdot \exp \left( \alpha \cdot F \cdot \Delta E / RT \right) \dots \dots \dots (17)$$

$$V_c = k'_c \cdot C_{Fe^{+3}} \exp \left( -\Delta G c^*_{ch} / RT \right) \cdot \exp \left( (1 - \alpha) \cdot F \cdot \Delta E / RT \right) \dots \dots \dots (18)$$

وبوضع:

$$K''_a = k'_a \cdot \exp \left( -\Delta G a^*_{ch} / RT \right)$$

$$k''_c = k'_c \cdot \exp \left( -\Delta G c^*_{ch} / RT \right)$$

يمكن كتابة عبارتي السرعة  $V_c$  و  $V_a$  كما يلي:

$$V_a = k''_a \cdot C_{Fe^{+2}} \exp \left( \alpha \cdot F \cdot \Delta E / RT \right) \dots \dots \dots (19)$$

$$V_c = k''_c \cdot C_{Fe^{+3}} \exp \left( -(1 - \alpha) \cdot F \cdot \Delta E / RT \right) \dots \dots \dots (20)$$

$$B + \Delta E = E \implies \Delta E = E - B \quad \text{مع العلم أن:}$$

حيث  $B$  هو ثابت،  $E$  الجهد المقروء

بإهمال قيمة الثابت  $B$  أي:  $\Delta E \approx E$  نجد العلاقة (21):

$$V_a - V_c = K''_a \cdot C_{Fe^{+2}} \exp \left( \alpha \cdot F \cdot E / RT \right) - K''_c \cdot C_{Fe^{+3}} \exp \left( -(1 - \alpha) \cdot F \cdot E / RT \right) \dots \dots \dots (21)$$

بتعويض العلاقة (21) في (12) ومن أجل  $n$  إلكترون ولزوج OX/Red نجد العلاقة (22):

$$i = i_a + i_c = n \cdot F \cdot K_a C_{ox,s} \exp \left( \alpha \cdot n \cdot F \cdot E / RT \right) - n \cdot F \cdot K_c C_{red,s} \exp \left( -(1 - \alpha) \cdot F \cdot E / RT \right) \dots (22)$$

تسمى المعادلة (22) بمعادلة Butler-Volmer بالنسبة للزوج OX/Red على إلكتروود بسيط، عند التوازن

تكون سرعة التفاعل معدومة ويكون لدينا:

$$E = E_{rev} \dots \dots \dots (23)$$

$$i = i_a + i_c = 0 \dots \dots \dots (24)$$

ومنه ينتج مايلي:

$$i_{a(E_{eq})} = -i_{c(E_{eq})} = i_0 \dots \dots \dots (25)$$

$i_0$ : يمثل كثافة التيار المتبادل لتفاعل الإلكترود، وهذه القيمة تميز سرعة انتقال الشحنات عند الاتزان.

من شروط الاتزان، يكون تركيز أصناف ox و red المشتركة في تفاعل انتقال الشحنات متساوي عند سطح إلكترود (نرمز له ب S) وداخل المحلول (نرمز له ب SOL).

$$C_{red,s} = C_{red,sol} \dots \dots \dots (*)$$

$$C_{ox,s} = C_{ox,sol} \dots \dots \dots (**)$$

من العبارتين (\*), (\*\*), والمعادلة (22) يمكن كتابة معادلة Butler-Volmer بدلالة  $i_0$ :

$$i = i_0 \left( \frac{C_{red,s}}{C_{red,sol}} \right) \exp \left( \frac{\alpha \cdot n \cdot F}{R \cdot T} \right) (E - E_{eq}) - i_0 \left( \frac{C_{ox,s}}{C_{ox,sol}} \right) \exp \left( \frac{-(1 - \alpha) \cdot n \cdot F}{R \cdot T} \right) (E - E_{eq}). \quad (26)$$

إن معادلة Butler-Volmer تعطي علاقة بين الجهد و كثافة التيار [12][13].

**ب. قانون Tafel:**

قام العالم تافال بوضع معاملين خاصين هما:

$$B_a = \frac{R \cdot T}{\alpha \cdot n \cdot F} \dots \dots \dots (27) \quad \text{معامل تافال الأنودي:}$$

$$B_c = \frac{R \cdot T}{(\alpha - 1) \cdot n \cdot F} \dots \dots \dots (28) \quad \text{معامل تافال الكاثودي:}$$

و بتعويض هذه المعاملات في معادلة Bulter-Volmer مع إعتبار أن تركيز المتفاعلات والنواتج متساوي فإن المعادلة تأخذ الشكل التالي:

$$i = i_0 \exp (\eta_0 / B_a) - i_0 (- \eta_0 / B_c) \dots \dots \dots (29)$$

حيث:

$\eta_0$ : هي فوق الجهد وتعطى بالعلاقة التالية:



$$\eta_0 = E - E_{rev} \dots \dots \dots (30)$$

يمثل منحنى تافال تغير اللوغاريتم العشري لكثافة التيار بدلالة الكمون أو فوق الجهد  $\eta_0$  ويمكن تقسيمه

إلى جهتين: جهة أنودية أين  $1 >> \frac{\eta_0}{B_a}$  وجهة كاثودية  $1 << -\frac{\eta_0}{B_c}$ .

✓ الجانب الأنودي لمنحنى تافال ( $1 >> \frac{\eta_0}{B_a}$ ):

بإهمال الجانب الكاثودي تأخذ عبارة كثافة التيار الشكل التالي:

$$i = i_a = i_0 \exp(\eta_0/B_a) \dots \dots \dots (31)$$

بإدخال اللوغاريتم على العبارة السابقة وبوضع:

$$a_a = -2.303B_a \text{Log}(i_0)$$

$$b_a = 2.303B_a$$

نجد عبارة مستقيم تافال الأنودي:

$$\eta_0 = a_a + b_a \text{Log}(i) \dots \dots \dots (32)$$

✓ الجانب الكاثودي لمنحنى تافال ( $1 << -\frac{\eta_0}{B_c}$ ):

بإهمال الجانب الأنودي يمكن كتابة عبارة كثافة التيار على الشكل التالي:

$$i = i_c = i_0 \exp(-\eta_0/B_c) \dots \dots \dots (33)$$

بإدخال اللوغاريتم على العبارة السابقة وبوضع:

$$a_c = -2.303B_c \text{Log}(i_0)$$

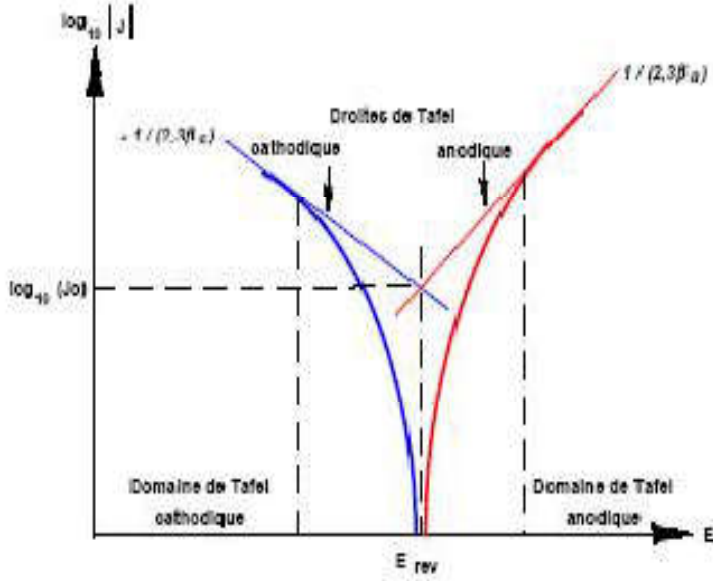
$$b_c = 2.303B_c$$

نجد عبارة مستقيم تافال الكاثودي:

$$\eta_0 = a_c + b_c \text{Log}(i) \dots \dots \dots (34)$$

تصف كل من المعادلتين (33) و (34) الحدود الأنودية والكاثودية لمعادلة Bulter-Volmer ومن خلال

منحنى تافال نستطيع تحديد كمون بداية التآكل [4][6].



الشكل (10-II): يوضح منحنى تافل.

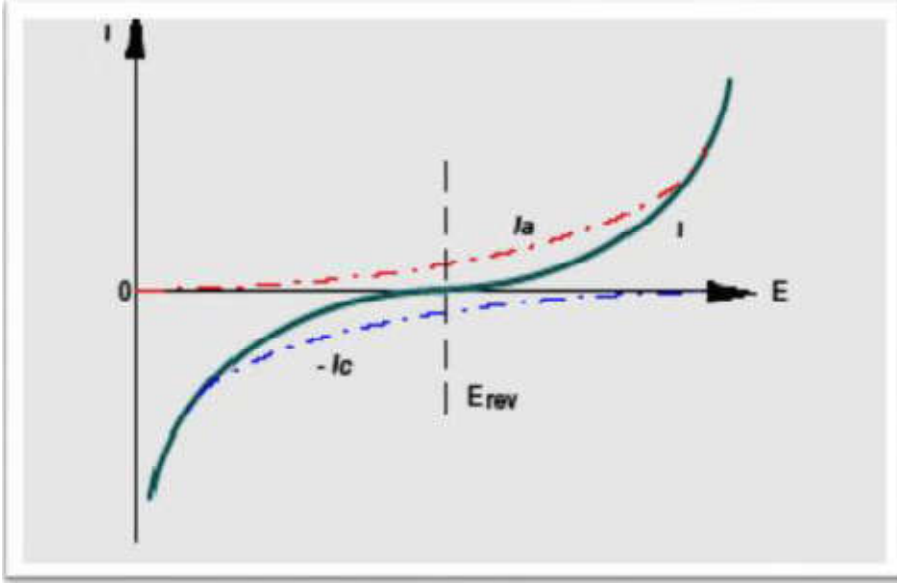
ج. منحنيات الاستقطاب:

سرعة التفاعلات عند المسرى  $i$  تعتمد على الكمون المفروض عليه (أي على الاستقطاب والمعبر عنها بكثافة التيار الذي تعرض له) ولأخذ فكرة مفصلة على حركية التفاعلات عند المسرى نرسم منحنى الاستقطاب المميز له وهو نوعان [8]:

$$i = f(E) \quad \checkmark$$

باستعمال جهاز Potentionstat نغير في قيمة الكمون (المفروض بين مسرى العمل والمسرى

المرجعي) ونقيس في كل مرة كثافة التيار المار في الدارة [14]:

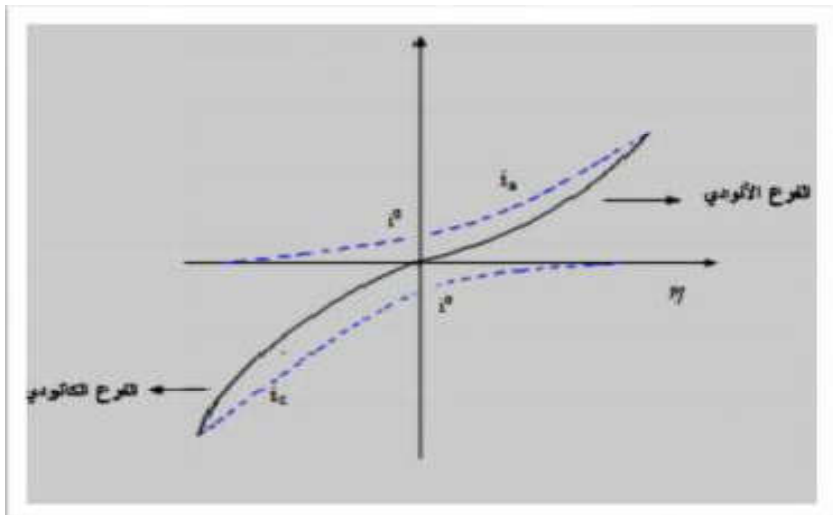


الشكل (II-11): منحنى  $i = f(E)$

✓ المنحنى  $E = f(i)$

هذه المرة نجري تغير في قيمة التيار باستعمال جهاز Potentionstat ثم يقاس في كل مرة الكمون

الموافق للمسرى.



الشكل (II-12): منحنى  $E = f(i)$

د. قانون Stern et Geary:

من أجل قياس المقاومة الإستقطابية وذلك برسم المنحنى  $i=f(E)$  بجوار كمنون التآكل (E) ومنه

يكون [12]:

$$E_{\text{corr}} - 10(\text{mV}) < E < E_{\text{corr}} + 10(\text{mV}) \dots \dots \dots (35)$$

لدينا:

$$\Delta E = E - E_{\text{corr}} ; \quad \Delta E \rightarrow 0$$

$$i = i_{\text{corr}}((E - E_{\text{corr}}/B_a) - (E - E_{\text{corr}}/B_c)) \dots \dots \dots (36)$$

$$\Delta i = i_{\text{corr}} \left( -\frac{\Delta E}{B_a} - 2.3 \frac{\Delta E}{B_c} \right) \dots \dots \dots (37)$$

$$\frac{\Delta i}{\Delta E} = 2.3 \cdot i_{\text{corr}} \left( \frac{1}{B_a} + \frac{1}{B_c} \right) \dots \dots \dots (38)$$

هذه النسبة تدعى بالمقاومة الإستقطابية  $R_p$ :

$$R_p = (1/2.3 \cdot i_{\text{corr}})(B_a \cdot B_c / B_a + B_c) \dots \dots \dots (39)$$

تدل هذه العلاقة الأخيرة على التناسب العكسي بين تيار التآكل والمقاومة الاستقطابية  $R_p$ ، حيث يتراوح

$$\text{المقدار } \frac{B_a \cdot B_c}{B_a + B_c} \text{ بقيمة متوسطة: } 10\text{mV} \text{ مع ارتياب } \pm 0,1\text{mV}$$

من خلال قيمة المقاومة الإستقطابية  $R_p$  يمكن معرفة قيمة تيار التآكل بدقة عالية حيث:

$$i_{\text{corr}} = \frac{B}{R_p} \dots \dots \dots (40)$$

$$10\text{mV} < B < 30\text{mV}$$

## المراجع باللغة العربية:

- [1] كودية. سمية، (2012)، "دراسة الفاعلية التثبيطية لبعض المركبات الحلقية الكبريتية في وسط حمضي"، مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.
- [2] سالم منصور. أحمد، (2000)، "هندسة التآكل والطرق الفنية في التصدي له"، دار الرتب الجامعي، بيروت.
- [3] بن منين، عبد القادر. (2007). "دراسة الفاعلية التثبيطية للتآكل لبعض مستخلصات الأعشاب الصحراوية". مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.
- [5] شيحي، سمية . (2009). "دراسة الفعالية التثبيطية للمستخلص الفلافوني لنبات Euphordia guyoniana على تآكل الفولاذ في وسط حمضي". مذكرة ماجستير، كلية العلوم وعلوم المهندس، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة .
- [7] قحطان خلف محمد الخزرجي، وعبد الجواد محمد أحمد الشريف، (1988)، "التآكل، أسبابه، أنواعه، طرق الحماية منه"، مديرية دار الكاتب للطباعة و النشر، جامعة الموصل.بغداد.
- [8] بكوشة. عز الدين، (2008)، "دراسة فاعلية التثبيط لبعض المركبات العضوية الكبريتية والأزوتية"، مذكرة ماجستير، كلية العلوم وعلوم الهندس، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.
- [9] مقدم. خضرة، (2005)، "دراسة الأثر التثبيطي لبعض مركبات ثنائي ثيول ثيون المستبدلة في الوضعية 4 و5 بمجموعة ألكيل"، مذكرة ماجستير ، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.
- [12] نموسة. التجاني يحي، (2007)، "دراسة فاعلية النباتات الصحراوية كمتبذات للتآكل في أوساط مائية"، مذكرة ماجستير، كلية العلوم والعلوم الهندسية جامعة قاصدي مرباح، ورقلة.

- [11] غياية. زينب، (2004)، "المساهمة في تحضير بعض مشتقات 4-أريل-1,2-ثنائي ثيول-3-ثيون و 4-أريل-1-2-ثنائي ثيول-3-ون و دراسة فعالية تثبيطها لتآكل الفولاذ الكربوني  $X_{52}$  في وسط حامضي وماء صناعي"، مذكرة ماجستير ، جامعة قاصدي مرباح. ورقة.
- [14] صياد. عائشة، (2012)، " تقدير الفعل المضاد للتآكل لمستخلص فينولي لنبات البطمة وثنائي ثيول حلقي"، مذكرة ماجستير، كلية العلوم وتكنولوجيا وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقة.

### المراجع باللغة الأجنبية:

- [4] J.P. Diard, B. Le Gorrec, C. Montella. (1996). cinétique électrochimique . vol, 3. éditions Herman.
- [6] Moulay. Yamina , (2012) "investigation phythimique de l'acacia arabica aux propriéts antioxydantes et inhibitrices", Mémoire de magister, Faculedes sciences et Technologies et des sciences de lamatiere, Université kasdi merbah . Ouargla.
- [11] J. J. Lamoureux. (1994). "précis de corrosion" . Vol, 1. édition Laval Beauchemin paris Masson 1994 Imper, au canada.
- [13] D. Londolt. (1993). "corrosion et chimie des surfaces des métaux" .VOL 12, presse polytechniques et Universitaires Romandes.

## الفصل الثالث

الدراسة الاستقصائية لتطبيق المستخلصات  
النباتية كمثبطات للتآكل

مدخل:

تستخدم الأحماض بشكل عام لإزالة القشور والصدأ في الأنشطة المتعلقة بالمعادن، إلا أن تنظيف سطح المعدن يؤدي إلى ظهور خطر انحلاله و تآكله بالتالي فقدانه لخصائصه واستهلاك كميات كبيرة من الأحماض، ولحل هذه المشكلة ومن أجل التغلب على هذه العيوب المرتبطة بالتآكل المعدني أصبحت تضاف مثبطات اصطناعية للأحماض والتي تعتبر من أحسن الطرق للحماية من هذه الظاهرة، فهي تصنع من مواد خام وتختار من مركبات بها ذرة غير متجانسة في الحلقة العطرية أو سلسلة كربونية طويلة.

وعلى الرغم من إضافة هذه المثبطات التي أظهرت نشاط جيد وأثبتت أنها مثبطات تآكل فعالة للمعادن في الأوساط الحمضية إلا أن معظمها شديد السمية على البشر والبيئة، لذلك تم استبدالها بمثبطات طبيعية (مستخلصات نباتية) صديقة للبيئة وغير ضارة، حيث أصبحت محل الاهتمام والتركيز للعديد من البحوث العلمية في الآونة الأخيرة باعتبارها مصادر خضراء ومستدامة، قابلة للتحلل وتشكل مصادر طبيعية غنية بالمركبات الكيميائية التي يمكن استخدامها بإجراءات بسيطة وبتكلفة منخفضة [1]. وهذا ما سنؤكد في هذا الفصل من خلال مناقشة مختلف المراجع والمقالات العلمية الحديثة التي تم فيها اختبار المستخلصات النباتية على أنها مثبطات تآكل للعديد من الوسائط الإلكترونية.



## III-1: الدراسة الاستقصائية لتطبيق المستخلصات النباتية كمثبطات تآكل

الجدول (IV-1): قائمة المستخلصات النباتية كمثبطات خضراء في وسط حمضي (HCl) لتآكل الفولاذ.

الرقم	1	2
اسم المؤلف	Ambrish Singh et al.	P. R. Vijayalakshmi et al.
اسم المجلة	<i>Rasayan Journal of Chemistry</i> (Vol:3,No:4,2010,p:811-824)	<i>E-Journal of Chemistry</i> (Vol :7,No:32010,p:1055-1065)
عنوان المقال	<b>Inhibition effect of environment ally benign Kuchla (<i>strychnos Nuxvomica</i>) seed extract on corrosion of mild steel in hydrochloric acid solution</b>	<b>Inhibitory Action of <i>Borassus Flabellifer</i> Linn. (<i>Palmyra Palm</i>) Shell Extract on Corrosion of Mild Steel in Acidic Media</b>
المثبط (النبتة)	<i>Kuchla (strychnos Nuxvomica)</i> (البذور)	<i>Borassus Flabellifer</i> Linn ( <i>Palmyra Palm</i> ) (القشرة)
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص مائي / (1M) HCl	مستخلص مائي / (1M) HCl
نوع المثبط	مثبط مختلط	مثبط مختلط
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)
تركيز المثبط	350 ppm	3 % v/v
كفاءة التثبيط	WL: 98% PDP:( $IE_{Rp}$ = 97%) Tafal: ( $IE_I$ = 98%) EIS: ( $IE_{RCT}$ = 97%)	WL : 98.11% PDP:( $IE_{Rp}$ = 84.09%) Tafal: ( $IE_I$ = 82.59%) EIS: ( $IE_{RCT}$ = 86.53%)
التقنيات المستعملة	تحليل (FTIR)	GC-MS
ايزوتارم الإمتزاز	لونغمير	لونغمير , تمكين
النتيجة	يعتبر مستخلص البذور للنبات المدروس مثبطا جيدا لتآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl.	أثبتت النتائج أن مستخلص القشور مثبط فعال للتآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl وهو صديق للبيئة
المرجع	[2]	[3]

الرقم	3	4
اسم المؤلف	Pondiam bothi raga et al.	Gopiraman mayakrishnam et al.
اسم المجلة	<i>International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials</i> (Vol:18, No:4, 2011, p:413-418)	<i>Journal of Ionics</i> (Vol :17,2011,p:843-852)
عنوان المقال	<b>Inhibitive effect of <i>Xylopi</i> <i>ferruginea</i> extract on corrosion of mild steel in 1M HCl medium</b>	<b>Inhibitive action of <i>clematis</i> <i>gouriana</i> extract on the corrosion of mild steel in acidic medium</b>
المثبط (النبتة)	<i>Xylopi ferruginea</i> (الأوراق (a) ولحاء الساق(b))	<i>Clematis gouriana</i> (الأوراق)
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص حمضي / (1M) HCl	مستخلص إيثانولي / (1M) HCl
نوع المثبط	مثبط مختلط	مثبط مختلط
طرق الدراسة	- طريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - طريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)
تركيز المثبط	100ppm	400ppm
كفاءة التثبيط	Tafal: $IE_1 = (a: 85\%, b: 92\%)$ EIS : $IE_{R_{cat}} = (a: 87\%, b: 88\%)$	WL: 85.50% Tafal: ( $IE_1 = 95.70\%$ ) EIS: $IE_{R_{CT}} = 92.77\%$
التقنيات المستعملة	FTIR, SEM	FTIR, SEM, EDS
ايزوتارم الامتزاز	.....	لونغمير
النتيجة	أظهرت النتائج التجريبية أن كلا المستخلصين (الأوراق ولحاء الساق) لهم إمكانية جيدة لتثبيط التآكل.	تشير النتائج المتحصل عليها أن هذا المستخلص النباتي يعمل كمثبط جيد لتآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl
المرجع	[4]	[5]

الرقم	5	6
اسم المؤلف	C.A.Loto et al.	Gopal ji et al.
اسم المجلة	International journal of the physical sciences (Vol:6, No:15, 2011, p:3616-3623)	International Journal of Electrochemical science (Vol:7, 2012, p:12146-12158)
عنوان المقال	<b>Corrosion and plant extracts inhibition of mild steel in HCl</b>	<b>Green capsicum annum fruit extract for inhibition of mild steel corrosion in hydrochloric acid solution</b>
المثبط (النبات)	<i>Tobacco(T) and kolanut(K)</i> (الأوراق الكولا(K), الجزء الهوائي للتبغ(T))	<i>Capsicum annum</i> (الثمار)
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص الإيثانولي / (0.5M) HCl	مستخلص المائي / (1M) HCl
نوع المثبط	.....	مثبط مختلط
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - طريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)
تركيز المثبط	100% , 60%	1400 mg /L
كفاءة التثبيط	WL: 97%(T) ,81.27%(K)	WL: 82% PDP:( $E_I = 86%$ ) EIS: ( $IE_{R_{cdl}} = 83.50%$ ) OEM
التقنيات المستعملة	.....	.....
إيزوتارم الإمتزاز	.....	لونغمير
النتيجة	مستخلصات فعالة لتآكل الفولاذ في الوسط الحمضي.	تأكد النتائج أن للمستخلص إمكانية جيدة في تثبيط تآكل الفولاذ في الوسط الحمضي.
المرجع	[6]	[7]

الرقم	7	8
اسم المؤلف	Maduabuchi A . chidiebere et al.	Chennappan kamal et al.
اسم المجلة	<i>Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> (Vol :51,2012, p:668-677)	<i>Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> (Vol :51, 2012, p:10399-10407)
عنوان المقال	<b>Corrosion inhibition and Adsorption behavior of <i>punica granatum</i> extracts on mild steel in acidic environments: Experimental and theoretical studies</b>	<b>Caulerpin-A bis-Indole alkaloid as a green inhibitor for the corrosion of mild steel in 1M HCl solution from the <i>Mavine alga caulerpa racemosa</i></b>
المثبط ( النبات )	<i>Punica granatum</i> (القشرة)	<i>Mavine alga</i> ( <i>caulerpa racemosa</i> )
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص إيثانولي / (1M) HCl	مستخلص ميثانولي / (1M) HCl
نوع المثبط	مثبط مختلط	مثبط مختلط
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن ( WL ) - الطريقة الالكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن ( WL ) - الطريقة الالكتروكيميائية (EIS, PDP)
تركيز المثبط	600 mg /L	25ppm
كفاءة التثبيط	WL : 92% Tafal : ( EI= 83.3%) EIS : $IE_{RCT} = (80,6\%)$	WL : 83% Tafal : ( EI= 80%) EIS : $IE_{RCT} = 85\%$
التقنيات المستعملة	DFT	AFM
ايزوتارم الامتزاز	لونغمير	تمكين
النتيجة	مستخلص يمنع بشكل فعال تآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl	أظهرت الدراسات أن المستخلص يثبط تآكل الفولاذ وهذا ما أكدته نتائج المتحصل عليها.
المرجع	[8]	[9]

الرقم	9	10
اسم المؤلف	Venkatesha et al.	K. Anbarasi et al.
اسم المجلة	<i>Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> (Vol :52, 2013 , p :722-728)	<i>Chemical Science Review and Letters</i> (Vol:3(9), 2014, p: 45-51)
عنوان المقال	<b><i>Acalypha torta</i> leaf extract as green corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid solution</b>	<b>Corrosion Inhibition Potential of <i>Cucurbita Maxima</i> Plant Extract on Mild Steel in Acid Media</b>
المثبط (النبتة)	<i>Acalypha torta</i> (الأوراق)	<i>Cucurbita Maxima</i> (الأوراق)
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص إيثانولي / (1M) HCl	مستخلص حمضي / (1M) HCl
نوع المثبط	مثبط مختلط	.....
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الالكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL)
تركيز المثبط	1000 ppm	2% v/v
كفاءة التثبيط	WL: 89% EIS: $IE_{RCT} = 90.03\%$ Tafal: ( $EI_I = 91\%$ )	WL : 98%
التقنيات المستعملة	SEM	FTIR
إيزوتارم الامتزاز	لونغمير	لونغمير , تمكين
النتيجة	يعمل مستخلص الإيثانول للأوراق كمثبط جد فعال للصلب وبكفاءة عالية.	أثبت من خلال النتائج المتحصل عليها من الدراسة أن المستخلص مثبطا جيد للتآكل في الوسط الحمضي (1M) HCl
المرجع	[10]	[11]

الرقم	11	12
اسم المؤلف	Lebe A. Nnama et al.	K.shalabi et al.
اسم المجلة	<i>International Jorunal of Materials Engineering</i> (Vol:4, No:5, 2014, p:171-179)	<i>Physicochemical problems of materails protection</i> (vol:51, N°5, 2015, p908-917)
عنوان المقال	<b>Inhibition of mild steel corrosion in HCL solution by <i>Pentaclethra macrophylla Bentham</i> extract.</b>	<b>Adsorption and inhibitive effect of <i>Schinus Terebithifolius</i> extract as a green corrosion inhibitor for carbon steel in acidic solution.</b>
المثبط (النبتة)	<i>Pentaclethra macrophylla Bentham</i> ( الجزء الهوائي )	<i>Schinus Terebinthifolius</i> ( الجزء الهوائي )
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص مائي / (1M) HCl	مستخلص ميثانولي / (0.5M) HCl
نوع المثبط	مثبط مختلط	يعمل كنوع مختلط لكن بشكل رئيسي فهو مثبط مهبطي في حمض الهيدروكلوريك
طرق الدراسة	. طريقة فقدان الوزن (WL) . - الطريقة الإلكتروكيميائية (PDP)	. الطريقة الإلكتروكيميائية (PDP, EIS) - تقنية EFM
تركيز المثبط	0.5 g/L	900 ppm
كفاءة التثبيط	W L: 98% PDP : (EI <sub>Rp</sub> = 95.6%)	PDP: (EI <sub>Rp</sub> = 93.3%) EIS:(IE <sub>Rct</sub> = 96.7%) EFM: 95.5%
التقنيات المستعملة	SEM, EDS	SEM, EDX
ايزوتارم الامتزاز	لونغمير , تمكين	لونغمير
النتيجة	المستخلص يعمل على تأخير انحلال الفولاذ في 1M من حمض الهيدروكلوريك وخاصة في درجة حرارة مرتفعة.	مثبط جيد يمنع تآكل الفولاذ الكربوني الناجم عن حمض الهيدروكلوريك بحكم إمتزاز مكوناته على سطح المعدن.
المرجع	[12]	[13]

الرقم	13	14
اسم المؤلف	Chris O.Akalezi et al.	Taissa F. Souza et al.
اسم المجلة	<i>International Journal Ind chem</i> (vol:6, 2015,p273-284)	<i>International Journal of electrochemical science</i> (vol:10, 2015,p22-33)
عنوان المقال	<b><i>Rothmannia longiflora</i> extract as corrosion inhibitor for mild steel in acidic media</b>	<b>Inhibitory action of <i>Ilex paraguariensis</i> extracts on the corrosion of carbon steel in HCl solution</b>
المثبط (النبتة)	<i>Rothmannia longiflora</i> (الأوراق)	<i>Ilex paraguariensis</i> (الأوراق والسيقان)
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص مائي / (1M) HCl	مستخلص مائي / (1M) HCl
نوع المثبط	مثبط مختلط في HCl	مثبط مختلط
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - طريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)
تركيز المثبط	1000 mg/L	1000 mg/L
كفاءة التثبيط	WL: 90.92% PDP: (EI <sub>RP</sub> = 84.83%) EIS: (IE <sub>R<sub>Ct</sub></sub> = 83.70%)	WL: 93% PDP: (EI <sub>RP</sub> = 79%) EIS: (IE <sub>R<sub>Ct</sub></sub> = 91%)
التقنيات المستعملة	.....	.....
إيزوتارم الامتزاز	لونغمير	لونغمير
النتيجة	يعمل كمثبط جيد لتآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl	يعمل المستخلص كمثبط لتآكل الفولاذ الكربوني في (1M) HCl
المرجع	[14]	[15]

16	15	الرقم
Obiukwu Osita et al.	C.O.Akalezi et al.	اسم المؤلف
International letters of chemistry ,physics and astronomy(vol:66,2016 p 25-37)	International Journal corrosion scale inhib (vol:5,N°2, 2016, p132-146)	اسم المجلة
<b>The inhibitive effect of <i>Gnetum Africanum</i> , <i>Gongronema Latifolium</i> and <i>Chromolena Odaratum</i> extract on corrosion of stainless steel in 1M HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution</b>	<b>Mild steel protection in acidic media using <i>Mucuna pruriens</i> seed extract</b>	عنوان المقال
(أوراق)(Ga) <i>(Gnetum africanum)</i> (أوراق)(Gl) <i>(Gongronema latifolium)</i> (أوراق)(Ch.o) <i>(Chromolena odaratum)</i>	<i>Mucuna pruriens</i> (البذور)	المثبط ( النبتة )
مستخلص إيثانولي / (1M) HCl	مستخلص إيثانولي / (1M) HCl	نوع المستخلص / الوسط
.....	مثبط مختلط	نوع المثبط
- طريقة فقدان الوزن (WL)	- طريقة ضياع الكتلة (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (PDP, EIS)	طرق الدراسة
20 mL	1000 mg/L	تركيز المثبط
WL: (Ga:76.47%, Gl:85.71%, Ch.o:90.95%)	WL: 82.89% PDP: (EI <sub>RP</sub> = 91.01%) EIS:( IE <sub>Rct</sub> = 91.01%)	كفاءة التثبيط
.....	.....	التقنيات المستعملة
.....	.....	إيزوتارم الامتزاز
أوضحت النتائج أن جميع المستخلصات تعمل كمثبطات في البيئة الحمضية بينما أثبتت أوراق اليزابيت أنها أفضل مثبط من ورق العكازي وأوراق الليطيفوليوم	مثبط فعال لتآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl	النتيجة
[17]	[16]	المرجع



18	17	الرقم
A.S.Fouda et al.	A.Batah et al.	اسم المؤلف
<i>Int .J. Ind. Chem.</i> (vol:8, 2017, p 61-73)	<i>Moroccan Journal of chemistry</i> (vol:5, N°:3, 2017,p 404-416)	اسم المجلة
<b>Mitigation of corrosion of carbon steel in acidic solutions using an aqueous extract of <i>Tilia cordata</i> as green corrosion inhibitor</b>	<b>Electrochemical and thermodynamic study of the inhibitory efficacy of methanol extracts of Rind and Leaves of <i>Grape fruit</i> plant on the corrosion of carbon steel in acidic medium</b>	عنوان المقال
<i>Tilia cordata</i> (الأوراق)	<i>Grape fruit</i> ( القشرة GFR والأوراق GFL )	المثبط ( النبتة )
مستخلص مائي / (1M) HCl	مستخلص ميثانولي / (1M) HCl	نوع المستخلص/ الوسط
مثبط مختلط	مثبط مختلط	نوع المثبط
- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية ( PDP, EFM EIS )	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS,PDP)	طرق الدراسة
300 mg/L	1 g/L	تركيز المثبط
WL: 89.8% PDP:( $E_{Rp}$ = 92.9%) EFM: 73.1% EIS:( $IE_{Rct}$ = 96.5%)	WL: (GFR: 82.44%, GFL:80.33%) PDP: ( $IE_I$ =(GFR:79.89%, GFL: 80.97%)) EIS: ( $IE_{Rct}$ =(GFR: 82.86%, GFL:80.97%))	كفاءة التثبيط
SEM, EDX	OM	التقنيات المستعملة
لونغمير	لونغمير	ايزوتارم الإمتزاز
التوافق الجيد بين النتائج المتحصل عليها تؤدي إلى استنتاج أن المستخلص يمكن استخدامه كمثبط أخضر فعال لتآكل الفولاذ الكربوني في المحاليل الحمضية.	أوضحت النتائج أن المستخلصات المدروسة كانت فعالة حيث أن مستخلص الميثانول للقشرة كان امتزازه فيزيائي أكثر من مستخلص الميثانول للأوراق وبالتالي فمستخلص الأوراق أكثر فعالية من مستخلص القشرة	النتيجة
[19]	[18]	المرجع

20	19	الرقم
Yujie Qiang et al.	L.E.Yahaya et al.	اسم المؤلف
<i>Corrosion science</i> (vol :133, 2018, p6-16)	<i>World Applied Sciences Journal</i> (vol :35, N°:6, 2017, p 985-992)	اسم المجلة
<b>Evaluation of <i>Ginkgo</i> Leaf extract as an eco-friendly corrosion inhibitor of X<sub>70</sub> Steel in HCl solution.</b>	<b>Green and Black Tea(<i>Camellia Sinensis</i>) extract as corrosion inhibitor for mild steel in acid medium.</b>	عنوان المقال
<i>Ginkgo</i> (الأوراق)	( <i>Camellia Sinensis</i> ) الشاي الأخضر GTE والأسود BTE	المثبط (النبتة)
مستخلص كحولي / (1M) HCl	مستخلص إيثانولي / (1M) HCl	نوع المستخلص / الوسط
مثبط مختلط	.....	نوع المثبط
- الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)	طريقة فقدان الوزن(WL)	طرق الدراسة
200 mg/L	0.25 g/L	تركيز المثبط
EIS: ( $IE_{R_{ct}} = 92.5\%$ ) Tafal: ( $IE_T = 92.2\%$ )	We: ( GTE:83.1% ,BTE: 81.7%)	كفاءة التثبيط
FTIR, SEM, PZC	FTIR	التقنيات المستعملة
لونغمير	لونغمير	إيزوتارم الإمتزاز
أكدت النتائج أن المثبط حقق قدرة تثبيط ممتازة للفولاذ X <sub>70</sub> في وسط (1M) HCl.	المستخلصات المدروسة يمكن أن تكون بمثابة مثبطات تآكل ودية صديقة واعدة للبيئة.	النتيجة
[21]	[20]	المرجع

22	21	الرقم
Qihui Wang et al.	R.Fadil et al.	اسم المؤلف
<i>Bioelectrochemistry</i> (vol :128, 2019, p 49-55)	<i>Journal of materials and environmental sciences</i> (vol :9, Issue :1, 2018, p358-369)	اسم المجلة
<b>Evaluation of <i>Ficus Tikoua</i> Leaves extract as an eco-friendly corrosion inhibitor for carbon steel in HCl media</b>	<b>Evaluation of alkaloids extract of <i>Retama monosperma(L) Boiss.stems</i> as a green corrosion inhibitor for carbon steel in pickling acidic medium by means of gravimetric, AC impedance and surface studies</b>	عنوان المقال
<i>Ficus Tikoua</i> (الأوراق)	<i>Retama monosperma(L)</i> (السيقان)	المثبط (النبتة)
HCl / مستخلص مائي	مستخلص قلويدات / (1M) HCl	نوع المستخلص / الوسط
مثبط مختلط	.....	نوع المثبط
- الطريقة الإلكتروكيميائية (PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS)	طرق الدراسة
200 mg/L	400 mg/L	تركيز المثبط
PDP:( $IE_{Rp} = 95.8\%$ )	WL: 83.1% EIS: ( $IE_{R_{cdl}} = 82.6\%$ )	كفاءة التثبيط
FTIR, SEM	SEM, XPS	التقنيات المستعملة
لونغمير	لونغمير	إيزوتارم الإمتزاز
أظهرت تجارب التآكل أن هذا المثبط له قدرة تثبيطية جيدة .	يمكن استخدام المستخلص كمثبط أخضر لتآكل الفولاذ الكربوني في وسط (1M) HCl	النتيجة
[23]	[22]	المرجع

24	23	الرقم
Nkem B. Iroha et al.	J .O.Madu et al.	اسم المؤلف
<i>An International Scientific Journal</i> (vol:126, 2019, p183-197)	<i>Journal of physics : conference series</i> ,(vol :1378, 2019, 022051)	اسم المجلة
<b>Inhibition and adsorption of oil extract of <i>Balanites aegyptiaca</i> seeds on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid environment.</b>	<b>Corrosion inhibition efficiency of <i>Terminalia Catappa</i> Leaves extract on stainless steel in hydrochloric acid.</b>	عنوان المقال
<i>Balanites aegyptiaca</i> (البذور)	<i>Terminalia Catappa</i> (الأوراق)	المثبط (النبتة)
المستخلص الزيتي (مستخلص مائي) / (1M) HCl	مستخلص ايثانولي / (1M) HCl	نوع المستخلص / الوسط
مثبط مختلط لكنه في الغالب أنودي	امتزاز فيزيائي	نوع المثبط
- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL)	طرق الدراسة
300 ppm	0.09 g/L	تركيز المثبط
WL: 98% PDP: ( $IE_{Rp} = 92\%$ ) EIS: ( $IE_{Rct} = 93.9\%$ )	WL: 97.88%	كفاءة التثبيط
SEM	SEM	التقنيات المستعملة
تمكين	تمكين، فراندأيش	ايزوتارم الامتزاز
يعمل مستخلص الزيت المدروس كمثبط فعال لتآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl	تم التوصل إلى أن هذا المثبط أظهر تأثيرات مثبطة جيدة لتآكل الفولاذ في وسط (1M) HCl	النتيجة
[25]	[24]	المرجع

26	25	الرقم
O.O.Ogunleye et al	Moha. Afrokh. Et al	اسم المؤلف
<i>Heliyon</i> ( vol :6, 2020, issue :1, e03205)	<i>Analytical. Bioanalytical. Electrochemistry</i> (vol :12, N°2, 2020, p193-207)	اسم المجلة
<b>Green corrosion inhibition and adsorption characteristics of <i>Luffa Cylindrica</i> leaf extract on mild steel in hydrochloric acid environment</b>	<b><i>Cystoseira Gibraltarica</i> extract as an environmentally susbinable corrosion inhibitor for carbon steel in HCl medium</b>	عنوان المقال
<i>Luffa Cylindrica</i> (الأوراق)	<i>Cystoseira gibraltarica</i> (الطحالب البنية)	المثبط (النبتة)
مستخلص ايثانولي HCl (0.5M)	مستخلص ميثانولي / HCl (1M)	نوع المستخلص / الوسط
.....	مثبط مختلط	نوع المثبط
- طريقة فقدان الوزن (WL)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكترونية كيميائية (PDP, EIS)	طرق الدراسة
1 g/L	0.80 g/L	تركيز المثبط
WL : 87.89%	WL : 86.7% PDP : 89.6% EIS: ( $IE_{R_{ct}} = 90.3\%$ )	كفاءة التثبيط
SEM, FTIR, GC-MS	.....	التقنيات المستعملة
لونغمير	لونغمير	ايزوتارم الامتزاز
اظهر المستخلص خاصية تثبيطية جيدة لتآكل الفولاذ في وسط HCl (0.5M)	أظهرت النتائج أهمية استخدام هذا المستخلص باعتباره مثبط تآكل مستدام بيئياً للفولاذ الكربوني	النتيجة
[27]	[26]	المرجع

الجدول (IV-2): قائمة المستخلصات النباتية كمثبطات خضراء في وسط حمضي ( $H_2SO_4$ ) للفولاذ.

الرقم	1	2
اسم المؤلف	Peter C. Okafor et al.	P. R. Vijayalakshmi et al.
اسم المجلة	<i>International Journal of Electrochemical science</i> (Vol:5,2010,p: 978-993)	<i>E-Journal of Chemistry</i> (Vol :7,No:3 2010,p:1055-1065)
عنوان المقال	<b>Azadirachta Indica Extracts as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acid Medium</b>	<b>Inhibitory Action of <i>Borassus Flabellifer Linn. (Palmyra Palm) Shell Extract</i> on Corrosion of Mild Steel in Acidic Media</b>
المثبط (النبة)	<i>Azadirachta Indica</i> (الأوراق(LV), البذور(SD), الجذور(RT))	<i>Borassus Flabellifer Linn(Palmyra Palm)</i> (القشرة)
نوع المستخلص/ الوسط	مستخلص حمضي/ $H_2SO_4$ (2M)	مستخلص مائي / $H_2SO_4$ (0.5M)
نوع المثبط	.....	مثبط مختلط
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - تقنية قياس غاز الهيدروجين (HEM)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكترونية كيميائية (EIS, PDP)
تركيز المثبط	4g/L	3 % v/v
كفاءة المثبط	We : ( LV:60.4%, RT:66.8%, SD:81.8%) HEM : (LV:40.1%, RT:54.7%, SD:58.1%)	We : (97.65%) EIS: ( $IE_{RCT} = 95.5\%$ ) Tafal: ( $EI_T = 88.29\%$ ) PDP: ( $EI_{Rp} = 72.58\%$ )
التقنيات المستعملة	.....	GC-MS
إيزوتارم الامتزاز	فراندليش	لونغمير, تمكين
النتيجة	أظهرت النتائج المتحصل عليها أن مستخلصات البذور (SD) والجذور (RT) والأوراق (LV) على التوالي تعمل كحد معقول على تثبيط تآكل الفولاذ في محلول $H_2SO_4$ (2M)	أثبتت النتائج بأن مستخلص القشور مثبط محتمل للفولاذ، مستخلص فعال وصديق للبيئة.
المرجع	[28]	[3]

الرقم	3	4
اسم المؤلف	Maduabuchi A . chidiebere et al.	Jamiu k.Odusote et al.
اسم المجلة	<i>Industrial &amp; Engineering Chemistry Research</i> (Vol :51,2012, p:668-677)	<i>Journal of Electrochemical science and Technology</i> (Vol:14, No:2, 2013, p:81-87)
عنوان المقال	<b>Corrosion inhibition and Adsorption behavior of <i>punica granatum</i> extracts on mild steel in acidic environments: Experimental and theoretical studies</b>	<b>Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by <i>Jathropha curcas</i> leaves extract</b>
المثبط (النبتة)	<i>Punica granatum</i> (القشرة)	<i>Jathropha curcas</i> (الأوراق)
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص إيثانولي / (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	مستخلص حمضي / (2M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
نوع المثبط	مثبط مختلط	.....
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL)
تركيز المثبط	600 mg /L	10ml
كفاءة التثبيط	WL : 92% EIS: ( $IE_{RCT} = 80\%$ ) Tafal: (EI <sub>I</sub> = 83.3%)	WL: 93.33%
التقنيات المستعملة	DFT	OEM
ايزوتارم الامتزاز	لونغمير	لونغمير
النتيجة	مستخلص يمنع بشكل فعال تآكل الفولاذ في وسط (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	وجد أن مستخلص الأوراق بمثابة مانع جيد لتآكل الفولاذ.
المرجع	[8]	[29]

الرقم	5	6
اسم المؤلف	Gopal ji et al.	Saviour A.unoren et al.
اسم المجلة	<i>International Journal of Electrochemical science</i> (Vol:8, 2013, p:10878-10889)	<i>Journal of Environmental chemical Engineering</i> (Vol:2, 2014, p: 1048-1060)
عنوان المقال	<b>Argemone Mexicana leaf extract for inhibition of mild steel corrosion in sulfuric acid solution</b>	<b>Inhibition of mild steel corrosion in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution by coconut coir dust extract obtained from different solvent systems and synergistic effect of iodide ions: Ethanol acetone extracts</b>
المثبط (النبتة)	<i>Argemone Mexicana</i> (الأوراق)	<i>coconut coir</i> (مستخلص الغبار)
نوع المستخلص/ الوسط	مستخلص مائي / (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	مستخلص إيثانولي (1) ومستخلص أسيتوني (2) / (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
نوع المثبط	مثبط مختلط	مثبط مختلط
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS,PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS,PDP)
تركيز المثبط	600 mg/L	0.5 g/L
كفاءة التثبيط	WL: 86% EIS: ( $IE_{R_{cdl}} = 84%$ ) Tafal: ( $EI_f = 87%$ )	WL: [ (1): 79.9%, (2): 69.4%] EIS: $IE_{R_{cdl}} = [ (1) : 75.4%, (2): 62.4%]$ PDP: $EI_f = [ (1) : 58.9% , (2) : 36.8%]$
التقنيات المستعملة	FTIR, OM	AFM, FTIR
ايزوتارم الامتزاز	لونغمير	فراندليش
النتيجة	وجد أن مستخلص الأوراق له إمكانية عالية لتثبيط تآكل الفولاذ.	تعمل مستخلصات الإيثانول والميثانول لغبار جوز الهند كمثبط معتبر لتآكل الفولاذ في محلول (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
المرجع	[30]	[31]



الرقم	7	8
اسم المؤلف	Chris O.Akalezi et al.	Obiukwu Osita et al
اسم المجلة	<i>International Journal Ind chem</i> (vol:6, 2015,p273-284)	<i>International letters of chemistry ,physics and astronomy</i> (vol:66,2016 p 25-37)
عنوان المقال	<b><i>Rothmannia longiflora</i> extract as corrosion inhibitor for mild steel in acidic media</b>	<b>The inhibitive effect of <i>Gnetum Africanum</i> , <i>Gongronema Latifolium</i> and <i>Chromolena Odaratum</i> extract on corrosion of stainless steel in 1M HCL and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution</b>
المثبط (النبتة)	<i>Rothmannia longiflora</i> (الأوراق)	( <i>Gnetum africanum</i> )(Ga) (أوراق عكازي) ( <i>Gongronema latifolium</i> )(GL) (أوراق اللطيفوليوم) ( <i>Chromolena odaratum</i> )(Ch.o) (أوراق اليزابيت)
نوع المستخلص / الوسط	مستخلص مائي / (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	مستخلص ايثانولي / (1M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
نوع المثبط	مثبط كاتودي في H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	.....
طرق الدراسة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS, PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL)
تركيز المثبط	1000 mg/L	20 mL
كفاءة التثبيط	WL: 96.5% EIS: ( $IE_{R_{ct}} = 88.51\%$ ) PDP: ( $EI_{Rp} = 85.46\%$ )	WL: (Ga: 67.08% , Gl :60.68% Ch.o :58.03%)
التقنيات المستعملة	.....	.....
ايزوتارم الامتزاز	لونغمير	.....
النتيجة	يعمل كمثبط جيد للتآكل للفولاذ الكربوني في H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5M).	أظهرت المستخلصات تأثير جيد على تآكل الفولاذ المقاوم للصدأ في البيئة الحمضية.
المرجع	[14]	[17]

10	9	الرقم
Akhil Saxena et al.	Karim H .Hassan et al.	اسم المؤلف
<i>Journal of Molecular liquids</i> (vol :258, 2018, p89-97)	<i>South african Journal of chemical engineering</i> (vol :22, 2016, p1-5)	اسم المجلة
<b>Use of <i>Saraca Ashoka</i> extract as green corrosion inhibition for mild steel in 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b><i>Citrus aurantium</i> leaves extracts as a sustainable corrosion inhibitor of mild steel in sulphuric acid</b>	عنوان المقال
<i>Saraca Ashoka</i> (البذور)	<i>Citrus aurantium</i> (الأوراق)	المثبط (النبتة)
مستخلص ايثانولي / (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	مستخلص حمضي / (1M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	نوع المستخلص / الوسط
مثبط مختلط	.....	نوع المثبط
- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (EIS,PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL)	طرق الدراسة
100 mg/L	100 ml/L	تركيز المثبط
WL: 89.98% Tafal:(IE <sub>1</sub> = 95.48%) EIS:IE <sub>Rct</sub> = 93.09%	WL: 89%	كفاءة التثبيط
FTIR, UV-Vis AFM, SEM	SEM, FTIR	التقنيات المستعملة
لونغمير	لونغمير	ايزوتارم الامتزاز
يعمل هذا المثبط بحد كبير جدا على تثبيط التآكل للفولاذ في وسط (0.5M) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> بتركيز منخفض للغاية.	يعمل المستخلص الحمضي بشكل جيد و فعال مثبط تآكل للفولاذ الكربوني في وسط حمض الكبريت.	النتيجة
[33]	[32]	المرجع

الجدول (III-3): قائمة المستخلصات النباتية كمثبطات خضراء للفولاذ في وسط حمضي (مذكرات).

الرقم	1	2
اسم المؤلف	H.Amrat et H.Samia	نموسة التجاني يحي
نوع البحث	مذكرة مهندس دولة، جامعة ورقلة، 2007	مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، 2007
عنوان المذكرة	Etude de l'effet inhibiteur de corrosion des extraits aqueux de quelques plantes	دراسة فعالية بعض النباتات الصحراوية كمثبطات للتآكل في أوساط مائية
المعدن المدروس	الفولاذ الكربوني (X52)	الفولاذ الكربوني (X52)
المثبط	الايذير الاكليلي (Ro)، القرطوفة (Co) الشيح (Ar)، الرثم (Re). (النبتة كاملة)	شجرة الطرفا (a) نبات العقة (b)
نوع المستخلص/الوسط	مستخلص مائي/ HCl (20%)	مستخلص مائي/ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1M)
نوع المثبط	-----	مثبط أنودي
الطريقة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (PDP)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الإلكتروكيميائية (PDP)
تركيز المثبط	C <sub>(WL)</sub> : [(Ro:1600ppm, Co:800ppm, Re:1800ppm, Ar:2200ppm)] C <sub>(PDP)</sub> : [(Ro :800ppm, CO :400ppm, Re :2000ppm)]	1400ppm
كفاءة التثبيط	IE <sub>(WL)</sub> : [(Ro :92.62%, Co :97.19%, Re :93.24%, Ar :99.1%)] PDP: IE <sub>RP</sub> = [(Ro :94.43%, Co :95.59%, Re :95.38%)]	IE <sub>(WL)</sub> : ( a: 98.31% , b: 96.69%) PDP: IE <sub>RP</sub> = ( a: 96.54% , b: 98.07%)
النتيجة	بينت النتائج أن النباتات المعنية لديها قدرة تثبيطية جيدة ضد تآكل الفولاذ X52 في الوسط الحمضي.	من خلال النتائج المتحصل عليها نستنتج أن كلا المستخلصين لديه أثر تثبيطي جيد لتآكل الفولاذ المدروس.
تقنيات التحليل المستعملة	-----	-----
ايزوتارم الامتزاز	-----	-----
رقم المرجع	[34]	[35]

4	3	الرقم
Aissa Tounsi	Moulay Yamina	اسم المؤلف
رسالة دكتوراه، جامعة ورقلة، 2020	مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، 2012	نوع البحث
Evaluation de l'activité antioxydante et de l'effet anticorrosif des extraits phenolique de plantes locales ( <i>Plantago ciliata</i> et <i>Thymelia microphylla</i> ).	investigation phythimique de <i>l'acacia arabica</i> aux propriéts antioxydantes et inhibitrices.	العنوان
الفولاذ الكربوني (X52)	الفولاذ الكربوني (X52)	المعدن المدروس
- <i>Plantago ciliata</i> (A) - <i>Thymelia microphylla</i> (B) (الجزء الهوائي)	<i>Acacia arabica</i> (بذور شجرة العمورة)	المثبط
مستخلص فينولي ( مستخلص ميثانول/ماء) (1M) HCl / (20/80)	مستخلص الأسيتون (C <sub>1</sub> )، مستخلص الميثانول (C <sub>2</sub> ) / (1N) HCl	نوع المستخلص/ الوسط
A: مثبط مختلط B: مثبط أنودي	مثبط كاثودي	نوع المثبط
-طريقة فقدان الوزن (WL) - الطرق الإلكترونية (PDP, EIS)	- الطرق الإلكترونية (PDP, EIS)	الطريقة
C <sub>(WL)</sub> : (A,B :5ppm) C <sub>(PDP)</sub> : (A :20ppm, B :5ppm) C <sub>(EIS)</sub> : (A:25ppm, B20ppm)	2000ppm	تركيز المثبط
IE <sub>(WL)</sub> : (A :53.57%, B :58.91%) PDP: IE <sub>(Rp)</sub> = (A :60.58%, B :50.11%) EIS: IE <sub>Rct</sub> = (A:83.07%, B:79.46%)	Tafal: IE <sub>(I)</sub> = (C <sub>1</sub> :74.10%, C <sub>2</sub> :71.45%) EIS: IE <sub>cal</sub> = (C <sub>1</sub> :76.82%, C <sub>2</sub> :66.67%)	كفاءة التثبيط
أثبتت النتائج المتحصل عليها من الدراسات كفاءة معتبرة لتثبيط التآكل من طرف المستخلصين.	بينت نتائج هذه التجارب امكانية استخدام المستخلصات كمثبطات فعالة ضد تآكل الفولاذ (X52) في الوسط الحمضي و كان مستخلص الأسيتون الأكثر فعالية.	النتيجة
-----	-----	تقنيات التحليل المستعملة
لونغمير	لونغمير	ايزوتارم الامتزاز
[37]	[36]	رقم المرجع

الرقم	5	6
اسم المؤلف	Lefahal Mostefa	بن منين عبد القادر
نوع البحث	رسالة دكتوراه، جامعة قسنطينة، 2014	رسالة دكتوراه، جامعة ورقلة، 2017
العنوان	Etude phytochimique, biologique et activité anticorrosion de trois plantes médicinales algériennes appartenant aux famille <i>Plumbaginaceae</i> , <i>Tamaricaceae</i> et <i>Apiaceae</i>	Etude de l'effet inhibitrice des extraits de plantes sur la corrosion de l'acier (CX52)
المعدن المدروس	الفولاذ الكربوني (APISL GrB)	الفولاذ الكربوني (X52)
المثبط	<i>Limonium thouinii</i> (viv) <i>O.kuntze</i> (الجزء الهوائي)	القرطوفة (Co), الرثم (Re) (الجزء الهوائي والأرضي)
نوع المستخلص/ الوسط	مستخلص أسيتات الإيثيل/HCl (1M)	مستخلص مائي/ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (20%)
نوع المثبط	-----	مختلط
الطرق	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطرق الكهروكيميائية (PDP, EIS)	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطريقة الكهروكيميائية (PDP)
تركيز المثبط	400ppm	C <sub>(WL)</sub> : (Co :800ppm Re :1800ppm) C <sub>(PDP)</sub> : (Co:400ppm, Re:2000ppm)
كفاءة التثبيط	IE <sub>(WL)</sub> : 72.72% PDP: IE <sub>(Rp)</sub> = 68.75% EIS: IE <sub>RCT</sub> = 70.21%	IE <sub>(WL)</sub> : (Co: 97.19%, Re: 93.24%) PDP: IE <sub>(I)</sub> = (Co: 95.59%, Re: 95.38%)
النتيجة	أظهرت النتائج أن مستخلص أسيتات الإيثيل يعتبر مثبط جيد لتآكل الفولاذ المدروس.	أظهرت المستخلصات المستخدمة في هذه الدراسة فعالية جيدة في تثبيط تآكل الفولاذ (X52) في محلول حمض الكبريت، وبينت النتائج أن مستخلص (Co) كان أفضل مثبط.
تقنيات التحليل المستعملة	-----	MEB
ايزوتارم الامتزاز	-----	لونغمير
رقم المرجع	[38]	[39]

الرقم	7	8
اسم المؤلف	بلغار آسيا	Selles chaouki
نوع البحث	رسالة دكتوراه، جامعة ورقلة، 2018	رسالة دكتوراه، جامعة تلمسان، 2012
العنوان	دراسة القدرة التثبيطية للأكسدة وللبيكتيريا وللتآكل للمستخلصات الفينولية لنبات <i>limoniastrum guyonianum</i> (Dur)	Valorisation d'une plante médicinale à activite antidiabetique de la région de tlemcen : <i>Anacyclus pyrethrum</i> L Application de l'extrait aqueux à l'inhibition de corrosion d'un acier dans H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5M)
المعدن المدروس	الفولاذ الكربوني(X52)	الفولاذ اللين
المثبط	<i>limoniastrum guyonianum</i> (Dur) (الجزء الهوائي)	<i>Anacyclus pyrethrum</i> [ الاوراق+السيقان (LS)، الأزهار (F)، الجذور (R) ]
نوع المستخلص / الوسط	مستخلصات فينولية لطور خلاص الايثيل والبيتانول A .B.C.D (1M HCl)/	مستخلص مائي / H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5M)
نوع المثبط	-----	مثبط مختلط
الطريقة	- طريقة فقدان الوزن (WL) - الطرق الكهروكيميائية (EIS , PDP)	الطرق الكهروكيميائية (PDP, EIS)
تركيز المثبط	C <sub>(WL)</sub> : (A:0.015 B :0.02, C:0.025, D:0.001)g/l C <sub>(PDP)</sub> : (A :0.015, B: 0.015, C: 0.02, D:0.005 )g/l C <sub>(EIS)</sub> :(A :0.015, B: 0.025, C:0.02, D:0.015) g/l	350mg/L
كفاءة التثبيط	IE <sub>(WL)</sub> : (A:64.27, B: 64.17, C:54.66, D:30.98)% PDP: IE <sub>(Rp)</sub> = (A:80.79, B: 93.43, C:78.99, D:73.77)% EIS:IE <sub>R<sub>ct</sub></sub> = (A: 61.65, B:32.09, C:46.87, D: 31.14)%	PDP: IE <sub>(Rp)</sub> = (LS : 76%, F: 80%, R: 64%) IE <sub>(l)</sub> = (LS : 82%, F: 84%, R: 80%) EIS: IE <sub>R<sub>ct</sub></sub> = (LS :87%, F: 89%, R: 79%)
النتيجة	تم تقدير الفعالية التثبيطية للمستخلصات على تآكل الفولاذ الكربوني (X52) في الوسط الحمضي بشكل جيد، وكان المستخلص A هو الأكثر فعالية.	أثبتت النتائج أن المستخلص المائي لكل جزء من النبتة يمنع بشكل فعال تآكل الفولاذ الطري في وسط حمض الكبريت (0.5M)، حيث أن مستخلص (LS) كان أفضل المستخلصات.
تقنيات المستعملة	-----	MEB
ايزوتارم الامتزاز	لونغمير	لونغمير
رقم المرجع	[40]	[41]

III-2. الدراسة التحليلية النظرية لتطبيق المستخلصات النباتية كمثبطات لتآكل الفولاذ للقيام بهذه الدراسة التحليلية اخترنا بعض العينات من المراجع المدروسة سابقا في الجدولين (I-III) و (II-III) للتعرف أكثر على مختلف الطرق المستعملة لدراسة ظاهرة تآكل الفولاذ المستخدم في العديد من الصناعات الحديثة والتي أصبحت محل اهتمام للعديد من الباحثين.

الجدول (III-4): تحليل مقال ل **Inhibitive effect of xylopia ferruginea extract on the corrosion of mild steel in 1M HCl medium.**

Inhibitive effect of xylopia ferruginea extract on the corrosion of mild steel in 1M HCl medium.	العنوان
Randian Bothi raja et la	المؤلف
International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, 2011,18(4), pp413-418.	المجلة
تهدف هذه الدراسة لتطوير المثبطات الطبيعية لمحاربة ظاهرة التآكل حيث تم اختيار أوراق لحاء الساق لنبات ( <i>Xylopia ferruginea</i> ) المنتمي لعائلة Annonaceae كمستخلصات خضراء واختبار قدرتها على مقاومة تآكل الفولاذ اللين (SM) في وسط حمض الهيدروكلوريك باستخدام الطرق الإلكتروكيميائية وبالإستعانة بتقنيتي (SEM) و (FTIR) للحصول على نتائج تجريبية تكشف عن تشكل الطبقة الواقية ومكوناتها الكيميائية المسؤولة على فعالية التثبيط.	ملخص حول الدراسة
شبه جزيرة ماليزيا	منطقة جمع النبات
تحضير المستخلص	
تم تحضير المستخلص عن طريق التسخين بالارتداد ل 300g من الأوراق المجففة ولحاء الساق لنبات ( <i>Xylopia ferruginea</i> ) وبشكل منفصل مع 10% من HCl وأملاح قاعدية لمدة 24h، بعدها تخضع لعملية الترشيح ثم معادلتها بواسطة 10% من NaOH حتى درجة الحموضة (pH=8) لتحرير القاعدة من الملح، وتعاد عملية التسخين بالارتداد للمحاليل المحايدة لمدة 24h، ثم يستخلص بالكوروفورم بعدها تبخير الطور العضوي والحصول على المواد الناتجة مجففة (مسحوق يذاب في حمض الكبريت للدراسة).	طرق الدراسة التطبيقية
وسط التآكل	
في هذه الدراسة تم تحضير محلول حمض كلور الماء (HCl) من الحمض المركز ذو النقاوة (p=37%) والكثافة (d=1.18) والكتلة المولية (M=36.5g/mol).	
الطرق الإلكتروكيميائية	

❖ طريقة منحنيات الإستقطاب:

سجل منحنى الاستقطاب في درجة حرارة الغرفة ( $30 \pm 2 \text{ C}^\circ$ ) وذلك بغمر الأقطاب الثلاثة في المحلول المدروس لمدة 30min في الظروف الطبيعية.  
و تحسب الكفاءة التثبيطية (IE) من قيم ( $I_{corr}$ ) المأخوذة من منحنيات الاستقطاب باستخدام المعادلة (1) التالية:

$$IE = \left(1 - \frac{I_{corr(i)}}{I_{corr(o)}}\right) \cdot 100 \dots \dots \dots (1)$$

❖ الممانعة الكهروكيميائية:

تجرى قياسات مقاومة التيار في تردد يتراوح من 0.1 HZ إلى 10000 HZ عند كمون التآكل المحتمل ( $E_{corr}$ ) بسعة 10mv ليتم الحصول على مخططات الممانعة على شكل منحنيات نيكويست.

ويتم حساب الكفاءة التثبيطية (IE) للمستخلصات من مقاومة الانتقال الشحني ( $R_{ct}$ ) باستخدام المعادلة (2):

$$IE = \left(1 - \frac{R_{ct(o)}}{R_{ct(i)}}\right) \cdot 100 \dots \dots \dots (2)$$

حيث  $R_{ct(i)}$  و  $R_{ct(o)}$  هي مقاومة الانتقال الشحني ل (MS) مع أو بدون المثبط، على التوالي.

تقنيات دراسة سطح المعدن

❖ تحليل SEM:

تم استخدام جهاز (SEM LEO SUPRA 50VP) الماسح المجهر الإلكتروني لرصد تغيرات شكل السطح حيث تم غمر العينات الفولاذية المصقولة ذات الأبعاد (2,3cm .2,3cm) في وسط 1M HCl في وجود وغياب 100ppm من المثبطات الخضراء لمدة 6h. ثم يتم تنظيف العينات بالماء المقطر وتجفيفها بالهواء البارد.

❖ تحليل FTIR:

تم تحليل كل من المثبط المعزول والطبقة الواقية المتشكلة على سطح الفولاذ بشكل منفصل عن طريق التحليل الطيفي (FTIR). وتتم هذه الدراسة بغمر العينات في وسط التآكل الذي يتكون من المحلول الحمضي و 100ppm من المثبط لمدة 72h مما أدى إلى تكوين طبقة رقيقة واقية على سطح الفولاذ حيث تم خدشها بعناية وتحليلها بواسطة التحليل الطيفي باستخدام جهاز (Perkin Elmer Systeem 2000 FTIR).

الطرق الإلكترونية كيميائية



❖ تم الحصول على منحنيات تافال النموذجية من خلال دراسة الاستقطاب الديناميكي لمستخلصات (*X. ferruginea*) في وسط حمض HCl ومنه تم حساب (IE) من قيم كثافة تيار التآكل ( $I_{corr}$ ) الناتجة من استقرار منطقتي تفال الأنودية والكاثودية الموضحة في الجدول التالي:

الجدول (III-4-1): نتائج دراسة الإستقطاب لتأثير مستخلصات *X.ferruginea* على الفولاذ في وسط HCl (1M)

IE%	$b_c$ (mv)	$b_a$ (mv)	$I_{corr}$ ( $\mu A.cm^2$ )	$E_{corr}$ (mv)	تركيز المثبط ppm	جزء النبتة المستعمل
-	102	119	1043	-487	0	بدون مثبط
75	89	111	253	-504	15	ن الأوراق
81	98	106	193	-461	25	
82	99	116	189	-478	50	
85	94	98	149	-478	100	
88	88	104	118	-493	15	خ لا اللحاء ل
89	86	101	109	-479	25	
90	99	116	105	-483	50	
92	98	114	76	-488	100	

النتائج و  
المناقشة

النتائج المتحصل عليها والمدونة في الجدول أعلاه نلاحظ أن إضافة المثبطات تقلل من قيم كثافة تيار التآكل في جميع التراكيز المدروسة للمثبطات الخضراء، وهذا ما يؤكد أن المثبطات تقلل من معدل التآكل ل MS في وسط (HCl) لينتج عنه الحد الأقصى من IE والتي بلغة قيمتها 85% و 92% لمستخلصات الأوراق واللحاء على التوالي وعند نفس التركيز 100ppm من المثبط، علاوة على ذلك تؤدي إضافة المثبطات إلى تغير قيم  $E_{corr}$  في كلا الاتجاهين الكاثودي والانودي ومنه التغير أيضا في القيمتين  $b_a$  و  $b_c$  وهذا يدل على أن مستخلصات الأوراق واللحاء تعملان كمثبطات مختلطة.

❖ سجلت نتائج المقاومة لمستخلصات الأوراق ولحاء الساق في وسط (1M HCl) على شكل منحنيات نيكويست ومنها تم إيجاد المقادير الكيميائية المتمثلة في سعة الطبقة المزدوجة الكهربائية ( $C_{dl}$ ) ومقاومة الانتقال الشحني ( $R_{ct}$ ) ومردود التثبيط (IE) كما هي موضحة في الجدول الموالي:

الجدول (III-4-2): نتائج دراسة الممانعة لتأثير مستخلصات (*X.ferruginea*) على الفولاذ في وسط 1M HCl.

IE %	C <sub>dl</sub> ( $\mu\text{F.cm}^{-2}$ )	R <sub>ct</sub> ( $\Omega\text{.cm}^2$ )	تركيز المثبط Ppm	جزء النبتة المستعمل
-	238	18.22	0	بدون مثبط
63	263	50.34	5	الأوراق
72	225	65.05	10	
76	220	77.59	15	
82	207	104.76	20	
85	203	126.43	25	
86	199	132.77	50	
87	191	141.58	100	
24	192	24.01	5	اللحاء
43	183	32.07	10	
59	180	44.95	15	
67	175	54.87	20	
86	167	130.81	25	
87	157	143.90	50	
88	152	151.19	100	

❖ من النتائج المدونة في الجدول أعلاه يتضح أن إضافة هذه المثبطات الخضراء تزيد من مقاومة الانتقال الشحني والتي بالمقابل تزيد من كفاءة التنشيط فتصل قيمة (IE) إلى الحد الأقصى بالغة 87% و 88% بمقاومة انتقال شحني  $141.85(\Omega\text{.cm}^2)$  و  $151.19(\Omega\text{.cm}^2)$  عند التركيز 100(ppm) لكل من مستخلصات الأوراق ولحاء الساق على التوالي، ونلاحظ أيضا النقصان في قيم C<sub>dl</sub> وذلك بسبب إمتزاز المكونات النباتية الموجودة على سطح المعدن وتشكيلها للطبقة الواقية.

#### تقنيات دراسة سطح المعدن

❖ تكشف مقارنة صور SEM انه تم تقليل التآكل بشكل كبير بواسطة المثبطات الخضراء كما تكشف أيضا تشكل الطبقة الواقية المتكونة من المستخلصات النباتية فوق سطح الفولاذ وهي السبب في منع التآكل.

❖ نلاحظ من خلال التحليل الطيفي (IR) أن المستخلصات النباتية المدروسة تحتوي العديد من المركبات الكيميائية كمجموعات الامين، مجموعات الهيدروكسيل و القلويدات، وهذا يشير إلى أن مستخلصات الأوراق ولحاء الساق لنبات (*X.ferruginea*) غنية بالمركبات الفعالة التي تؤدي إلى تشكيل طبقة واقية تعمل على حماية سطح الفولاذ من التآكل.

<p>✓ وجد أن IE يزداد مع زيادة تركيز المثبط، حيث تم الحصول على الحد الأقصى له عند تركيز 100 ppm من المثبطات.</p> <p>✓ تظهر دراسات الممانعة أن إضافة المثبطات يزيد من مقاومة الفولاذ.</p> <p>✓ تشير قياسات الاستقطاب الديناميكي أن كلا من المستخلصات الأوراق واللحاء تتصرف كنوع مثبط مختلط.</p> <p>✓ نتائج تحليل SEM تثبت امتزاز جزيئات المثبطات على سطح الفولاذ.</p> <p>✓ تظهر دراسات التحليل الطيفي (FTIR) وجود قلويدات في المستخلصات النباتية وكذلك في الطبقة الواقية المتشكلة على سطح الفولاذ.</p> <p>✓ وجد أن مستخلص لحاء الساق يبدي فعالية أفضل في تثبيط تآكل الفولاذ من مستخلص الأوراق.</p>	<p>الخلاصة</p>
--	----------------

**الجدول(III-5): تحليل مقال ل *Argemone mexicana* leaf extraact for inhibition of mild steel corrosion in sulfuric acid solutions.**

العنوان	<i>Argemone mexicana</i> leaf extraact for inhibition of mild steel corrosion in sulfuric acid solutions.
المؤلف	Gopal Ji et la
المجلة	<i>International Journal of Electrochemical science</i> 2013, 8, pp10878-10889.
ملخص حول الدراسة	التكلفة العالية للمثبطات الاصطناعية لظاهرة التآكل حفزت المعنيين على إيجاد مثبطات رخيصة وعملية كالمثبطات الخضراء فوقع الاختيار في هذا العمل على نبات ( <i>Argemone mexicana</i> ) المنتمي لعائلة Papaveraceae لدراسة فعالية مستخلصاته ضد التآكل حيث تم التحقق من كفاءته التثبيطية من خلال الطرق الكلاسيكية والطرق الإلكترونية كيميائية ومراقبة تأثيره على سطح المعدن المدروس بواسطة المجهر الضوئي ودراسات FTIR.
منطقة جمع النبات	الهند
	<b>تحضير المستخلص</b>
	تم جمع 100g من أوراق نبات ( <i>A.mexicana</i> ) من الحقل وغسلها جيدا ، ثم تجفيفها لمدة يومين في درجة حرارة الغرفة، بعدها تسحق في المطحنة بشكل جيد حتى الحصول على مسحوق ليضاف إليه 100ml من الماء المقطر ثم الاحتفاظ به لمدة 48h مع التقليب المستمر، ثم القيام بعملية الاستخلاص وتليها عملية الطرد المركزي للخليط، بعدها تجفف

<p>البقايا التي تم الحصول عليها من العملية الاخيرة في الفرن عند درجة الحرارة 40C° ليلة كاملة، ومنه تصبح جاهزة لتحضير محلول الدراسة بإذابة 1g منها في 10ml من الماء المقطر.</p>	<p>طرق الدراسة التطبيقية</p>
<p>وسط التآكل</p>	
<p>تم استخدام محلول حمض الكبريت (0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) في هذه الدراسة كوسط آكال، حيث تم الحصول على التركيز المطلوب للحمض بتخفيف حمض H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> المركز ذو درجة النقاوة 98% بواسطة الماء المقطر.</p>	
<p>الطرق الكلاسيكية</p>	
<p>❖ <b>طريقة فقدان الوزن:</b> تم أخذ عينات من الفولاذ بأبعاد (1 x 1 x 0.02cm<sup>2</sup>) وتحضيرها للدراسة بصقل أسطحها بالورق الكاشط ذو درجات مختلفة، بعدها تنظف باستخدام الأسيتون، ثم تغمر العينات المحضرة لمدة 5h في 100ml من الحمض بتراكيز مختلفة من المثبط مع تسجيل الوزن المفقود في كل مرة. كما يتم سحب العينات وتنظيفها بالماء المقطر ثم تجفيفها في الفرن لمدة 30min بين كل فترة وفترة من الغمر. تحدد كفاءة التثبيط باستخدام المعادلة (3) لكل تركيز من المثبط: <math display="block">R\% = \left( \frac{w_0 - w_i}{w_0} \right) \cdot 100 \dots \dots \dots (3)</math> ويظهر تأثير المثبط على تآكل الفولاذ بشكل كبير بمعامل تغطية السطح (<math>\theta</math>) والذي يرتبط مباشرة بسلوك الإمتزاز للمثبط على سطح الفولاذ، تم الحصول عليه من قبل العلاقة (4): <math display="block">\theta = \frac{w_0 - w_i}{w_0} \dots \dots \dots (4)</math> حيث <math>w_0</math> و <math>w_i</math> وزن العينات المغمورة في المحلول الحمضي بدون ومع وجود المثبط على التوالي. ويتم حساب معدل التآكل لكل تركيز من المستخلص بالمعادلة (5): <math display="block">Cr = \frac{87,6 W}{t d} \dots \dots \dots (5)</math> حيث <math>w</math> هو الوزن المفقود ب (cm<sup>2</sup>) من العينة عند تركيز معين للمثبط و <math>t</math> هو زمن الغمر بالساعة و <math>d</math> كثافة المواد المستعملة (الفولاذ <math>d = 7,86 \text{ g.cm}^{-3}</math>).</p>	
<p>الطرق الإلكترونية كيميائية</p>	
<p>❖ <b>طريقة منحنيات الإستقطاب:</b> حيث أجريت التجارب على عينات الفولاذ (1cm<sup>2</sup>) باستخدام 100ml من الحمض في</p>	

درجة حرارة الغرفة.

تحدد كفاءة التثبيط باستخدام قيم  $I_{corr}$  من العلاقة (6):

$$IE\% = \left( \frac{I_{corr}^0 - I_{corr}^i}{I_{corr}^0} \right) \cdot 100 \dots \dots \dots (6)$$

حيث  $I_{corr}^0$  و  $I_{corr}^i$  كثافة تيار التآكل في غياب ووجود المثبط على التوالي  
 ❖ الممانعة الكهروكيميائية:

تم إجراء اختبار التحليل الطيفي للمقاومة في مجال التردد من 100KHZ إلى 10mHZ باستخدام إشارة سعتهها 5mV. تحدد كفاءة التثبيط في هذه الطريقة باستخدام العلاقة (7).

$$IE_{R_{ct}}\% = \left( \frac{R_{ct}^i - R_{ct}^0}{R_{ct}^i} \right) \cdot 100 \dots \dots \dots (7)$$

حيث  $R_{ct}^i$  و  $R_{ct}^0$  عبارة عن مقاومات نقل الشحنة للعينات المثبطة وغير المثبطة على التوالي.

ويتم مراقبة خاصية سطح القطب عن طريق تغير قيم سعة الطبقة المزدوجة  $C_{dl}$  المحسوبة بالعلاقة التالية:

$$C_{dl} = (Y_0 \cdot R_t^{1-n})^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots (8)$$

حيث  $Y_0$  هو التردد الزاوي و  $n$  هو معامل السطح.

### تقنيات دراسة سطح المعدن

#### ❖ الفحص المجهرى البصري:

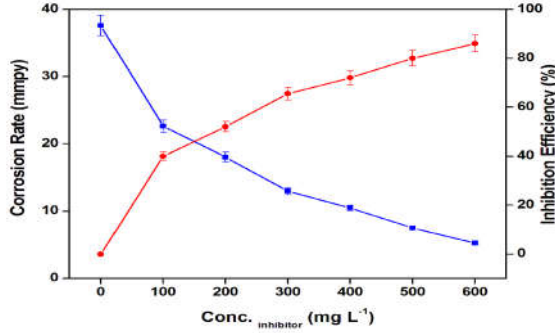
لالتقاط مورفولوجيا سطح الفولاذ المثبط بتركيزات مختلفة من المثبط بواسطة المجهر الضوئي (Leica DFC 295) تم إجراء الاختبار على عينة من الفولاذ اللين بمساحة  $1\text{cm}^2$  وتصوير شكل السطح بعد 3h من الغمر في الحمض ولدراسة تأثير المستخلص على تآكل الفولاذ يأخذ شكل السطح عند تركيز المثبط الأمثل فقط ويقارن مع شكل السطح للفولاذ للعينات غير المثبطة.

#### ❖ تحليل FTIR:

تم تحليل المجموعات الوظيفية الموجودة في المستخلص بواسطة الجهاز (Thermo scientific (Nicolet 6700) FT-IR وذلك بتحليل كمية صغيرة من مستخلص الأوراق لنبات (*A.mexicana*)، بعدها تأخذ الأطياف المتحصل عليها من هذه الطريقة وتقارن

قممها مع الموضع القياسي لقمم المجموعات الوظيفية.

الطرق الكلاسيكية (طريقة فقدان الوزن)



الشكل (1-III): معدل التآكل وكفاءة التثبيط عند كل تركيزات المثبط في 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> للفولاذ المغمور لمدة 5h.

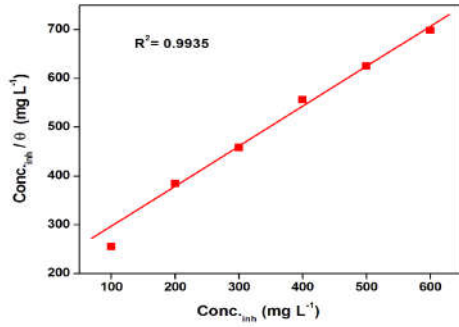
❖ من الشكل أعلاه نلاحظ ان معدل التآكل كان مرتفعا جدا بقيمة ( 37,60 mm/an) في البداية، ثم لاحظنا انخفاضه مع زيادة تركيز المثبط و الذي سجل أعلى كفاءة تثبيط 86% عند التركيز 600mg/L ومعدل تآكل 5,26 mm/an.

النتائج و المناقشة

بما أن زيادة كفاءة التثبيط قد تحققت مع زيادة تركيز المثبط فهذا يدل على إمتزاز جزيئات المثبط على سطح الفولاذ المدروس، لذلك تم ربط تركيز المثبط C بتغطية السطح  $\theta$  من أجل دراسة سلوك الامتزاز بالمعادلة التالية:

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \dots \dots \dots (9)$$

❖ وبمحاولة ملائمة بيانات تغطية السطح للعديد من ايزوتارم الامتزاز مثل فراندليش وتمكين ولونغمير، نجد أن ايزوتارم لونغمير هو الأكثر ملائمة لوصف سلوك الامتزاز لمستخلص الأوراق لنبات (A.mexicana).



الشكل (III-2): إيزوتارم لانغموير لامتزاز الفولاذ في 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> لكل تراكيز مستخلص *A.mexicana*

### الطرق الإلكتروكيميائية

❖ تم الحصول على منحنيات الاستقطاب للفولاذ في 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> بتراكيز مختلفة من المثبط ومنها تم إيجاد المتغيرات الإلكتروكيميائية ومردود التثبيط في وجود وغياب المثبط وهي مدونة في الجدول (IV-5-1):  
الجدول (III-5-1): نتائج دراسة الإستقطاب لتأثير مستخلصات (*A.mexicana*) على الفولاذ في وسط (0.5M) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

IE%	b <sub>a</sub> (mv dec <sup>-1</sup> )	b <sub>a</sub> (mv dec <sup>-1</sup> )	I <sub>corr</sub> (μA.cm <sup>-2</sup> )	E <sub>corr</sub> (mv.Ag- AgCl)	التركيز (mg/l)
-	62	93	1138	430	0
60	76	90	450	452	300
73	75	94	304	456	400
78	73	102	250	468	500
87	79	96	145	472	600

❖ تبين لنا نتائج الجدول أعلاه أن نسبة التثبيط تزداد بزيادة تركيز المستخلص في الوسط الحمضي لتصل أقصى قيمة لها عند تركيز 600 mg/L من المثبط إلى 87%، ولاحظنا أيضا أن تيار التآكل I<sub>corr</sub> (المتناسب مع معدل التآكل) ينخفض مع زيادة تركيز المستخلص ففي البداية كان 1138 μA.cm<sup>2</sup> ليصل في الأخير إلى 145 μA.cm<sup>2</sup> عند أقصى تركيز للمثبط، كما يظهر أيضا تأثيره على قيم b<sub>a</sub> و b<sub>c</sub> أي أن المستخلص المدروس من نوع المثبطات المختلطة.  
ترجمت نتائج مطيافية الممانعة على شكل مخططات نيكويست والتي تم الحصول عليها عند كل تركيز من المثبط، ومنها تم تعيين المقادير الكهروكيميائية المتمثلة في مقاومة المحلول (R<sub>s</sub>) ومقاومة الانتقال الشحني (R<sub>ct</sub>) ونسبة التثبيط (IE<sub>Rct</sub>) عند كل تركيز من المستخلص المدروس وهي موضحة فيمايلي:

الجدول (III-5-2): نتائج دراسة الممانعة لتأثير مستخلص الأوراق لنبات (*A.mexicana*) على سطح الفولاذ في وسط (0.5M (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

IE Rt %	C <sub>dl</sub> (μ.F.cm <sup>-2</sup> )	Y <sub>0</sub> (10 <sup>-6</sup> .Ω.cm <sup>-2</sup> )	n	R <sub>t</sub> (Ω.cm <sup>2</sup> )	R <sub>s</sub> (Ω.cm <sup>2</sup> )	تركيز المثبط (mg/l)
-	61	198	0.808	37	1.25	0
56	55	154	0.810	83	1.32	300
70	51	132	0.815	120	1.28	400
80	48	113	0.820	180	1.70	500
84	39	89	0.824	220	1.82	600

❖ تظهر النتائج الموضحة في الجدول (IV-5-2) أن قيم مقاومة الانتقال الشحني قد زادت مع زيادة تركيز المستخلص (*A.mexicana*) حيث كانت (37Ω.cm<sup>2</sup>) والتي زادت حتى (220Ω.cm<sup>2</sup>) عند التركيز (600mg/l) من المثبط، و هذا يصاحبه انخفاض في سعة الطبقة (C<sub>dl</sub>) مما يدل على كفاءة المستخلص في التثبيط، فقد حقق أقصى كفاءة للتثبيط (84%) عند نفس التركيز.

#### تقنيات دراسة سطح المعدن

❖ من خلال الصور نلاحظ التغير الجذري في شكل سطح العينات الفولاذية المغمورة في الحمض H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> في غياب المثبط مقارنة بسطح العينات المغمورة بوجود المثبط فسطحها أصبح أملس وخالي من الحفر بسبب وجود المثبط، وعلى هذا الأساس يمكن استنتاج أن مستخلص الأوراق لنبات (*A.mexicana*) يمنع تآكل الفولاذ اللين في الحمض بسبب تغطيته لسطح المعدن بطبقة واقية لم تكن موجودة في غيابه.

❖ من خلال النتائج المتحصل عليها من تحليل المستخلص النباتي تبين بأنه غني بالعديد من المركبات الكيميائية التي تحتوي على: النتروجين، الأكسجين في المجموعات الوظيفية، الحلقات العطرية وغيرها مما يكسبها ميزة التثبيط.

✓ وجد أن مستخلص الأوراق لنبات (*A.mexicana*) يثبط تآكل الفولاذ في محلول حمض H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> مع تسجيل أقصى كفاءة تثبيط 85% عند تركيز 600 mg/l من المثبط.

✓ أشارت نتائج طريقة فقدان الوزن والطرق الكهروكيميائية إلى انسداد المواقع النشطة على السطح الذي سبب زيادة في مقاومة الفولاذ ضد التآكل، وقد وجد أيضًا أن المثبط يعمل كمثبط من النوع المختلط.

الخلاصة



<p>✓ من دراسة سلوك الامتزاز لمستخلص الأوراق لنبات (<i>A.mexicana</i>) وجد أنه يتوافق مع نموذج امتزاز لانغموير.</p> <p>✓ أظهرت الصور المرفولوجية لسطح الفولاذ بوضوح أن مستخلص الأوراق لنبات (<i>A.mexicana</i>) يثبط تآكل الفولاذ عن طريق الادمصاص على السطح المعدني.</p>	
--	--

الجدول (III-6): تحليل مقال ل *use of saraca ashoka extract as green corrosion inhibitor for mild steel in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*

العنوان	<i>use of saraca ashoka extract as green corrosion inhibitor for mild steel in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></i>
المؤلف	Akhil Saxena et al
المجلة	<i>Journal of Molecular liquids</i> 258, 2018, pp89-97.
ملخص حول الدراسة	لقد قام الباحثون في هذا العمل بدراسة واستكشاف تحليل تثبيط التآكل وسلوك الامتزاز لمستخلص نبات ( <i>saraca ashoka</i> ) وهو نبات ينتمي إلى عائلة البقوليات، تم استخلاص بذور ( <i>saraca ashoka</i> ) وفحص تأثير تثبيطه لتآكل الفولاذ في 0.5 M من حمض الكبريت H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> باستخدام طريقة فقدان الوزن والطريقة الإلكتروكيميائية. و تم التحقق من ادمصاص جزيئات المستخلص على سطح الفولاذ باستخدام تقنيتي AFM و SEM و تقنيات التحليل الطيفي للادمصاص.
منطقة جمع النبات	الهند
طرق الدراسة التطبيقية	<p><b>تحضير المستخلص</b></p> <p>تم شراء بذور (<i>saraca ashoka</i>) من السوق، بعد ذلك تم تنظيفها بالماء وتجفيفها لمدة يومين في فرن عند 60° وتطحن على شكل مسحوق. يتم تنقيع 100 g من المسحوق في 450 cm<sup>3</sup> من الايثانول عند 75° لمدة 3h، يرشح المحلول ويقاس الـ pH حيث (pH=9). ييخر السائل المرشح إلى 100ml لتنتج بقايا بنية داكنة، تم يعاد تجفيفها في الفرن عند 60C° لمدة يومين. وفي الأخير يتم الحصول على 4.5g من راسب صلب بلون بني. يتم الحصول على محاليل الاختبار بتركيز مختلفة عن طريق تخفيف المستخلص باستخدام محلول حمض الكبريت (0.5 M).</p>
	<b>وسط التآكل</b>
	تم تخفيف حمض الكبريت (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) إلى (0.5 M) باستخدام الماء المقطر و اتخاذه كوسط للتآكل.

<p style="text-align: center;"><b>طريقة فقدان الوزن</b></p> <p>تم صقل العينات بالورق الكاشط، ثم تنظيفها بالأسيتون وشطفها بالماء المقطر، بعد ذلك تم وزنها. بعدها تم غمر العينات في 20 ml من المحلول الحمضي لمدة 24 h في درجة حرارة 25°C، بعد مرور الوقت المحدد تم إخراج العينات وشطفها بالأسيتون وتجفيفها تحت تدفق النيتروجين ثم إعادة وزن العينات لتحديد قيم الوزن المفقود.</p> <p>- تم حساب التغطية السطحية وكفاءة التثبيط للفولاذ بتراكيز مختلفة من مستخلص بذور <i>(saraka ashoka)</i> بالمعادلات التالية:</p> $\theta = \frac{\omega^{\circ} - \omega i}{\omega^{\circ}} \dots \dots \dots (10)$ $IE\% = \frac{\omega^{\circ} - \omega i}{\omega^{\circ}} \times 100 \dots \dots \dots (11)$ <p>حيث <math>\omega^{\circ}</math> و <math>\omega i</math> قيم فقدان الوزن في غياب و وجود غياب المثبط.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>الطرق الإلكتروليتية</b></p> <p>- تم غمر قطب العمل في محلول الاختبار الحمضي لمدة ساعة للحصول على استقرار جهد الدارة الكهربائية.</p> <p>❖ في قياسات الممانعة تم مسح مجال للتردد من 100KHZ إلى 0.1HZ مع إشارة سعتها 5 mV. حيث تم حساب الكفاءة التثبيطية من خلال استخدام المعادلة التالية:</p> $IE\% = \frac{R_{ct} - R^{\circ}_{ct}}{R_{ct}} \times 100 \dots \dots \dots (12)$ <p>حيث <math>R_{ct}</math> و <math>R^{\circ}_{ct}</math> مقاومة الانتقال الشحني في غياب و وجود المثبط على التوالي.</p> <p>❖ تم تسجيل منحنيات الاستقطاب الديناميكي في مجال كمون <math>\pm 250</math> mV بالنسبة لقطب الكالومال المشبع وتم حساب الكفاءة التثبيطية من المعادلة التالية:</p> $IE\% = \frac{I^{\circ}_{corr} - I_{corr}}{I^{\circ}_{corr}} \times 100 \dots \dots \dots (13)$ <p>حيث <math>I_{corr}</math> و <math>I^{\circ}_{corr}</math> كثافة تيار التآكل في غياب و وجود المثبط على التوالي.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>تقنيات دراسة سطح المعدن</b></p> <p>❖ مطيافية الأشعة المرئية و فوق البنفسجية uv-vis:</p> <p>باستخدام جهاز الامتصاص الضوئي UV 1800، تم تسجيل أطياف الأشعة فوق البنفسجية لمستخلص (SA) في 0.5M من حمض الكبريت. حيث كانت الأطياف تؤخذ في حالتين: في حالة محلول المثبط لم يتم غمر العينات الفولاذية بداخله، ومحلول مثبط تم غمر العينات الفولاذية فيه لمدة 24 h. وتمت مقارنة هذه الأطياف لشرح آلية التثبيط.</p>	

<p>❖ مطيافية التحليل للأشعة تحت الحمراء FTIR:</p> <p>لفهم آلية التثبيط جيدا، تم تحليل مستخلص (SA) بجهاز FTIR، حيث تم مزج المستخلص مع مسحوق KBr ثم تحليله بطول موجة <math>4000 - 500 \text{ cm}^{-1}</math>.</p> <p>❖ التحليل السطحي:</p> <p>بعد غمر العينات الفولاذية المعالجة مسبقا في محلول حمضي في وجود وغياب التركيز الأمثل من المثبط لمدة 24 h، تم شطف العينات بماء عالي النقاوة والأسيتون ثم تجفيفها، بعدها أخذ صور SEM بواسطة (LEO345BP) وتم التقاط صور مجهر القوة الذرية AFM باستخدام (NT-MDT-INTEGRA).</p>																									
<p>طريقة فقدان الوزن</p>																									
<p>تم حساب الكفاءة التثبيطية والتغطية السطحية بالمعادلات المذكورة سابقا وعرضها في الجدول الموالي:</p> <p>الجدول (III-6-1): قيم الوزن المفقود وكفاءة التثبيط والتغطية السطحية بتراكيز مختلفة من (SA).</p>																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>الكفاءة التثبيطية (IE%)</th> <th>التغطية السطحية (<math>\theta</math>)</th> <th>الوزن المفقود (<math>\text{mg cm}^{-1}\text{h}^{-1}</math>)</th> <th>تركيز المثبط (mg/l)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>00</td> <td>00</td> <td>0.0563</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>71.93</td> <td>0.7193</td> <td>0.0158</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>77.79</td> <td>0.7779</td> <td>0.0125</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>82.52</td> <td>0.8252</td> <td>0.00984</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>89.98</td> <td>0.8998</td> <td>0.00564</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	الكفاءة التثبيطية (IE%)	التغطية السطحية ( $\theta$ )	الوزن المفقود ( $\text{mg cm}^{-1}\text{h}^{-1}$ )	تركيز المثبط (mg/l)	00	00	0.0563	0	71.93	0.7193	0.0158	25	77.79	0.7779	0.0125	50	82.52	0.8252	0.00984	75	89.98	0.8998	0.00564	100	<p>النتائج والمناقشة</p>
الكفاءة التثبيطية (IE%)	التغطية السطحية ( $\theta$ )	الوزن المفقود ( $\text{mg cm}^{-1}\text{h}^{-1}$ )	تركيز المثبط (mg/l)																						
00	00	0.0563	0																						
71.93	0.7193	0.0158	25																						
77.79	0.7779	0.0125	50																						
82.52	0.8252	0.00984	75																						
89.98	0.8998	0.00564	100																						
<p>❖ يقل معدل التآكل مع زيادة تركيز المستخلص وذلك بسبب امتزاز المكونات النشطة في المستخلص على سطح الفولاذ. في حين أن الكفاءة التثبيطية تزداد بزيادة تركيز المثبط، حيث تم الحصول على أعلى كفاءة تثبيطية 89.98% عند <math>100 \text{ mg/l}</math></p> <p>❖ لدراسة المزيد من التحليل لسلوك الإمتزاز لمستخلص (S.A.)، تم استخدام ايزوتارم لونغمير لتناسب البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها عن طريق فقدان الوزن.</p> <p>❖ امتزاز جزيئات المثبط على سطح الفولاذ بواسطة ايزوتارم لونغمير يعطي بالمعادلة التالية:</p> $\frac{c}{\theta} = \frac{1}{k} + c \dots \dots \dots (14)$ <p>حيث: C: تركيز مستخلص (S.A)، <math>\theta</math>: نسبة التغطية السطحية، k: ثابت توازن الامتزاز</p>																									
<p>الطريقة الإلكتروكيميائية</p>																									
<p>❖ طريقة الاستقطاب الديناميكي</p> <p>تمت دراسة تأثير تركيز المستخلص على الاستقطاب ومنحنيات تافال وسلوك الفولاذ في <math>0.5M \text{ H}_2\text{SO}_4</math>. حيث تم الحصول على النتائج الممثلة في الجدول الموالي.</p>																									

الجدول(III-6-2): معاملات الاستقطاب للفولاذ اللين في 0.5M من H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> في وجود وغياب مستخلص (S.A.)

IE(%)	$\beta_c$ (V/dec)	$\beta_a$ (V/dec)	$I_{corr}$ (A .cm <sup>-1</sup> )	$E_{corr}$ (V vsSCE)	التركيز (mg/l)
0	164.25	141.66	0.008909	-0.465	0
79.22	122.91	91.44	0.001851	-0.489	25
86.01	106.23	79.15	0.001254	-0.482	50
90.37	104.25	51.43	0.0008574	-0.471	75
95.48	117.86	57.44	0.0004025	-0.452	100

❖ تشير النتائج المدونة أعلاه إلى انخفاض في كثافات التيار الأنودية و الكاتودية في وجود مستخلص (S.A.)، حيث أن هذا الانخفاض هو ناتج تغطية جزيئات المثبط المتمزة على سطح المعدن وتقليل انحلاله. كما تشير النتائج إلى أن المثبط المدروس يعمل بمثابة مثبط تآكل من النوع المختلط. وسجلت أعلى كفاءة % 95.48 عند 100mg/L.

#### ❖ الممانعة الكهروكيميائية

تم إجراء EIS لدراسة معاملات ممانعة عينات الفولاذ في H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.5M) بتركيز مختلفة من مستخلص (S.A.)، التي تم توضيحها في الجدول التالي:

الجدول(III-6-3): معاملات (EIS) للفولاذ في H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.5 M) في غياب و وجود تراكيز مختلفة من مستخلص (S.A.)

IE (%)	CPE ( $\mu\text{F.cm}^{-2}$ )	$R_{ct}$ ( $\Omega . \text{cm}^2$ )	$R_s$	تركيز المثبط (mg/l)
0	$1.3 \cdot 10^{-3}$	25.16	4.65	0
75.48	$1.5 \cdot 10^{-4}$	102.66	3.47	25
81.76	$1.0 \cdot 10^{-4}$	138.02	2.84	50
88.56	$6.0 \cdot 10^{-5}$	220.14	2.59	75
93.09	$4.9 \cdot 10^{-5}$	364.19	3.17	100

❖ أثبتت النتائج أن الزيادة في قيمة  $R_{ct}$  تؤدي إلى تشكيل طبقة واقية على سطح الفولاذ أما التغير في قيم  $R_{ct}$  و CPE فهي بسبب استبدال جزيئات الماء عن طريق امتزاز المثبط على سطح الفولاذ مما يقلل من مدى انحلال المعدن.  
- تم تسجيل أعلى كفاءة تثبيطية عند 100 mg/l و التي بلغت % 93.09.

#### تقنيات دراسة سطح المعدن

#### ❖ تحليل FTIR:

أظهرت الأطياف في تحليل FTIR: إهتزاز تمدد O-H عند  $3379.40\text{cm}^{-1}$  و C-O عند  $1013.52\text{cm}^{-1}$  وحلقة عطرية عند  $1602.50\text{cm}^{-1}$ . تظهر هذه النتائج أن

<p>الخاصية المضادة للتآكل لمستخلص (S.A.) بسبب وجود ذرات O والحلقات العطرية في المركبات الموجودة في المستخلص.</p> <p>❖ <b>مطيافية الأشعة المرئية و فوق البنفسجية</b></p> <p>من أطيف الامتصاص وجد أن امتصاص المحلول قبل غمر العينة أعلى مقارنة بامتصاص المحلول الذي تم غمر العينة فيه لمدة 24 ساعة.</p> <p>- يظهر انتقال <math>\pi-\pi^*</math> و <math>n-\pi^*</math> عند 250 nm و 310 nm على التوالي. يوضح ذلك أنه عندما تم غمر العينة في المحلول الحمضي للمستخلص تم امتصاص بعض الجزيئات من المحلول على سطح المعدن.</p> <p>❖ <b>تحليل SEM:</b> أظهر شكل العينة عند غمرها في (0.5 M) من حمض الكبريت في وجود المثبط تكوين طبقة مانعة للحماية على سطحها.</p> <p>❖ <b>تحليل AFM:</b> أظهر صور للفولاذ في المحلول في وجود وغياب المثبط. حيث كان في غياب المثبط متوسط خشونة السطح 138.807 nm و تلف السطح الفولاذي بسبب انحلال المعدن في المحلول الحمضي. أما في حالة وجود المثبط فان متوسط خشونة السطح 48.60 nm ، انخفاض متوسط خشونة السطح يرجع الى امتزاز المستخلص على السطح المعدني، فيمكن تأكيد تشكل طبقة واقية على سطح المعدن.</p>	
<p>✓ يعمل مستخلص بذور (S.A.) إلى حد كبير كمثبط تآكل جيد بمحلول <math>H_2SO_4</math> (M0.5).</p> <p>✓ أظهرت نتائج الاستقطاب أن المثبط قد يكون من النوع المختلط.</p> <p>✓ أظهرت قياسات الممانعة أن مقاومة الانتقال الشحني تزداد و سعة الطبقة المزدوجة تنخفض في وجود المثبط.</p> <p>✓ تظهر نتائج كفاءة التثبيط المحسوبة بالطريقة الكهروكيميائية 95.48% عند 100 mg/L</p> <p>✓ زيادة الكفاءة التثبيطية مع زيادة تركيز المثبط.</p> <p>✓ أكدت نتائج SEM و AFM وايزوتارم Langmuir أن آلية تثبيط التآكل تحدث من خلال عملية الامتزاز.</p>	<p>الخلاصة</p>

**الجدول (7-III): تحليل مقال Inhibition and adsorption of oil extract of *Balanites aegyptiaca* seeds on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid environment**

Inhibition and adsorption of oil extract of <i>Balanites aegyptiaca</i> seeds on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid environment	العنوان
Nkem.B.Iroha et al	المؤلف
<i>An International scientific journal, 126, 2019, pp183-197.</i>	المجلة
<p>قد عمل الباحثون في هذه الدراسة على تقدير كفاءة تثبيط مستخلص زيت من بذور (<i>Balanites aegyptiaca</i>) ذو الأهمية الطبية الكبيرة. حيث تمت دراسة تثبيط تآكل الفولاذ في محلول حمض الكلور (1M) HCl باستخدام طريقة فقدان الوزن والاستقطاب الديناميكي (PDP) والممانعة الكهروكيميائية (EIS) وتقنية التحليل المجهر الإلكتروني.</p>	ملخص حول الدراسة
بلدة كواي في نيجيريا	منطقة جمع النبات
<b>تحضير المستخلص</b>	
<p>اعتمدت الدراسة على تقدير الفعالية التثبيطية لمستخلص زيت بذور (<i>B.A.</i>) الذي تم استخلاصه محليا باستخدام الطريقة اليدوية، حيث تم نقع 5kg من البذور لمدة 5h في الماء البارد ثم نزع اللب من البذور وسكب الماء الدافئ عليها. يتم عصرها لبضع ساعات لتنتج حوالي 100 ml من الزيت، ويتم تسخينه لإزالة أي آثار للمياه المتبقية والحفاظ على الجودة. تم تحضير تراكيز مختلفة من مستخلص زيت (<i>B.A.</i>) من 50ppm إلى 300ppm بناء على قانون التمديد.</p>	طرق الدراسة
<b>وسط التآكل</b>	التطبيقية
<p>تم استخدام حمض الكلور (1M) كوسط أكال، تم تحضيره باستخدام HCl المركز (37%) والماء المقطر.</p>	
<b>طريقة فقدان الوزن</b>	
<p>- تم صقل القطع الفولاذية بأوراق كاشطة، ثم تغسل بالماء المقطر، ثم يتم شطفها بالإيثانول وتجفف بالأسيتون، بعد ذلك توزن باستخدام ميزان تحليلي. - تم غمر القطع في 100 ml من HCl (1 M) بتراكيز مختلفة من مستخلص (<i>B.A.</i>) في درجة حرارة من 300 k° إلى 323 k° لمدة 7h.</p>	

- جميع التجارب طبقت في الهواء الطلق، وبعد نهاية الاختبار تم استرداد العينات وغسلها بالماء وتجفيفها بالأسيتون ثم يعاد وزنها لتحديد مقدار الوزن المفقود فيها.  
- تم حساب معدل التآكل والتغطية السطحية و الكفاءة التثبيطية من خلال المعادلات التالية:

$$\rho = \frac{\omega}{A \times t} \dots \dots \dots (15)$$

$\omega$ : متوسط قيم الوزن المفقود،  $A$ : سطح العينة،  $t$ : زمن الغمر.

$$\theta = \frac{\rho^\circ - \rho_i}{\rho^\circ} \dots \dots \dots (16)$$

$$IE\% = \frac{\rho^\circ - \rho_i}{\rho^\circ} \times 100 \dots \dots \dots (17)$$

حيث  $\rho^\circ$  و  $\rho_i$  معدل التآكل في وجود و غياب المثبط على التوالي.

### الطرق الإلكتروليتية

أجريت تجارب قياسات الممانعة الكهروكيميائية (EIS) عند جهد التآكل ( $E_{corr}$ ) باستخدام إشارة سعتها 5mV على مجال تردد من 0.01Hz-100KHz، وتم حساب الكفاءة التثبيطية في (EIS) بالمعادلة التالية:

$$IE\% = \frac{R_{ct} - R_{ct}^\circ}{R_{ct}} \times 100 \dots \dots \dots (18)$$

$R_{ct}$  و  $R_{ct}^\circ$  مقاومة الانتقال الشحني في غياب و وجود المثبط على التوالي.

❖ كما أجريت دراسات الاستقطاب الديناميكي (PDP) بمعدل مسح 0.333 mV/s في مجال الجهد المستخدم  $\pm 250$  mV بالنسبة لكمون التآكل. وتم تحليل نتائج PDP باستخدام برنامج Powersuite software. وتم حساب الكفاءة التثبيطية بالمعادلة الموالية:

$$IE\% = \frac{I_{corr}^\circ - I_{corr}}{I_{corr}^\circ} \times 100 \dots \dots \dots (19)$$

$I_{corr}$  و  $I_{corr}^\circ$  كثافة تيار التآكل في غياب و وجود التآكل على التوالي.

### تقنيات دراسة سطح المعدن

تم استخدام المجهر الإلكتروني (XL-30FEG) لفحص العينة بعد غمرها في اوساط التآكل لمدة 24 h.

تم فحص العينة ذات الأبعاد (2cm\*2cm\*0.25cm) من خلال التقاط صورة للسطح بعد الغمر في غياب و وجود التركيز الأمثل للمستخلص.

### طريقة فقدان الوزن

النتائج  
والمناقشة

❖ **تأثير تركيز المثبط:** تم قياس معدل تآكل الفولاذ في (1M) من حمض HCl في وجود تراكيز مختلفة من مستخلص (B.A.) عند درجة حرارة تتراوح بين 303K° و 323K° . بينت النتائج انخفاض في معدل التآكل مع زيادة تركيز المثبط و ارتفاع درجة الحرارة. أما كفاءة التثبيط فهي تزداد مع زيادة تركيز المثبط وتنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة وهذا يشير الى امتزاز مستخلص الزيت على سطح الفولاذ، وقد تم تسجيل أعلى تثبيط عند تركيز 300ppm.

❖ **تأثير درجة الحرارة:** تمت دراسة تأثير درجة الحرارة على سلوك تآكل الفولاذ في (1M) من حمض الكلور بتراكيز مختلفة من مستخلص (B.A.) في درجة حرارة تتراوح بين 303K° - 323K° باستخدام قياسات فقدان الوزن في 7h. ولتوضيح ذلك تم حساب معاملات التنشيط، Ea ، ΔH\* ، ΔS\* باستخدام معادلة (Eyring's و Arrhenius) .

$$\rho = A \cdot \exp \left[ \frac{-Ea}{RT} \right] \dots \dots \dots (\text{Arrhenius}).$$

$$\rho = \frac{RT}{Nh} \cdot \exp \left( \frac{\Delta S^*}{R} \right) \exp \left( \frac{-\Delta H^*}{RT} \right) \dots \dots \dots (\text{Eyring's}).$$

ρ: معدل التآكل، A: العامل الأسّي، h: ثابت بلانك، N: عدد أفوقادرو، R: ثابت الغازات الميثالية.

**الجدول (1-7-IV):** معاملات التنشيط للفولاذ في (1M) من HCl في وجود وغياب تراكيز مختلفة من مستخلص زيت (B.A.).

التركيز (ppm)	Ea(KJ/mol)	ΔH*(KJ/mol)	ΔS*(J/mol/K)
0	25.39	17.45	-148.23
50	28.01	24.55	-136.99
100	34.92	26.93	-131.23
150	38.33	30.40	-131.54
200	40.48	31.01	-127.88
300	43.51	30.92	-121.87

❖ وجد أن قيمة Ea للمحلول في وجود المثبط أعلى من المحلول الحمضي بدون مثبط، حيث تم الحصول عليها بسبب جزيئات المثبط الممتزة. أما قيم ΔH\* الايجابية فهي تشير الى طبيعة انحلال الفولاذ الماصة للحرارة. بالنسبة لقيم ΔS\* السالبة في غياب وجود مستخلص زيت (B.A.) يعني أن المعقد النشط هو المعدل الذي يحدد الخطوة وتمثل الارتباط بدل التفكك. وعلاوة على ذلك تكون قيم ΔS\* للمحلول المثبط أكثر ايجابية من قيم المحلول الحمضي لوحدة. يمكن أن تكون هذه الملاحظة ناتجة عن زيادة في انتروبيا المذيب بسبب إمتصاص الماء على سطح المعدن في وجود المانع.

❖ **ايزوتارم الامتزاز:** تم استخدام نماذج ايزوتارم الامتزاز باستمرار لوصف آلية امتزاز مثبطات التآكل على الأسطح المعدنية لأنها يمكن أن توفر أدلة مهمة لطبيعة التفاعل



مثبط - معدن.

- تم العثور على إيزوتارم تمكين هو المتناسب بشكل جيد مع البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها لمستخلص زيت (B.A.) المعطى بالمعادلة التالية:

### الطرق الإلكتروليتية

#### ❖ نتائج طريقة الممانعة الكهروكيميائية (EIS):

تم استخدام البيانات التي تم الحصول عليها لرسم منحنى نكويسيت للفولاذ في (1M) من غمر العينات في حمض HCl في غياب و وجود تراكيز مختلفة من مستخلص زيت (B.A.) عند 303K°.

الجدول (III-7-2): معاملات الممانعة الكهروكيميائية للفولاذ في (1M) من HCl في غياب و وجود المثبط.

IE%	C <sub>dl</sub> (μF.cm <sup>-2</sup> )	R <sub>ct</sub> (Ω.cm <sup>2</sup> )	R <sub>s</sub> (Ω.cm <sup>2</sup> )	التركيز (ppm)
...	99.6	17.2	1.48	0
68.8	41.1	55.1	1.89	150
93.9	19.3	281.9	1.97	300

❖ زادت R<sub>ct</sub> و انخفضت C<sub>dl</sub> مع زيادة تركيز المستخلص وهذا يقترح زيادة امتزاز جزيئات مستخلص (B.A.) على سطح المعدن الذي يؤدي إلى حماية سطح الفولاذ .  
- IE% تزداد بزيادة R<sub>ct</sub> و انخفاض C<sub>dl</sub> حيث تم الحصول على أقصى كفاءة 93.9% عند 300ppm.

#### ❖ نتائج قياسات الاستقطاب الديناميكي (PDP)

تمت دراسة منحنيات الاستقطاب الأنودية والكاتودية للفولاذ في (1M) من HCl المدروس عند 303K°. وتم عرض معاملات الاستقطاب الديناميكي في الجدول الموالي:  
الجدول (III-7-3): معاملات الاستقطاب الديناميكية لتآكل للفولاذ في (1M) من HCl في

وجود وغياب مستخلص زيت (B.A.)

IE%	β <sub>c</sub> (mV dec <sup>-1</sup> )	β <sub>a</sub> (mV dec <sup>-1</sup> )	I <sub>corr</sub> (μA .cm <sup>-2</sup> )	E <sub>corr</sub> (mV vs SCE)	التركيز (ppm)
...	51.8	85.2	809.2	-477.8	0
69.1	56.6	101.8	249.9	-452.4	150
92.0	59.3	118.4	65.9	-433.9	300

❖ كشفت دراسات الاستقطاب أن كثافة التيار الأنودية والكاتودية انخفضت مع زيادة تركيز المستخلص، وتحولت قيم كمن التآكل إلى الإتجاه الموجب عند إضافة المستخلص، مما يؤدي هذا إلى تشكيل طبقة ممتزة على سطح المعدن. وأظهرت النتائج أن

<p>مستخلص زيت (B.A.) يعمل كمثبط من النوع المختلط.</p> <p>❖ تزداد الكفاءة التثبيطية مع زيادة تركيز المانع، حيث تم الحصول على أعلى كفاءة عند 300 ppm قدرت ب 92% .</p> <p>❖ نلاحظ توافق جيد بين نتائج قياسات فقدان الوزن والقياسات الكهروكيميائية.</p>	
<p><b>تقنيات دراسة سطح المعدن</b></p>	
<p>❖ <b>تحليل المجهر الإلكتروني</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• تعرض سطح الفولاذ في (1M) من HCl دون المانع إلى تلف على نطاق واسع.</li> <li>• لوحظت طبقة رقيقة وموحدة على سطح العينة المغمورة في محلول المثبط الذي يعرض المعدن في حالة أفضل، ناعمة مقارنة مع السطح المغمور في المحلول الحمضي وحده.</li> <li>• هذه النتائج دليل على أنه يمكن إمتزاز مستخلص زيت ال(B.A.) على سطح الفولاذ وعزل السطح من الوسط الحمضي.</li> </ul>	
<p>✓ يعمل مستخلص (B.A.) كمثبط فعال لتآكل الفولاذ في (1M) من HCl والكفاءة تزداد مع زيادة التركيز وتتنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة.</p> <p>✓ عمل تثبيط المستخلص يرجع أساسا إلى امتزازه على سطح الفولاذ وعملية الامتزاز تخضع لإيزوتارم تمكين (Temkin).</p> <p>✓ دراسة الاستقطاب أظهرت بأن مستخلص (B.A.) مثبط مختلط</p> <p>✓ أظهرت SEM أن جزئ المانع يشكل طبقة واقية جيدة على سطح الفولاذ.</p> <p>✓ النتائج التي تم الحصول عليها من طريقة فقدان الوزن والطريقة الكهروكيميائية متقاربة.</p>	<p><b>الخلاصة</b></p>

## III-3. مناقشة وتفسير ملاحظات الدراسة الاستقصائية للمستخلصات النباتية :

من خلال النتائج الموضحة في الجدولين (III-1) و (III-2) السابقين لاحظنا مايلي:

## III-3-1. المستخلصات النباتية:

- النباتات المستعملة في الدراسات عديدة ومتنوعة منها الطبية وغير طبية وذلك باستخدام مختلف أجزائها والتي تشمل الأوراق، السيقان، الجذور، اللحاء، البذور، الزيوت وقشور الثمار التي تم استخدامها واختبارها لتنشيط ظاهرة التآكل في الوسط الحمضي كحمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك، ونسجل استعمال حمض الهيدروكلوريك بكثرة لأنه أكثر فعالية وأقل تكلفة مقارنة بحمض الكبريتيك وهذا في التجارب المخبرية، ولكن يستحسن استعمال حمض الكبريتيك في الأعمال الميدانية لأنه أقل خطورة و أعلى درجة نقاوة من حمض الهيدروكلوريك.
- حضرت المستخلصات النباتية في مختلف المذيبات منها: المائي، الكحولي والحمضي.... فهي مذيبات تتيح قابلية ذوبان الأنسجة النباتية لاستخراج المركبات الكيميائية الموجودة داخل النبات ونلاحظ أن المذيب الأقل تكلفة و غير سام هو الماء, أما المذيبات الأكثر استعمال هي الإيثانول والميثانول لان تحضير أغلب المستخلصات يتطلب مذيبات عضوية.
- العضو الأكثر استعمال هو الأوراق لأنها أغنى جزء من النبات حيث تتم فيها تركيب المواد الكيميائية النباتية عن طريق عملية التركيب الضوئي.

## III-3-2. الطرق المستعملة في دراسة التآكل:

- طريقة فقدان الوزن و هي طريقة سهلة ومباشرة وهي أول خطوة تنفذ لدراسة سرعة التآكل وفعالية تثبيط المعدن في محلول إلكتروليتي، والقيام بها لا يستدعي وجود أجهزة أو تركيب معين هي فقط تتم عن طريق الغمر للمعدن باستخدام أدوات بسيطة، بالإضافة إلى ذلك تستخدم هذه الطريقة لدراسة تأثير درجة الحرارة على زمن الغمر، معدل التآكل و مردود التثبيط للمستخلص بالنسبة للمعدن المدروس.
- الطرق الكهروكيميائية والتي تعمل على اختبار المستخلصات النباتية، تشمل منحنيات الاستقطاب التي تمكننا من تحديد فعالية المثبطات من خلال تعيين تيار التآكل في وجود المثبطات وغيابها بتغيير فرق الجهد لإلكترود العمل، ثم قياس كثافة التيار المار فيه وتعتمد في هذا على رسم منحنيات الاستقطاب  $i=f(E)$  و  $\log i=f(E)$  : Tafel . كما تشمل أيضا الممانعة الالكتروكيميائية والتي تمكننا من تعيين فعالية المثبطات وذلك بتحديد مقاومة الإنتقال الشحني بوجود المثبط وغيابه وكذلك معرفة الطبقة المضاعفة المتشكلة على سطح المعدن، وتعتمد هذه الطريقة على

معلومات المراحل الجزيئية للانتقال الإلكتروني على مستوى سطح معدن المحلول والتي من خلالها يتم الحصول على منحنيات نكويس (Nyquist).

- النتائج المتحصل عليها من قياسات طريقة فقدان الوزن والطرق الالكتروكيميائية نتائج متقاربة جدا ونسبة التثبيط المتحصل عليها جيدة في الطريقتين أي أن كلا الطريقتين يمكن الاعتماد عليها في حساب الكفاءة التثبيطية.

### III-3-3. تأثير درجة الحرارة:

- تم دراسة تأثير درجة الحرارة على كفاءة التثبيط وطبيعة عملية التآكل في معظم الدراسات المذكورة أعلاه باستخدام طريقة فقدان الوزن وذلك في غياب و وجود المثبط، حيث تم شرح تأثيرها بواسطة معادلة أرهينوس حيث لوحظ عموما بان زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى امتزاز جزيئات المثبط على سطح المعدن وبالتالي زيادة معدل أكسدة الحديد على سطح الفولاذ فيزيد معدل التآكل وتنخفض الكفاءة التثبيطية، و نقصانها يؤدي إلى انخفاض معدل التآكل وبالتالي الزيادة في الكفاءة التثبيطية.

### III-3-4. إيزوتارم الإمتزاز:

- يعتبر إمتزاز المثبط على سطح المعدن من أهم المواضيع في دراسة التآكل لأنه يعطي معلومات حول الطبقة المزدوجة الكهربائية، فطبيعة التفاعل بين المثبط و سطح المعدن تكون واضحة من خلال إيزوتارم الإمتزاز وهناك نوعان من الإمتزاز الذي يفسر سلوك المثبط وهما الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي، ولتوضيح طبيعة وقوة الإمتزاز تم اختيار إيزوتارم (Langmuir , Temkin, Frumkin) بتطبيق المعادلات الخطية التي من خلالها يتم تعيين معامل الارتباط لمعرفة طبيعة النموذج المتبع في امتزاز المثبط.
- في معظم الدراسات السابقة وجد أن إمتزاز المستخلصات النباتية على سطح المعدن أدى إلى تكوين طبقة واقية وحيدة توافق نموذج إيزوتارم (Langmuir)

## المراجع العربية :

[35] نموسة التجاني يحي،(2007)، "دراسة فعالية بعض النباتات الصحراوية كمثبطات للتآكل في أوساط مائية" مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة.

[39] بن منين عبد القادر، (2017) " Etude de l'effet inhibitrice des extrais de plantes sur l acier " CX52 ، رسالة دكتورا، جامعة ورقلة.

[40] بلغار آسيا، (2018) ، "دراسة القدرة المضادة للأكسدة وللبيكتيريا وللتآكل للمستخلصات الفينولية لنبات *Limoniastrum guyonianum* Dur"، رسالة دكتوراء، جامعة ورقلة.

## المراجع الأجنبية:

- [1] P. Bothi Raja, M.G. Sethuraman, (2009), " Strychnos nuxvomica an eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel in 1M sulfuric acid medium", *materials and corrosion*: Vol. 60(1), p.22-28.
- [2] A. Singh, V.K. Singh, M.A. Quraishi, (2010), "Inhibition effect of environment ally benign Kuchla(strychnos Nuxvomica) seed extract on corrosion of mild steel in hydrochloric acid solution", *Rasayan Journal of Chemistry*:Vol:3, No:4, p:811-824.
- [3] P.R. Vijayalakshmi, R. Rajalakshmi, S. Subhashini, (2010), "Inhibitory Action of Borassus Flabellifer Linn.(Palmyra Palm) Shell Extract on Corrosion of Mild Steel in Acidic Media", *E-Journal of Chemistry*:Vol :7,No:3, p:1055-1065.
- [4] P. B. Raja, A.R. Afidah, H.Osman, K. Awang,( 2011), "Inhibitive effect of Xylopia ferruginea extract on corrosion of mild steel in 1M HCl medium", *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*:Vol:18,No:4, p:413 - 418.
- [5] G. Mayakrishnan, S. Pitchai, K. Raman, A. R. Vincent, S. Nagarajan, (2011), "Inhibitive action of clematis gouriana extract on the corrosion of mild steel in acidic medium", *Journal of Lonics*: Vol :17, p:843-852.
- [6] C. A. Loto, R.T. Loto, A.P.L. Popoola,( 2011), "Corrosion and plant extracts inhibition of mild steel in HCl", *International journal of the physical sciences*:Vol:6, No:15, p:3616-3623.
- [7] Gopal Ji, S. K. Shukla, P.Dwivedi, S. Sundaram, Eno E. Ebenso, R. Prakash,( 2012), "Green capsicum annum fruit extract for inhibition of mild steel corrosion in hydrochloric acid solution", *International Journal of Electrochemical science*:Vol:7, p:12146-12158.
- [8] M.A. Chidiebere, C.E. Ogukwe, K.L. Oguzie, C.N. Eneh, E.E. Oguzie,( 2012), " Corrosion inhibition and Adsorption behavior of punica granatum extracts on mild steel in acidic environments: Experimental and theoretical studies", *Industrial & Engineering Chemistry Research* :Vol :51, p:668-677.
- [9] K. Chennappan, M.G. Sethuraman,( 2012), " Caulerpin-A bis-Indole alkaloid as a green inhibitor for the corrosion of mild steel in 1M HCl solution from the Mavine alga caulerpa racemosa", *Industrial & Engineering Chemistry Research* :Vol :51, p:10399-10407.
- [10] P.M. Krishnegowda, V.T. Venkatesha, P.K.M. Krishnegowda, S.B. Shivayogiraju, (2013), " Acalypha torta leaf extract as green corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid solution", *Industrial & Engineering Chemistry Research* :Vol :52, p :722-728.
- [11] K.Anbarasi, V.G. Vasudha,( 2014)," Corrosion Inhibition Potential of *Cucurbita Maxima* Plant Extract on Mild Steel in Acid Media", *Chemical Science Review and Letters* :Vol:3(9), p: 45-51.
- [12] L.A. Nnama, I.O. Owate, E.E. Oguzie, (2014), " Inhibition of mild steel corrosion in HCl solution by *Pentaclethra macrophylla* Bentham extract", *International Journal of Materials Engineering* :Vol:4, No:5, p:171-179.
- [13] K. Schalabi and Ahmed Abdel Nazeer , (2015), "adsorption and inhibitive effect of *Schinus terebinthifolius* extract as a green corrosion inhibitor for carbon steel in acidic solution", *andphysiochemical problems of materails protection* :vol:51, No:5, p:908 –917.

- [14] Chris O. Akalezi, Emeka E. Oguzie, Cynthia E. Ogukwe, Everest A. Ezele, (2015), "Rothmannia longiflora extract as corrosion inhibitor for mild steel in acidic media", *International Journal Ind Chem.*: 6, p273- 284.
- [15] Taissa F. Souza, Mariana Magalhães, Vanessa V. Torres and Eliane D'Elia, (2015), "Inhibitory Action of *Ilex paraguariensis* Extracts on the Corrosion of Carbon Steel in HCl Solution", *International Journal of Electrochemical Science* : 10, p 22- 33.
- [16] C.O. Akalezi, C.E. Ogukwe, E.A. Ejele and E.E. Oguzie, (2016), "Mild steel protection in acidic media using *Mucuna pruriens* seed extract", *Int. J. Corros. Scale Inhib* : 5, no. 2, 132–146.
- [17] Karim H. Hassan , Anees A. Khadom , Noor H. Kurshed,( 2016), "Citrus aurantium leaves extracts as a sustainable corrosion inhibitor of mild steel in sulfuric acid", *South African Journal of Chemical Engineering* : vol 22, p 1-5.
- [18] A. Batah, A. Anejjar, M. Belkhaouda, L. Bammou, R. Salghi, L. Bazzi, B. Mamouti, A. Chetouani, (2017), "electrochemical and thermodynamic study of the inhibitory efficacy of methanol extract of rind and leaves of grapefruit plant on the corrosion of carbon steel in a acidic medium", *Moroccan Journal of Chemistry* : vol 5, N 3, p 404- 416.
- [19] A. S. Fouda , A. S. Abousalem , G. Y. EL-Ewady, (2017), "Mitigation of corrosion of carbon steel in acidic solutions using an aqueous extract of *Tilia cordata* as green corrosion inhibitor ", *Int J Ind Chem* : vol 8, p:61–73
- [20] L.E. Yahaya, S.O. Aroyeun, S.O. Ogunwohu., C.O. Jayeola. and R.O. (2017), "Green and Black Tea (*Camellia sinensis*) Extracts as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acid Medium Igbinalador", *World Applied Sciences Journal* : vol :35,N: 6, p: 985-992.
- [21]: Yujie Qiang, Shengtao Zhang, Bochuan Tan, Shijin Chen, (2018), "Evaluation of Ginkgo leaf extract as an eco-friendly corrosion inhibitor of X70 steel in HCl solution", *Corrosion Science*: vol: 133, p:6-16.
- [22] R. Fdil , M. Tourabi , S. Derhali, A. Mouzdahir , k. Sraidi , C. Jama , A.Zarrouk, F. Bentiss, (2018), "Evaluation of alkaloids extract of *Retama monosperma (L.) Boiss.* stems as a green corrosion inhibitor for carbon steel in pickling acidic medium by means of gravimetric, AC impedance and surface studies ", *Journal of Materials and Environmental Sciences* :vol: 9, Issue:1, 2018, p:358- 369.
- [23] Qihui Wang , Bochuan Tan , Hebin Bao , Yuting Xie , Yixuan Mou , Pengcheng Li , Dabiao Chen , Yanwei Shi , Xueming Li, Wenjing Yang, (2019), "Evaluation of *Ficus tikoua* leaves extract as an eco-friendly corrosion inhibitor for carbon steel in HCl media", *Bioelectrochemistry* : vol:128, p:49-55.
- [24] J.O. Madu, C. Ifeakachukwu, U. Okorodudu, F.V. Adams, I.V. Joseph,( 2019), "Corrosion Inhibition Efficiency of *Terminalia Catappa* Leaves Extracts on Stainless Steel in Hydrochloric Acid", *Journal of Physics: Conference Series* :1378 , 022051, p:1-12.
- [25] Nkem B. Iroha and Akens Hamilton-Amachree,( 2019), "Inhibition and adsorption of oil extract of *Balanites aegyptiaca* seeds on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid environment", *An International scientific journal* : vol:126, p:183- 197.
- [26] Moha Afrok, Said Baroud, Mohamed Rbaa, Issam Sadki, Abdelhakim Hatimi, Saida Tahrouch, Mohamed Tabyaoui, Abdellah Guenbour, Ismail Warad and Abdelkader Zarrouk, (2020)," *Cystoseira Gibraltaria* Extract as an Environmentally Sustainable Corrosion Inhibitor for Carbon steel in 1.0 M HCl Medium", *Anal. Bioanal. Electrochem.* : Vol : 12, No : 2, p :193-207.



- [27] O.O. Ogunleye , A.O. Arinkoola , O.A. Eletta , O.O. Agbede , Y.A. Osho , A.F. Morakinyo , J.O. Hamed, (2020), "Green corrosion inhibition and adsorption characteristics of Luffa cylindrical leaf extract on mild steel in hydrochloric acid environment ", *Heliyon* : vol:6, Issue:1, e03205.
- [28] Peter C. Okafor, Eno E. Ebenso, Udofot J. Ekpe, (2010)," Azadirachta Indica Extracts as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acid Medium", *International Journal of Electrochemical science* :Vol:5, p:978-993.
- [29] J.K. Odusote, O.M. Ajayi, (2013), " Corrosion inhibition of mild steel in acidic medium by Jathropha curcas leaves extract", *Journal of Electrochemical science and Technology* : Vol:14, No:2, p:81-87.
- [30] Gopal Ji, S.K. Shukala, Eno E. Ebenso, R.Prakask, (2013), " Argemone Mexicana leaf extract for inhibition of mild steel corrosion in sulfuric acid solution", *International Journal of Electrochemical science* :Vol:8, p:10878-10889
- [31] S.A. Umaren, M.M. Solomon, U.M. Eduok, Ime B.Obot, (2014), " A.U. Israel, Inhibition of mild steel corrosion in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution by coconut coir dust extract obtained from different solvent systems and synergistic effect of iodide ions: Ethanol acetone extracts", *Journal of Environmental chemical Engineering* : Vol:2, p: 1048-1060.
- [32] Obiukwu Osita, Opara Ignatius , Asoluka Chukwuemeka, (2016), "The Inhibitive Effect of Gnetum Africanum, Gongronema Latifolium and Chromolena Odaratum Extracts on Corrosion of Stainless Steel in 1 M HCl and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Solutions", *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* : vol 66, p 25-37.
- [33] Akhil Saxena, Dwarika Prasad , Rajesh Haldhar , Gurmeet Singh, Akshay Kumar, (2018), "Use of Saraca ashoka extract as green corrosion inhibitor for mild steel in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ", *Journal of Molecular Liquids* :vol: 258, p:89-97.
- [35] Bencleham Amrat et Homrouni Samio,( 2007), "Etude de l'Effet Inhibiteur de corrosion des extraits aqueux de quelques plantes", Mémoire d'Ingénieur d'Etat, universite ouargla .
- [36] M. M. Yamina , (2012), " investigation phythimique de l'acacia arabica aux propriéts antioxydantes et inhibitrices ", Mémoire de magister, Université kasdi merbah Ouargla .
- [37] Aissa TOUNSI, (2020), "Evaluation de l'activité antioxydante et de l'effet anticorrosif des extraits phénoliques de plantes locales (*Plantago ciliata* et *Thymelia microphylla*)", thèse de doctorat, 'université ouargla .
- [38] Lefahal Mostefa, (2014), "Etude phytochimique, biologique et activité anticorrosion de trois plantes médicinales Algériennes appartenant aux familles Plumbaginaceae, Tamaricaceae et Apiaceae", thèse de doctorat, universite de constantine .
- [41] S. Chouki, (2012), "Valorisation d'une plante médicinale à activite antidiabetique de la région de tlemcen : *Anacyclus pyrethrum* L", thèse de doctoraten , Université Tlemcen.



الخلاصة العامة

يهدف هذا العمل إلى عرض استقصائي لأداء بعض المستخلصات النباتية كمثبطات خضراء لتآكل الفولاذ في الوسط الحمضي. و من خلال جملة من الأبحاث العلمية المدروسة تم استنباط النقاط التالية:

✓ النباتات المستعملة في الدراسات عديدة و متنوعة منها الطبية وغير طبية وذلك باستخدام مختلف أجزائها وخاصة الأوراق.

✓ حضرت المستخلصات النباتية في مختلف المذيبات منها: المائي، الكحولي والحمضي..... أما المذيبات الأكثر استعمال هي الإيثانول والميثانول. كما نسجل المذيب الأقل تكلفة و غير سام هو الماء.

✓ تم اختبار هذه المستخلصات النباتية في وسط حمضي كحمض الهيدروكلوريك وحمض الكبريتيك و نسجل استعمال الحمض الأول بكثرة لأنه أكثر فعالية وأقل تكلفة مقارنة بالحمض الثاني وهذا في التجارب المخبرية، ولكن يستحسن إستعمال حمض الكبريتيك في الأعمال الميدانية لأنه أقل خطورة على درجة نقاوة من حمض الهيدروكلوريك.

✓ دراسة فعالية هذه المستخلصات لا يتطلب تكلفة ولا يستغرق فترة زمنية طويلة، من أشهر الطرق العملية لدراسة التآكل هي طريقة فقدان الكتلة و طريقة الدراسة الكهروكيميائية حيث تعتبر الطريقة الأولى و اللبنة الأساسية للطريقة الثانية و تطبيق كلا الطريقتين يعطي نتائج مقارنة.

✓ تستخدم دراسة فقدان الوزن لدراسة تأثير درجة الحرارة على زمن الغمر، معدل التآكل و مردود التثبيط للمستخلص بالنسبة للمعدن المدروس والتي أدت إلى تحديد حركية التفاعل والعوامل الديناميكية الحرارية التي تظهر نوع الامتزاز.

✓ ولتوضيح طبيعة وقوة الإمتزاز يتم اختبار نماذج أشهرها (Langmuir , Temkin, Frumkin) حيث تبين في معظم الدراسات السابقة بأن إمتزاز المستخلصات النباتية على سطح المعدن يخضع لنموذج ايزوتارم (Langmuir)

✓ لدراسة سطح المعدن تطبق الدراسات المورفولوجية أهمها: SEM و FTIR حيث تعمل الأولى على إثبات امتزاز المثبط على سطح الفولاذ من خلال مقارنة صورة السطح في غياب و في وجود المثبط و ملاحظة تشكيل الطبقة الواقية، أما الثانية فهي تعمل على التعرف على المجموعات الوظيفية الموجودة في أجزاء النبات و المسؤولة بدورها عن التثبيط.

✓ لقد تبين من خلال الدراسات التحليلية للمستخلصات النباتية احتوائها على عدد هائل من المركبات الكيميائية ذات الصيغ الكيميائية المميزة ب: روابط مضاعفة، ذرات متغايرة، حلقات اروماتية ووظائف هيدروكسيلية مما يكسبها فعالية تشييط التآكل. و أخيرا كحوصلة يمكن أن نوجه جهود البحث الحالية في مثبطات التآكل نحو التنمية من أجل تثمين هذه الدراسات لأن هذه المثبطات تعتبر مثبطات بديلة ممتازة ومقبولة بيئيا، ومتوفرة وبتكلفة منخفضة.

## المخلص:

يهدف هذا العمل إلى مساهمة في الدراسة الاستقصائية لتطبيق المستخلصات النباتية كمتبقيات لتآكل الفولاذ في الوسط الحمضي، حضرت هذه المستخلصات النباتية من مختلف الأعضاء خاصة الأوراق في مذيبات قطبية. حيث تم اختبارها في وسط حمضي بتطبيق طريقة فقدان الوزن و الطريقة الإلكتروكيميائية و تعتبر الطريقة الأولى الدعامه و اللبنة الأساسية للطريقة الثانية ولتوضيح طبيعة وقوة الإمتزاز يتم اختبار نماذج أشهرها (Langmuir , Temkin, Frumkin) حيث خضعت معظمها لنموذج ايزوتارم (Langmuir). لدراسة سطح المعدن تطبق الدراسات المورفولوجية أهمها: SEM و FTIR لقد تبين من خلال الدراسات التحليلية للمستخلصات النباتية احتوائها على العدد الهائل من المركبات الكيميائية ذات الصيغ الكيميائية المميزة.

**الكلمات المفتاحية:** الفولاذ، المستخلصات النباتية، تثبيط التآكل، الوسط الحمضي طريقة فقدان الوزن، الطريقة الإلكتروكيميائية، الإمتزاز، الدراسات المورفولوجية.

## Résumé:

Le but de ce travail est de mener une étude de la littérature scientifique pour contribuer à l'application d'extraits végétaux comme inhibiteurs de corrosion de l'acier en milieu acide Ces extraits végétaux ont été préparés à partir de divers organes notamment de feuilles dans des solvants polaires. Là où il a été testé en milieu acide en appliquant la méthode de perte de masse et la méthode électrochimique, et la première méthode est le support et l'élément de base de la deuxième méthode. Pour clarifier la nature et la force de l'adsorption, les modèles les plus connus (Langmuir, Temkin et Frumkin) sont testés, où la plupart d'entre eux ont été soumis au modèle isotarm (Langmuir). Pour étudier la surface du minéral, des études morphologiques sont appliquées, dont les plus importantes sont: SEM et FTIR. Des études analytiques sur des extraits de plantes ont révélé qu'ils contiennent un grand nombre de composés chimiques avec des formules chimiques distinctes.

**Les mots clés:** aciers, extraits végétaux, inhibition de la corrosion, milieu acide, méthode perte de masse, méthode électrochimique, adsorption, études morphologiques.

## Abstract:

The aim of this study is to conduct a survey of the scientific literature to contribute to the application of plant extracts as corrosion inhibitors of steel in an acidic medium. These extracted plant have been prepared from various organs, in particular leaves, in polar solvents. Where it has been tested in acidic medium by applying the mass loss method and the electrochemical method, the first method is the support and building block of the second method. To clarify the nature and the strength of adsorption, the best models (Langmuir, Temkin and Frumkin) are tested, where most of them have been subjected to the isotarm model (Langmuir). To study the surface of the mineral, morphological studies are applied, the most important are: SEM and FTIR. Analytical studies on plant extracts have shown that they contain a large number of chemical compounds with distinct chemical formulas.

**Key words:** steels, plant extracts, corrosion inhibition, acidic medium, mass loss method, electrochemical method, adsorption, morphological studies.