



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research



جامعة قاصدي مرباح ورقلة

University Kasdi Merbah-Ouargla

كلية الرياضيات وعلوم المادة

Faculty of Mathematics and Material Science

قسم الكيمياء

Chemistry Departement

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

تخصص: كيمياء المياه

من إعداد الطالبة: نعامي كلثوم

بعنوان

دراسة تأثير بعض المستخلصات النباتية على تثبيط تآكل الفولاذ  
الكربوني في وسط حمضي.

نوقشت علنا يوم: 2020/09/30 أمام لجنة المناقشة:

رئيس

أستاذ محاضر أ

هادف الدراجي

مناقش

أستاذ محاضر أ

بالفار محمد الأخضر

مؤطر

أستاذ محاضر ب

زروقي حياة

مساعد مؤطر

أستاذ محاضر أ

شربي رقيشة

السنة الجامعية: 2020/2019



## الإهداء

إلى فخري واعتزازي في الحياة معلم القرآن أبي العزيز رحمه الله "الطالب احميده"

إلى سندي في الحياة أُمي الغالية حفظها الله وبارك في عمرها

و إلى أخي العزيز البشير وأخواتي وكل أسرهم

وإلى رفيقات دربي صديقاتي

والى كل زميلاتي و زملائي بقسم الكيمياء

**حفظهم الله ورعاهم**



## شكر وامتنان

الحمد لله أولا وأخيرا الذي وفقني في إنجاز هذا العمل.

والحمد والشكر له على نعم المشرفة المتواضعة

الأستاذة " **زروقي حياة** "

أتقدم بكل عبارات الشكر والاحترام و الامتنان لها لما قدمته لي من مجهودات

وتسهيلات ونصائح وتوجيهات ودعم لإنجاز عملي هذا .

و الشكر الجزيل والتقدير إلى مساعد المشرف الأستاذة الفاضلة "**شربي رقية**" التي

ساهمت بكل ما إستطاعت تقديمه من وقتها وتوجيهاتها ونصائحها نعم السند كانت.

وأسعدني كثيرا قبول الأستاذ "**هادف الدراجي**" رئاسة لجنة المناقشة.

ولقد شرفني أن يكون الأستاذ "**بالفار محمد الأخضر**" عضو لجنة المناقشة.

ولن أنسى رفاق الدرب من أساتذة وطلبة جامعة قاصدي مرباح كلية الرياضيات

وعلوم المادة.

وكل الشكر والدعاء لمن ساندنا وقدم لنا يد العون.

**جزاهم الله كل الخير**

## الفهرس

الصفحة	العنوان
I	أهداء.....
II	شكر وامتنان.....
III	فهرس.....
VII	فهرس الأشكال.....
X	فهرس الجداول.....
IX	قائمة الرموز.....
1	مقدمة عامة.....
3	المراجع.....
4	الفصل الأول: عموميات حول التآكل وطرق الحماية منه.....
5	I-1- مقدمة.....
5	I-2- تعريف التآكل.....
5	I-3- آلية حدوث التآكل.....
6	I-4- العوامل المؤثرة على سرعة التآكل الكهروكيميائي.....
6	I-5- أنواع التآكل.....
6	I-5-1- التآكل الكيميائي(الجاف).....
6	I-5-2- التآكل الكهروكيميائي(الرطب).....
7	I-5-3- التآكل البكتيري.....
7	I-6- أشكال التآكل.....
7	I-6-1- التآكل العام أو المنتظم.....
7	I-6-2- التآكل الغلفاني.....
8	I-6-3- تآكل ما بين الحبيبات.....
8	I-6-4- التآكل بالتعرية.....

8	..... I-6-5- التآكل الإجهادي
9	..... I-6-6- التآكل النقري ( النقطي )
9	..... I-6-7- التآكل التجويفي أو الشقي
9	..... I-7- تآكل الفولاذ العادي في الأوساط الحمضية
10	..... I-8- آلية التآكل الكهروكيميائي للمعادن
10	..... I-8-1- المرحلة الأولى
10	..... I-8-2- المرحلة الثانية
11	..... I-9- شروط حدوث التآكل الكهروكيميائي للمعادن
12	..... I-10- الحماية من التآكل
12	..... I-10-1- الحماية بالتصميم المناسب
12	..... I-10-1-1- الحماية بالتصميم المناسب من ناحية البيئة
13	..... I-10-1-2- الحماية بالتصميم المناسب من ناحية الإجهادات
13	..... I-10-1-3- الحماية بالتصميم المناسب من ناحية الشكل والمظهر
13	..... I-10-2- الحماية باستخدام الطلاء
13	..... I-10-2-1- تعريف الحماية باستخدام الطلاء
13	..... I-10-2-2- خصائص الطلاء
14	..... I-10-2-3- أنواع الطلاء
14	..... I-10-3- الحماية المهبطية
14	..... I-10-3-1- تعريف الحماية المهبطية
14	..... I-10-3-2- طرق استعمال الحماية المهبطية
14	..... I-10-3-2-1- الحماية باستخدام تيار كهربائي مسلط
14	..... I-10-3-2-2- الحماية باستخدام مبدأ التضحية

14	4-10- I الحماية المصعدية:.....
14	1-4-10- I تعريف الحماية المصعدية.....
15	5-10- I الحماية باستخدام مثبتات التآكل.....
14	1-5-10- I تعريف المثبطات.....
15	2-5-10- I تصنيف المثبطات:.....
15	3-5-10- I أنواع المثبطات.....
15	1-3-5-10- I المانعات الممتازة.....
15	2-3-5-10- I معيقات إنطلاق الهيدروجين.....
15	3-3-5-10- I الكاسحات.....
15	4-3-5-10- I المركبات المؤكسدة.....
15	4-5-10- I ميكانيكية عمل مانعات التآكل.....
16	1-4-5-10- I المثبطات المصعدية.....
16	2-4-5-10- I المثبطات المهبطية.....
17	3-4-5-10- I المثبطات المختلطة.....
17	6-5-10- I الخصائص الأساسية للمثبطات.....
18	11- I- الدراسة التيرموديناميكية والحركية.....
18	1-11- I- الدراسة التيرموديناميكية.....
18	1-1-11- I- العلاقة بين فرق الجهد والأس الهيدروجيني.....
19	2-1-11- I- اتجاه التفاعل الكيميائي.....
20	3-1-11- I- منحني بوربييه للحديد في الوسط المائي عند درجة حرارة 25C°....
21	2-11- I- الدراسة الحركية.....
23	المراجع.....
25	الفصل الثاني: طرق دراسة التآكل.....
26	1-II- مقدمة.....

26	..... طرق دراسة التآكل. II -2-
26	..... طريقة فقدان الوزن. II -1-2-
26	..... حساب سرعة التآكل بطريقة فقدان الوزن. II -1-1-2-
27	..... مردود التثبيط R. II -2-1-2-
27	..... نسبة تغطية السطح. II -3-1-2-
27	..... الطريقة الكهروكيميائية. II -2-2-
28	..... الطرق الكهروكيميائية المستقرة. II -1-2-2-
28	..... منحى الإستقطاب الكهروكيميائي. II -1-1-2-2-
28	..... التركيب التجريبي المستعمل. II -2-1-2-2-
29	..... طريقة الإستعمال. II -3-1-2-2-
30	..... منحنيات الإستقطاب. II -4-1-2-2-
31	..... مردود التثبيط. II -4-1-2-2-
32	..... الطرق الكهروكيميائية المتغيرة. II -2-2-2-
32	..... مطيافية الممانعة الكهروكيميائية. II -1-2-2-2-
34	..... القياس التجريبي للممانعة الإلكتروكيميائية. II -2-2-2-2-
34	..... طريقة الإستعمال. II -3-2-2-2-
35	..... مردود التثبيط. II -4-2-2-2-
36	..... المراجع
38	..... الفصل الثالث: دراسة مقالات علمية عالمية
39	..... مقدمة. III -1-
40	..... طرق الإستخلاص. III -2-
42	..... طرق تحضير تراكيز محاليل العينات. III -3-
43	..... طرق تحضير عينات الفولاذ الكربوني. III -4-
44	..... الطرق المعتمدة في الدراسة. III -5-
46	..... القوانين المستخدمة لحساب قيمة سرعة التآكل. III -6-

47	..... النتائج III -6-
49	..... مناقشة النتائج III -7-
49	..... نتائج فقدان الوزن III -1-7-
49	..... نتائج منحنيات الإستقطاب III -2-7-
50	..... نتائج الممانعة III -3-7-
54	..... مناقشة النتائج III -8-
54	..... نتائج الممانعة III -1-8-
54	..... نتائج منحنيات الاستقطاب III -2-8-
57	..... مناقشة النتائج III -9-
57	..... نتائج فقدان الوزن III -1-9-
58	..... نتائج منحنيات الإستقطاب III -2-9-
58	..... نتائج الممانعة III -3-9-
59	..... مناقشة النتائج III -10-
59	..... نتائج فقدان الوزن III -1-10-
60	..... نتائج الممانعة III -2-10-
60	..... نتائج منحنيات الاستقطاب III -3-10-
62	..... المراجع
63	..... الخاتمة
64	..... الملخص

### قائمة الأشكال

الصفحة	الشكل
	الفصل الأول
7	الشكل (I - 1): للتآكل المنتظم



7	الشكل (I- 2): صورة للتآكل الغلفاني
8	الشكل (I- 3): صورة للتآكل مابين الحبيبات
8	الشكل (I- 4): صورة للتآكل بالتعريية.
8	الشكل (I- 5): صورة للتآكل الإجهادي
9	الشكل (I- 6): صورة للتآكل النقري
9	الشكل (I- 7): صورة للتآكل التجويفي
13	الشكل (I- 8): صور لبعض التصاميم الهندسية المناسبة لتفادي التآكل
15	الشكل (I- 9): منحى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط الأنودي ودون وجوده a و b على التوالي.
16	الشكل (I- 10): منحى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط الكاثودي ودون وجوده a و b على التوالي.
16	الشكل (I- 11): منحى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط العضوي ودون وجوده a و b على التوالي.
17	الشكل (I- 12): تشكل طبقات حاجزة كاثودية وأنودية من التفاعلات الكهروكيميائية في الوسط الحمضي.
20	الشكل (I- 13): منحى بوريه للحديد في الوسط المائي عند درجة حرارة $25^{\circ}C$ .
22	الشكل (I- 14): يمثل منحى Tafel
29	شكل (II- 1): دائرة قياس الإستقطاب
30	الشكل (II- 2): منحى الإستقطاب الخطي $i=f(E)$ .
30	الشكل (II- 3): منحى تحديد تيار التآكل $i_{cor}$ اعتمادا على مستقيمات Tafel.
33	الشكل (II- 4): الاثارة الجيبية لكمون المسري
34	الشكل (II- 5): تركيب قياس الممانعة
35	الشكل (II- 6): منحى نيكويست لدارة بسيطة مكافئة لخلية كهروكيميائية
47	الشكل (III- 1): سرعة التآكل وكفاءة التثبيط تراكيز مختلفة من المستخلص RLE في وسط حمض الكبريتيك (0.5M) عند $298 K^{\circ}$ .
48	الشكل (III- 2): تأثير تغيير التركيز على منحى Tafel الإستقطابي للفولاذ الكربوني في وسط حمض الكبريتيك (0.5M) لمختلف تراكيز المستخلص RLE.

48	الشكل (III -3): تأثير تغيير التركيز على منحني نيكويست للفولاذ الكربوني في وسط حمض الكبريتيك (0.5M) لمختلف تراكيز المستخلص RLE.
49	الشكل (III -4): منحني ايزوتارم لانغموير لامتزاز مختلف تراكيز المستخلص RLE على سطح الفولاذ الكربوني في محلول حمض الكبريتيك (0.5M) في درجة حرارة (298-328).
52	الشكل (III -5): تأثير تغيير التركيز على منحني Tafel الإستقطابي للفولاذ الكربوني C38 في وسط (b) حمض الكبريتيك (0.5M) و وسط (a) حمض الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز المستخلص AERMS.
52	الشكل (III -6): تأثير تغيير التركيز على منحني نيكويست للفولاذ الكربوني C38 في وسط (d) حمض الكبريتيك (0.5M) و وسط (a) حمض الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز المستخلص AERMS.
53	الشكل (III -7): منحني Tafel الإستقطابي (b) و منحني نيكويست (a) للفولاذ الكربوني. C38 في وسط حمض الكبريتيك (0.5 M) في غياب و وجود KI و AERMS و وجود KI و AERMS معا.
53	الشكل (III -8): منحني Tafel الإستقطابي (a;c) و نيكويست (b;d) للفولاذ الكربوني C38 في وسط حمض الهيدروكلوريك (1 M) و وسط حمض الكبريتيك (0.5M) لمختلف المثبطات بتركيز 10mg/L.
54	الشكل (III -9): منحني ايزوتارم لانغموير لامتزاز مختلف تراكيز المستخلص AERMS على سطح الفولاذ الكربوني C38 في محلول حمض الكبريتيك (0.5M) و محلول حمض الهيدروكلوريك (M1).
56	الشكل (III -10): تأثير تغيير التركيز على منحني Tafel الإستقطابي للفولاذ الكربوني في وسط حمض الهيدروكلوريك لمختلف تراكيز مستخلص الفلفل الأسود.
57	الشكل (III -11): تأثير تغيير التركيز على منحني نيكويست للفولاذ الكربوني في وسط حمض الهيدروكلوريك لمختلف تراكيز مستخلص الفلفل الأسود.
57	الشكل (III -12): منحني ايزوتارم لانغموير لامتزاز مختلف تراكيز مستخلص الفلفل الأسود على سطح الفولاذ الكربوني في محلول حمض الهيدروكلوريك (1M).
59	الشكل (III -13): تأثير تغيير التركيز على منحني Tafel الإستقطابي للفولاذ

	الكربوني XC 80 في وسط حمضي الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز مستخلص OME و Ni-OMNPs.
59	الشكل (III-14): تأثير تغيير التركيز على منحني نيكويست للفولاذ الكربوني X80 في وسط حمض الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز المستخلص Ni- و OME-OMNPs.

### قائمة الرموز

$e^-$ : شحنة الإلكترون	M: تمثل أي معدن
$\Delta G$ : التغير في الطاقة الحرة	$\Delta G^\circ$ : التغير في الطاقة الحرة القياسية
T: ثابت الغازات المثالية	Z: عدد الكترونات التكافؤ
E: القوة الدافعة الكهربية	$E^\circ$ : القوة الدافعة الكهربية القياسية
pH: الأس الهيدروجيني	$\eta$ : فرق الجهد
$\Delta G_a$ : الطاقة الحرة للمصعد	$\Delta G_c$ : الطاقة الحرة للمهبط
$E_c$ : الجهد عند المهبط	F: عدد فارادي
$\vec{i}_a$ : كثافة التيار عند المصعد	$E_a$ : الجهد عند المصعد
$i$ : كثافة تيار التآكل	$\vec{i}_c$ : كثافة التيار عند المهبط
$E_{corr}$ : جهد التآكل	$i_{corr}$ : تيار التآكل
$b_c$ : مقدار الميل لمنحني المصعد ثابت تافل للمهبط.	$b_a$ : مقدار الميل لمنحني المصعد ثابت تافل للمصعد
$R_\omega$ : المقاومة الأومية	$R_{ct}$ : مقاومة إنتقال الشحنة
[Red]: تركيز المؤكسد	[Ox]: تركيز المرجع
S: المساحة	$\Delta m$ : التغير في الوزن
R%: مردود التنشيط	t: الزمن
$v_0$ : سرعة التآكل في غياب المثبط	$\omega$ : السرعة الزاوية
m: مقدار الخسارة في الكتلة في وجود المثبط.	$v_{corr}$ : سرعة التآكل في وجود المثبط .

$m_0$ : مقدار الخسارة في الكتلة في غياب المثبط.	$C_{dl}$ : سعة الطبقة المضاعفة
$\theta$ : نسبة تغطية السطح	$\Delta E$ : التغير في الكمون
$\Delta I$ : التغير في التيار	$E_i$ : كمون المسري في وجود التيار
$E_d$ : كمون المسري في غياب التيار	$I_{corr}(inh)$ : كثافة التيار للالكترود في وجود المثبط
$I_{corr}$ : كثافة التيار للالكترود في غياب المثبط	$Z'$ : إحداثيات الإستقطاب في الاتجاه الأفقي
$Z''$ : إحداثيات الإستقطاب في الاتجاه العمودي	NPs: nanoparticles نانوية جسيمات
radish leaf extract :RLE مستخلص أوراق الفجل	:Ni-nanocomposites nickel nanocomposite
Alkaloid extract from :AERMS <i>Rauvolfia macrophylla</i> Stapf مستخلص قلويدات رافوليفيا ماكروفيلا ستابف	chemical impedance : EIS Spectroscopy مطيافية الممانعة الكهروكيميائية
Tetrahydroalastonine: THA تتراهيدروالاستونين	The nanocomposites : Ni- OMNPs مركبات نانوي
Perakine : PER بيراكين	onion mesocarp extracts :OME
SCE: قطب كالميل مشبع	/
.potentiostat/galvanostat:(12PGSTAT)	GPES: (Gen- eral Purpose Electrochemical System). . (نظام كهروكيميائي للأغراض عامة)
(Frequency Response Analysis) FRA (تحليل : الإستجابة للتردد).	electro- chemical system: (CHI 660E): (نظام كهروكيميائي للأغراض).



مقدم ة عامة

## مقدمة عامة

إن تطوير المعادن واستغلالها في جميع المجالات، هو ما يزيد من تقدم وازدهار الاقتصاد في العصر الراهن، هذا لأننا نحتاجها في وسائل النقل و المباني وحتى الأغذية... الخ. [5]

ف نجد من بينها معدن الحديد، الذي يعتبر من المعادن المهمة والأساسية إذا تم تحويله إلى الحديد الصلب أو ما يعرف بالفولاذ، وهو سبيكة معدنية تتكون من الحديد ونسب ضئيلة من العناصر الأخرى مثل الكربون والنحاس والمنغنيز... الخ) فكل الصناعات والتطبيقات تعتمد عليه بنسبة كبيرة وذلك لوفرتة وتكلفته المنخفضة ومثابته القوية. [6][7]

لكن هذا لا يفي كونه أكثر المواد عرضة لظاهرة التآكل، والتي تعد ظاهرة طبيعية خطيرة لا رجع فيها ولا تستثنى أي مادة من التلف أو البلى. [5]

وبسبب التآكل تنجم خسائر مادية تقدر بملايين الدولارات سنويا، كما يحدث في المنشآت الصناعية كتهور خطوط البترول والغاز والخزانات كذلك إهتراء في قطاعات النقل والمعدات العسكرية والأجهزة المنزلية... الخ، كلها تحول من صناعة جديدة متطورة إلى هياكل بالية محطمة وأكوام غير صالحة للاستعمال ، إضافة إلى تكاليف التصليح والحماية وتراجع مردود الإنتاج، فنسبة 20 % من الحديد الذي ينتجه الأمريكيون وفق إحصائياتهم يستعمل فقط للتعويض عن الفولاذ الذي أنتجوه سابقا وأُتلف، والأهم من ذلك الخسائر البشرية التي يتسبب فيها يوميا كحوادث وسائل النقل والجسور وأجهزة المصانع، كذلك الأمراض والأوبئة الناتجة إما عن تسرب المواد السامة من الأنابيب المدفونة تحت الأرض إلى النبات والمياه وبالتالي إلى الإنسان أو تواجد الصدأ في المياه، النابع من تآكل أنابيب نقل المياه و الخزانات ، و علب المواد الغذائية... الخ ، كلها أسباب تؤدي إلى هلاك الكائنات الحية وإحداث أضرار جسيمة بالبيئة إذا لم نسع إلى منعها، أو تعطيلها بأية طريقة. [2][17]

لكن فهم سبب هذه المشكلة وطريقة حدوثها كفيل بالمساعدة على إيجاد حلول لها ومنعها، ومن الحلول العلمية للحماية من التآكل نجد: [2]

المثبطات (المعيقات) وهي إحدى طرق التي تساهم في الحماية من خطر التآكل و أضراره و تختلف بأنواعها وطريقة عملها وتصنيفها ودرجة خطورتها، فمنها ما يضر بالبيئة مع مرور الزمن لسميته وعدم تحلله ومنها ما هو صديق لها كمثبطات المستخلصات النباتية التي أثبتت كفاءتها في التثبيط في الكثير من الحالات وامتيازها بالوفرة في الطبيعة. [19]

ومن خلال الظروف المحيطة وهي تفشي وباء COVID-19 في العالم منعنا من الدخول إلى المخبر لهذا قمنا بتلخيص بعض المقالات العلمية العالمية. لأجل معرفة تأثير المستخلصات النباتية على تثبيط تآكل الفولاذ في الوسط الحمضي.

و عملنا هذا مقسم إلى ثلاثة فصول

الفصل الأول: تضمن عموميات حول التآكل وطرق الحماية منه

أما الفصل الثاني: فتطرق إلى طرق دراسة التآكل.

الفصل الثالث: وتم فيه تلخيص بعض المقالات العلمية العالمية حول الدراسة التثبيطية لبعض المستخلصات النباتية لتآكل الفولاذ.



## المراجع:

## المراجع بالعربية

- [2] د. عمر بن عبد الله الهزازي الكيمياء الكهربائية ، (ص 812- 818)
- [3] تآكل المعادن المحاضرة الثامنة جامعة الأندلس سوريا (ص 111-112)
- [5] دغموش مسعودة تحضير وتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض مركبات ثنائي ثيول ثيون وأملاحها المرافقة لتطبيق فعاليتها التثبيطية في دراسة تآكل المعادن أطروحة دكتوراه ورقة جامعة قاصدي مرباح 2014 (ص.د-2)
- [6] عادل عبده الزهراء رشق السعدي جامعة القادسية. دراسة منحنيات الإستقطاب للصلب الكربوني (X65-Steel) في الوسط الحمضي العراق مذكرة ماجستير 2016 (ص 1)
- [7] أحلام الجوجة دراسة تآكل الحديد وكيفية الحماية منه بإستخدام طرائق كيميائية وكهربائية مذكرة ماجستير سوريا جامعة البعث. (ص 18- 19)
- [17] د. خالد عثمان شرف، دراسة سلوك الفولاذ الكربوني في الأوساط المائية، مجلة جامعة دمشق العلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون، 2012 ، العدد الأول (ص.382-388)

## المراجع باللاتينية:

[19]

Li, D. Zhang; P. Guo, X. Zhao, X. and Xu, Y. 2019. The inhibition of mild steel corrosion in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution by radish leaf extract. The Royal Society of Chemistry Journal. Vol. 9, 40997. 210\*275mm.pp (40997)

# الفصل الأول

عموميات حول التآكل وطرق الحماية منه

### I-1- مقدمة:

باعتبار التآكل أحد العوامل الإتلافية العامة التي لاتزال مستمرة، فيجب علينا معرفته ومعرفة العوامل المتسببة فيه وطرق الوقاية منه، وذلك لتجنب الخطر والخسائر الناجمة عنه.

### I-2- تعريف التآكل :

يُعرف التآكل Corrosion بأنه تلف المادة ( معدن لا معدن بلاستيك.خشب... الخ) نتيجة لتفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط المحيط به، أو يعرف بأنه عملية تلقائية طبيعية يتم فيها إعادة المعدن إلى حالته الطبيعية الثابتة ( الحالة الخام) التي كان عليها في الطبيعة قبل استخلاصه و هو تفاعل غير عكوس.

هذا ويخطئ البعض عند استخدام التعبير صداً بدلاً من التآكل، فالصداً هو المادة الناتجة عن تآكل الحديد (أكساييد الحديد) فقط. [1] [5][7]

### I-3- آلية حدوث التآكل:

لماذا يحدث التآكل؟

السبب الذي يدعو الى عملية التآكل هو عدم وجود ثبات أو إستقرار للمعدن، وبسبب تأثير الطاقة الحرة (Free Energy) فان المعادن تميل للعودة إلى حالاتها الأصلية الخام التي كانت عليها قبل إستخلاصها . وينشأ التآكل نتيجة التفاعل الذي يحدث بين المعدن و الأجواء المحيطة به سواءا كانت سائلة أو غازية ، فتحدث اكسدة للمعدن كما يلي : [6]



M = تمثل أي معدن

بينما يتم إرجاع المؤكسد حسب نوعه و وسطه.

#### I-4- العوامل المؤثرة على التآكل الكهروكيميائي :

يتسبب في هذه الظاهرة عدة عوامل مساعدة داخلية و خارجية نذكر منها:

العوامل الخارجية:	العوامل الداخلية :
<ul style="list-style-type: none"> <li>• الأس الهيدروجيني PH: بزيادة الأس الهيدروجيني في الوسط تزداد تركيز أيونات الهيدروجين وبالتالي تزداد حامضية الوسط وهذا يؤثر على سرعة التآكل.</li> <li>• درجة الحرارة: الزيادة في درجة الحرارة بمقدار <math>30^{\circ}\text{C}</math> يسبب الزيادة في سرعة التآكل بأضعاف.</li> <li>• الأملاح الذائبة: زيادة الأملاح الذائبة في الوسط تزيد من سرعة إنتقال التيار الكهربائي وبالتالي زيادة سرعة التآكل. [6]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• طبيعة المعدن: المعدن الذي يكون غير متجانس أو يتكون من معدنين مختلفين يكون أكثر عرضة للتآكل.</li> <li>• المعالجة الحرارية: تؤدي المعالجات الحرارية الى إحداث تغيرات غير مرغوبة في بنية لمعدن مما يساهم في سرعة تآكله. [6]</li> </ul>

الجدول (I-1) العوامل المؤثرة على التآكل الكهروكيميائي :

#### I-5 أنواع التآكل:

##### I-5-1- التآكل الكيميائي ( الجاف ):

هو تفاعل كيميائي يحدث بين سطح المعدن وغاز أو سائل غير كهروليتي. على سبيل المثال : أكسدة الفولاذ العادي عند درجات حرارة عالية بواسطة أكسجين الهواء هو عبارة عن تآكل كيميائي. [3] [5]

##### I-5-2- التآكل الكهروكيميائي ( الرطب ):

هو تفاعل كهروكيميائي بين سطح المعدن ومحلول كهروليتي، ويرافق هذا التفاعل تشكيل خلية غلفاني، ويشكل هذا النوع 90% من حالات التآكل. [10]

### 3-5- I - التآكل البكتيري:

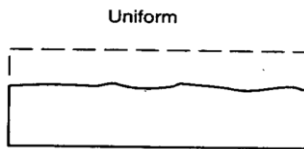
هو هجوم بكتيري لمواد معدنية، خاصة في الأنابيب والخزانات المدفونة. وذلك لأن التمثيل الغذائي لبعض البكتيريا ينتج حمض الكبريتيك و بالتالي تشكل وسط كهروليتي مؤكسد للمعدن مما يؤدي إلى تآكل كهروكيميائي. لذا يمكن إدراج التآكل البكتيري ضمن التآكل الكهروكيميائي. [5][10]

### I -6- أشكال التآكل:

اعتمادا على مظهر المعدن المتآكل، يمكن تصنيف أشكال مختلفة للتآكل كما يلي:

#### I -6-1- التآكل العام أو المنتظم:

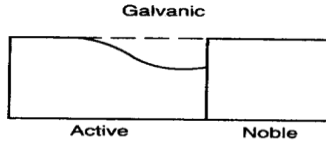
هو ضياع للمادة بطريقة منتظمة إلى حد ما على جميع سطح المعدن و بنفس المعدل مما يجعل سماكة التآكل منتظمة. و يحدث هذا النوع من التآكل خاصة على المعادن المعرضة لبيئات حمضية، وهو أكثر الأنواع انتشارا وأقلها خطرا. [2] [6] [11] [14]



الشكل (I -1): للتآكل المنتظم

#### I -6-2- التآكل الغلفاني:

يحدث هذا النوع من التآكل عند اتصال معدنين مختلفين ببعضهما في وسط تآكل كهروليتي، و كلما كان فرق الجهد بينهما متباعدة حسب السلسلة الكهربائية كان التآكل اشد على المعدن الأقل جهدا. [3] [6] [14]



الشكل (I 2): صورة للتآكل الغلفاني

### I-6-3- تآكل ما بين الحبيبات:

ينشأ بين المعادن والسبائك التي تكون فيها الحدود الحبيبية نشطة جدا بالنسبة إلى باقي مساحة الحبيبات، بسبب تركيز الشوائب بها أو بسبب زيادة أو نقص تركيز احد إضافات السبك، فتتكون خلايا غلفانية بين هذه الأجزاء النشيطة ( الأنودات) وباقي السطح و تؤدي إلى معدل تآكل بين حبيبي عال. [3][11]



الشكل (I 3): صورة للتآكل ما بين الحبيبات

### I-6-4- التآكل بالتعرية:

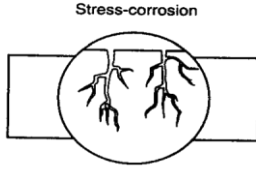
يحدث هذا النوع نتيجة للحركة السريعة لوسط التآكل على المعدن، مما يؤدي إلى إزالة بعض الأجزاء من السطح أو من طبقة الأكسيد الواقية، و يتميز هذا النوع بظهور التمججات و الأخاديد، و تشيع هذه الصورة في المعدات المستخدمة في الأوساط المالحة ذات السريان العالي. [1] [3] [6]



الشكل (I 4): صورة للتآكل بالتعرية.

### I-6-5- التآكل الإجهادي:

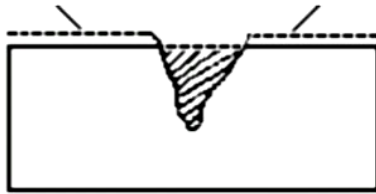
يحدث هذا النوع بسبب وجود إجهاد على الجزء المتآكل في وسط معين على التآكل، فتتكون شقوق على سطح المعدن تكبر مع الوقت بسبب استمرار الإجهاد على سطح المعدن. [3] [5] [6]



الشكل (I-5): صورة للتآكل الإجهادي

### I-6-6- التآكل النقري (النقطي):

يعتبر التآكل النقري تآكلاً غير منتظماً، ينشأ عنه نقر صغير (حفرة) على سطح المعدن، وهو شائع الحدوث في كثير من المعادن في أوساط المياه المالحة و غالباً في المعادن التي لا تصدأ مثل فولاذ (8/18) ويحتاج حدوثه إلى توفر أيون الكلوريد في بيئة التآكل. [6][11][14]

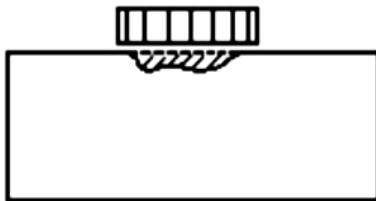


التآكل بالنقر

الشكل (I 6): صورة للتآكل النقري

### I-7-6- التآكل التجويفي أو الشقي:

يحدث هذا التآكل على سطح المعادن في المناطق الضيقة التي يتعذر وصول الأكسجين إليها أو يصل بكميات ضئيلة، و يصبح بذلك أنودات، في حين تكون الكاثودات هي باقي سطح المعدن المحيط بها و التي يتوافر بها الأكسجين. و يحدث ذلك في الشقوق و الفجوات و الصدوع الصغيرة و تحت قشور الأكاسيد الصلبة. [13] [14]



التآكل بين الفجوات

الشكل (I 7): صورة للتآكل التجويفي

### I-7- تآكل الفولاذ العادي في الأوساط الحمضية:

يتم استخدام الأوساط الحمضية على نطاق واسع في الصناعة البترولية. معظم مشاكل التآكل الحادة التي تواجهها الصناعات التحويلية بسبب حمضية الأوساط، هذه الأوساط أكالة بشكل طبيعي وتشكل أوساط عدوانية للمعادن والسبائك.

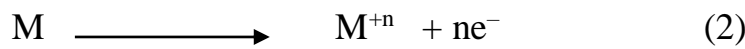
حيث يتأكسد المعدن مشكلا أنودا بينما ترجع ايونات الهيدروجين مشكلة كاثودا، و هذا ما يمثل التآكل الكهروكيميائي.

### I-8- آلية التآكل الكهروكيميائي للمعادن:

يمكن تفسير الآلية الكهروكيميائية المؤدية إلى عملية تآكل و تخريب المعدن، على أنها تفاعل أكسدة – إرجاع، يتم إنجازه على مرحلتين: [3]

**I-8-1- المرحلة الأولى:** و تتمثل بعملية التأكسد المصعدي ، التي تتم بطريقة تلقائية، وتفقد خلالها ذرات المعدن المكونة للمصعد الكترولونات التكافؤ، متحولة إلى شوارد موجبة. [3]

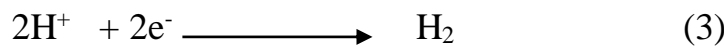
تفاعل التأكسد المصعدي: قطب الأنود



**I-8-2- المرحلة الثانية:** و تتمثل بعملية الإرجاع المهبطي K التي تتم بصورة تلقائية، و يتم خلالها التقاط الالكترولونات المتحررة على سطح المعدن من قبل شوارد الهيدروجين إذا كان الوسط حمضيا، و من قبل الأكسجين المنحل في الماء إذا كان الوسط معتدلا.

تفاعل الإرجاع المهبطي: قطب الكاثود:

إذا كان الوسط حمضيا:



إذا كان الوسط قلويا و معتدلا:



وكمثال تطبيقي على ما سبق؛ عملية صدأ الصلب المشهورة ما هي إلا تفاعل أكسدة واختزال لعنصر الحديد عند تعرضه لوسط رطب حامضي، و تحول الحديد Fe إلى صدأ، و ذلك كما يلي :



تفاعل الأكسدة عند الأنود:



ومن خلال هذا التفاعل، تنتقل الإلكترونات إلى الكاثود من خلال سطح الحديد حتى تتفاعل مع البروتونات في وجود محلول الكتروليتي كالتالي:

تفاعل الاختزال عند الكاثود:



ويمكن اختصار المعادلات الأنودية و الكاثودية في معادلة واحدة تُعبر عن التفاعل:



**I-9- شروط حدوث التآكل الكهروكيميائي للمعادن :**

لكي يحدث تآكل لمعدن ما، يجب توفر الشروط التالية:

- لا بد من وجود مؤكسد ومرجع.
- أن يكون جهد المؤكسد أكبر من جهد المرجع  $E_c > E_a$  [3][16]

**I-10- الحماية من التآكل:**

لا يمكن من الناحية العلمية منع التآكل منعاً تاماً، إلا أنه يمكن تحسين مقاومة الفلزات والسبائك وإطالة عمرها بوسائل وطرق عديدة، من بينها:

**I-10-1- الحماية بالتصميم المناسب:**

بما أن التصميم هو الخطوة الأولى لتحقيق المشروع، فإنه ذو أهمية كبرى لتفادي حدوث معظم أنواع التآكل، وهو يشمل عدة نواحي نذكر منها: [1]

**I-10-1-1- الحماية بالتصميم المناسب من ناحية البيئة:**

- **الطبيعية الجغرافية للبيئة :** التهوية والمياه والتربة يختلف تأثيرها بإخلاف نوعها ومناطق تواجدها. [1]
- **الأوساط الكيميائية:** تختلف الأنواع الكيميائية المستخدمة بإخلاف الأوساط الكيميائية فالمعادن المستعملة لتفادي التآكل في مياه البحر تختلف عن المستعملة لتفادي التآكل في الوسط الجوي. [1]
- **الأوساط الأخرى:** مثل التحام المواد المعدنية مع المواد الغير معدنية مثل الخشب، البلاستيك... [1]
- **درجة الحرارة:** كقاعدة عامة بزيادة درجة الحرارة عن  $30^{\circ}\text{C}$  يزداد معدل التآكل لمعدن الحديد أضعاف عند الرطوبة النسبية العالية. [1]

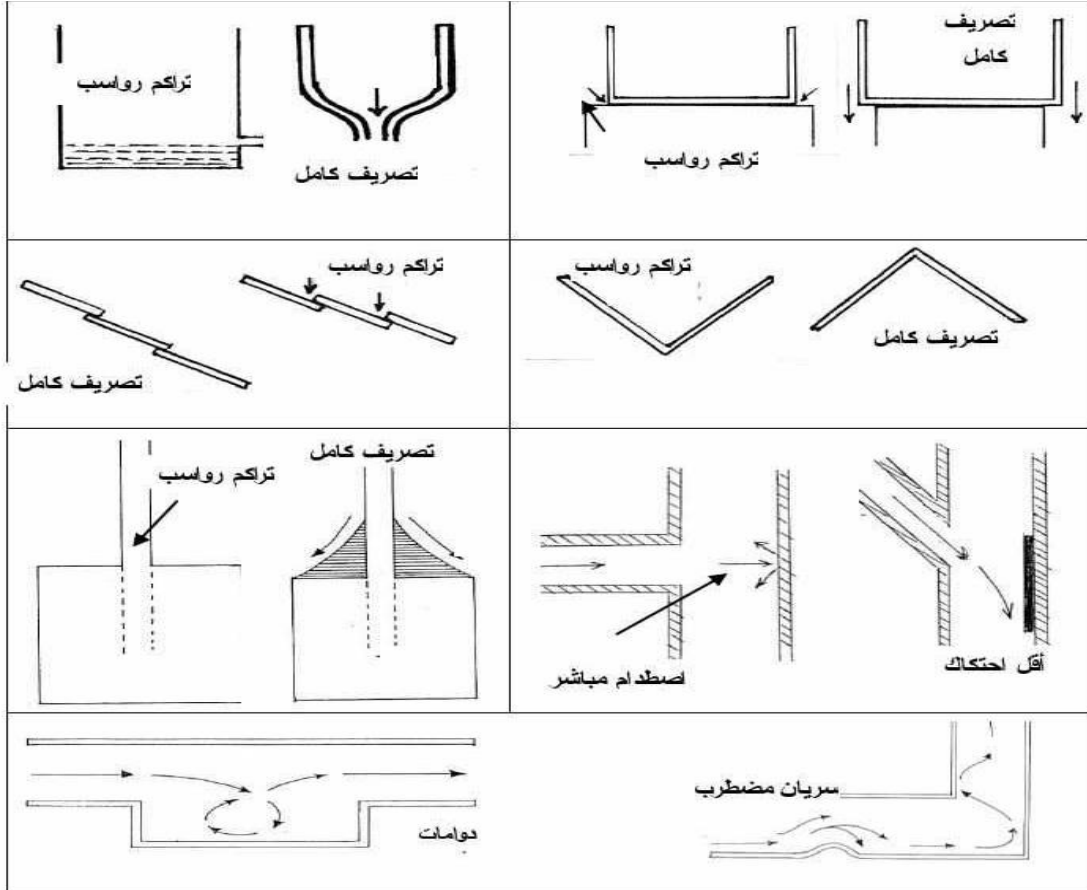
**I-10-1-2- الحماية بالتصميم المناسب من ناحية الإجهادات:**

التصميم المناسب يجب أن يأخذ في عين الاعتبار جميع الإجهادات التي تحدث خلال عمر الآلة، وتتضمن إجهادات التشكيل والإجهادات الحرارية عند التصنيع والإهتزاز وكذلك إجهادات الاختبار والتشغيل. [1]

**I-10-1-3- الحماية بالتصميم المناسب من ناحية الشكل والمظهر:**

- **اللحام:** يعتبر اللحام من أفضل الطرق لربط قطع المعدن الواحد ويجب أن يكون خالياً من النتوءات والفجوات.
- **الرواسب:** في الأسطح الأفقية (مثل: أسقف المباني والأنابيب وقيعان الخزانات ...) كثيراً ما تتسبب المياه والأتربة، وهنا يجب تصميم أماكن لتصريفها وعدم تراكمها. [1]

والشكل التالي يمثل الشكل الصحيح لبعض التصاميم :



الشكل (I-8): صور لبعض التصاميم الهندسية المناسبة لتفادي التآكل

## I-10-2- الحماية باستخدام الطلاء:

يعد الطلاء أحد أنواع الحماية من التآكل ويختلف باختلاف أنواعه.

### I-10-2-1- تعريف الحماية باستخدام الطلاء:

الحماية باستخدام الطلاء: هي تكوين طبقة حماية على سطح المعدن مما يمنع اتصال سطح المعدن بالوسط الأكل. [2][4]

### I-10-2-2-2- خصائص الطلاء: خصائص الطلاء متعددة ومختلفة نذكر منها:

جيدة الالتصاق، لهل مقاومة ضد رطوبة التربة، ولها مقاومة ضد الماء، ومقاومة كهربائية عالية [4]

جيدة الالتصاق، لهل مقاومة ضد رطوبة التربة، ولها مقاومة ضد الماء، ومقاومة كهربائية عالية [4]

### I-10-2-3- أنواع الطلاء:

- الطلاء الفلزي: هو عبارة عن طبقة ممتزة رقيقة من فلز أقل ميلا للتآكل يغطي بها فلز آخر أكثر ميلا للتآكل. [2]
- الطلاء العضوي: وهو مجموعة مواد الصباغة والمواد اللاصقة والملدن و المذيبات. [1]
- الطلاء غير العضوي : الطلاء بالغمس الساخن والطلاء بالترسيب الكهربائي والطلاء الفاصل للحرارة. [2][1]

### I-10-3- الحماية المهبطية:

I-10-3-1- تعريف الحماية المهبطية: هي عملية حقن مستمر للمعدن المراد حمايته، بالإلكترونات السالبة، ليكون مهبطا ويصبح القطب المقابل له في نفس الوقت مصعدا. [2]

### I-10-3-2- طرق استعمال الحماية المهبطية:

#### I-10-3-2-1- الحماية باستخدام تيار كهربائي مسلط :

هذه الطريقة تعتمد على تمرير تيار كاثودي معاكس لتيار التآكل. [2]

#### I-10-3-2-2- الحماية باستخدام مبدأ التضحية:

تتم باستعمال معادن نشطة مثل الألمنيوم والماغنيسيوم بحيث تمثل هذه المعادن مصعدا إذ تم وصلت بالمعادن الأخرى مثل الحديد والنيكل في بيئة واحدة، أي أنها تتضحى بنفسها وتتآكل بدلا من المعدن المراد حمايتها. [2][13]

#### I-10-4- الحماية المصعدية:

**I-1-4-10-1- تعريف الحماية المصعدية:** وتتمثل في تسليط تيار خارجي مصعدي على سطح المعدن المغمور في المحلول الموصل، لتحويل تيار التآكل إلى منطقة السالبة. [2][13]

### **I-10-5- الحماية باستخدام مثبتات التآكل:**

تعتبر المثبتات نوع آخر للحماية من التآكل وتختلف باختلاف تصنيفها وآلية عملها.

#### **I-1-5-10-1- تعريف المثبتات:**

فالمثبتات هي: المواد التي تضاف لوسط التآكل، بتراكيز ضئيلة فتعيق أو تقلل من سرعة التآكل للمعدن. [1][2][15]

#### **I-10-5-2- تصنيف المثبتات:**

يمكن للمثبتات أن تكون كيميائية أو اصطناعية أو طبيعية. [1]

#### **I-10-5-3- أنواع المثبتات:**

**I-1-3-5-10-1- المانع الممتزة:** وهي المركبات التي عندما نضيفها للوسط تتراكم على سطح المعدن لمنع ذوبانه كمصعد أو اختزاله كمهبط معاً. [1][7]

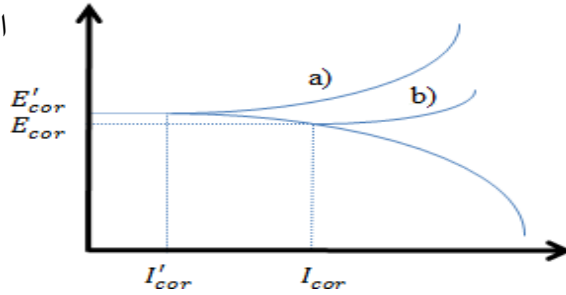
**I-10-5-3-2- معيقات إنطلاق الهيدروجين:** هي المركبات التي عندما نضيفها للوسط تؤخر من عملية إزالة الإستقطاب للهيدروجين مثل أيونات الزرنيخ والأنتيمون. [1][7]

**I-10-5-3-3- الكاسحات:** وهي المركبات التي عندما نضيفها للوسط تعمل على إزالة العناصر والمركبات التي تزيد من تآكل المعدن في وسط معين مثل كاسحات الأكسجين. [1][7]

**I-10-5-3-4- المركبات المؤكسدة:** وهي المركبات التي عندما نضيفها للوسط تعمل على تكوين غشاء سالب على سطح المعدن لحمايته من التآكل. [1][7]

#### **I-10-5-4- ميكانيكية عمل مانعات التآكل:**

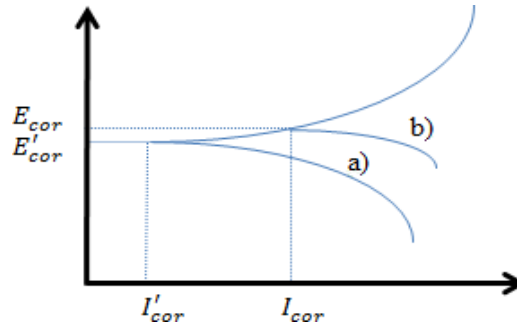
**I-10-5-4-1- المثبطات المصعدية:** هي مثبطات عضوية تقوم بإبطاء التفاعل الأنودي وذلك بتخفيض كثافة التيار الجزئي المصعدي فيتناقص، وتزيح كمون التآكل في الاتجاه الموجب، وتتكون من نوعين: المانعات المصعدية المؤكسدة (مثل: أيونات الكروميت و انتريت)، والمانعات المصعدية غير المؤكسدة (مثل: هيدروكسيد الصوديوم).



[1].(الصوديوم)

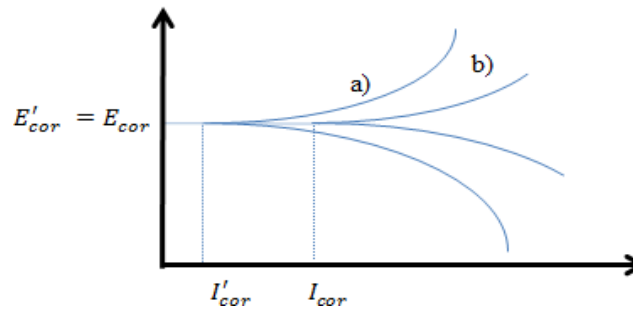
الشكل (I-9): منحنى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط الأنودي ودون وجوده a و b على التوالي.

**I-10-5-4-2- المثبطات المهبطية:** هي مثبطات عضوية تقوم بإبطاء التفاعل الكاثودي وذلك بتخفيض كثافة التيار الجزئي المهبطي فيتناقص، وتزيح كمون التآكل في الإتجاه السالب، ومن بين هذه المركبات فوسفات الكالسيوم، وبيكربونات الكالسيوم...[1]

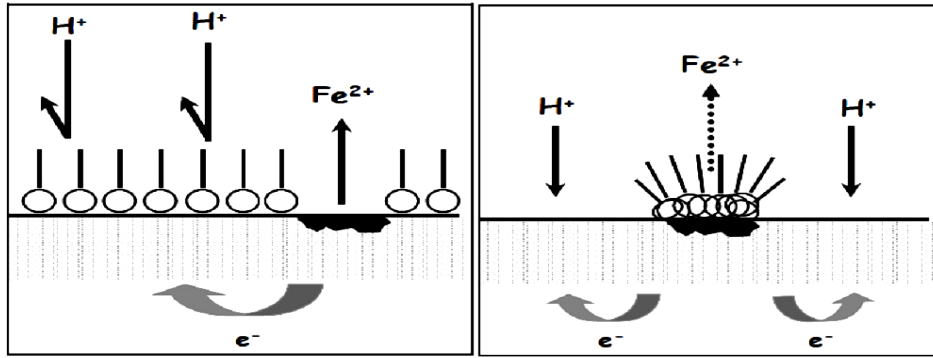


الشكل (I-10): منحنى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط الكاثودي ودون وجوده a و b على التوالي.

**I-10-5-4-3- المثبطات المختلطة:** هي مثبطات عضوية مصعدية ومهبطية في نفس الوقت تقوم بالإمتزاز على سطحي المصعد والمهبط لعزلهما عن الوسط وذلك لمنع إنبعاث أيون الهيدروجين من المهبط وأيون المعدن من المصعد. [1]



الشكل (I-11): منحنى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط العضوي ودون وجوده a و b على التوالي.



إعاقه المواقع الكاثودية

إعاقه المواقع الانودية

الشكل (I-12): تشكل طبقات حاجزة كاثودية وأنودية من التفاعلات الكهروكيميائية في الوسط الحمضي.

### I-10-5-6- الخصائص الأساسية للمثبطات:

- يجب أن يخفض من معدل التآكل للمعدن مع الاحتفاظ بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للمعدن.
- يجب أن يكون مستقرا في وجود المكونات الأخرى للوسط.
- أن يكون مستقرا في وجود درجة حرارة الوسط.
- أن يكون فعالا عند تراكيز منخفضة.
- يمكن استخدامه للحماية الدائمة.
- أن يكون متوافقا مع مقاييس اللا تسمم. [16]

### I-11-11- الدراسة التيرموديناميكية والحركية:

#### I-11-1- الدراسة التيرموديناميكية:

يعد تآكل المعادن في الأوساط المائية ظاهرة كهروكيميائية بطبيعتها (أي  $M$  يعطي  $M^{+n}$ ) وحتى يتم هذا التفاعل من الناحية التيرموديناميكية يجب أن يكون  $\Delta G$  أقل من الصفر. [10]

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K \quad (8) \quad \text{لدينا:}$$

حيث:



$\Delta G$ : التغير في الطاقة الحرة بالجول.

$\Delta G^\circ$ : التغير في الطاقة الحرة في الحالة القياسية بالجول.

R: ثابت الغازات المثالية=8.314 ( جول مول<sup>-1</sup>.كلفن<sup>-1</sup> ).

T: درجة الحرارة المطلقة بالكلفن.

F: عدد فارداي 96500 ( كولون ).

عندما يكون التفاعل في حالة اتزان كيميائي تكون الطاقة الحرة تساوي الصفر أي أن الطاقة الحرة القياسية تساوي: [1]

$$\Delta G^\circ = - RT \ln K \quad (9)$$

ومنه الطاقة الحرة الكهربية لخلية التآكل تساوي:

$$\Delta G = - EzF \quad (10)$$

و الطاقة الحرة الكهربية في الحالة القياسية لخلية التآكل تساوي:

$$\Delta G^\circ = - E^\circ zF \quad (15)$$

حيث E: القوة الدافعة الكهربية. ;  $E^\circ$  : القوة الدافعة الكهربية القياسية.

Z : عدد الإلكترونات.

### I-1-11-1- العلاقة بين فرق الجهد والأس الهيدروجيني:



وبتطبيق علاقة نيرنست (13) على المعادلة الكيميائية السابقة (15) نجد :

$$E = E^\circ + \frac{RT}{zF} \ln \frac{[H^+]^2 [e^-]^2}{[H_2]} \quad (13)$$

$$E = 2 \frac{RT}{zF} \ln [H^+] \quad (14) \quad \text{ومنه:}$$

PH= -log[H<sup>+</sup>] ومن تعريف الأس الهيدروجيني:

$$(15)$$

$$( \ln x = 2.3 \log x ) \quad (16)$$

ولدينا:

$$E = - 0.059 \text{pH} \quad (17)$$

ومنه:

### I-11-1-2- اتجاه التفاعل الكيميائي:

$$\Delta G_a = zFE_a \quad (18) \quad \text{الطاقة الحرة للمصعد } \Delta G_a :$$

$$\Delta G_c = -zFE_a \quad (19) \quad \text{والطاقة الحرة للمهبط } \Delta G_c :$$

$$G = \Delta G_a + \Delta G_c \quad (20) \quad \Delta$$

ومنه عندما يكون التفاعل في وضع الإستمرار أي ازدياد تآكل المعدن تكون  $\Delta G_a$  سالبة، وفرق الجهد للمهبط أكبر من فرق الجهد للمصعد. [1]

$$G = -ve \quad \Longrightarrow \quad E_c > E_a \quad (21) \quad \Delta$$

$$G = 0 \quad \Longrightarrow \quad E_c = E_a \quad \Delta \quad (22) \quad \text{وعند الاتزان}$$

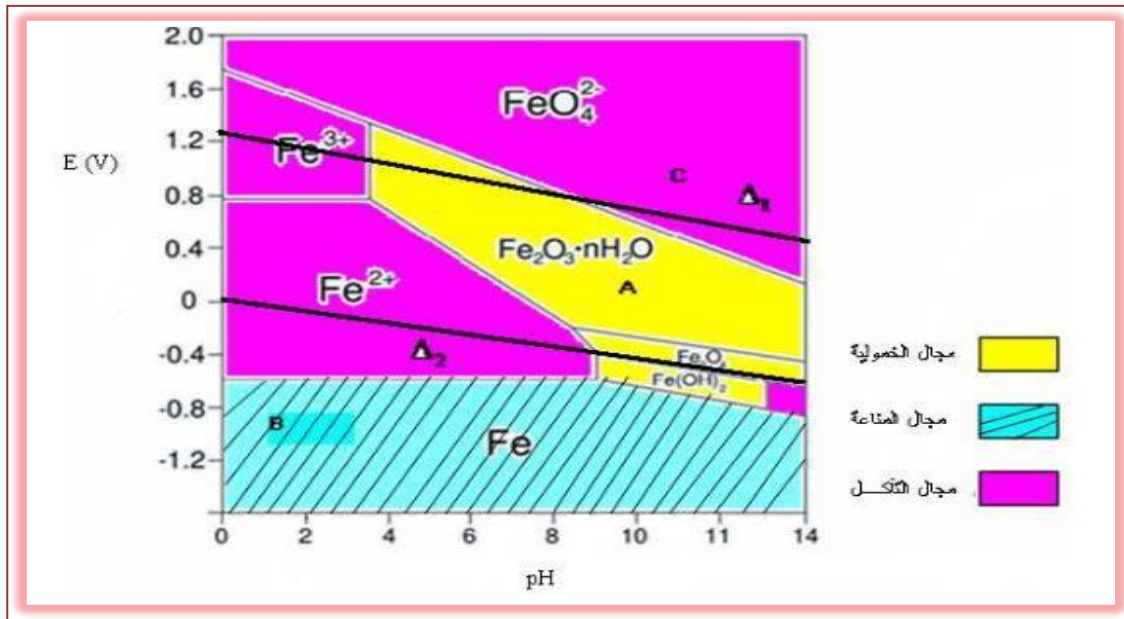
أما عندما يكون هناك استمرار للتفاعل في الاتجاه المعاكس تكون هناك حماية من التآكل وتكون الطاقة الحرة تساوي:

$$G = +ve \quad \Longrightarrow \quad E_c < E_a \quad (23) \quad \Delta$$

### I-11-1-3- منحني بوربييه للحديد في الوسط المائي عند درجة حرارة 25°C:

بتطبيق علاقة نرنست على معدن الحديد في الوسط المائي نجد :

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \text{Log} \frac{[Red]}{[Ox]} \quad (24)$$



الشكل (I-13): منحني بوريه للحديد في الوسط المائي عند درجة حرارة 25°C.

المجال (A): يدعى مجال خمولية المعدن حيث تتكون طبقة من الأكاسيد تحمي الحديد من التآكل. [1]

المجال (B): يدعى مجال مناعة المعدن حيث لا يحدث أي تفاعل بين المعدن والوسط المحيط. [1]

المجال (C): تمثل مجال تآكل المعدن حيث يتأكسد الحديد في الوسط الأكال إلى شوارد Fe<sup>2+</sup> و Fe<sup>3+</sup> [10]

### I-11-2- الدراسة الحركية:

عند الاتزان تكون كثافة التيار متساوية في الاتجاهين ( أي انتقال الشحنة من المصعد إلى المهبط متساوية وبالعكس متساوية ) وهذه تساوي كثافة انطلاق الهيدروجين (i<sub>0</sub>). [1]

$$\vec{i}_a = i_0 \exp \frac{\alpha z F \eta}{RT} \quad (25)$$

كثافة تيار المصعد :

$$\overleftarrow{i}_c = i_0 \exp - \frac{[(1 - \alpha) zF\eta]}{RT} \quad (26) \quad \text{كثافة تيار المهبط :}$$

حيث أن تيار التفاعل المستمر أو التآكل يساوي الفرق بين التيار في الاتجاهين.

$$i = \overrightarrow{i}_a - \overleftarrow{i}_c \quad (27)$$

ومنه التيار الكلي يمكن التعبير عنه بمعادلة بوتلر فولمر.

$$i = i_0 \left\{ \exp \left[ \frac{\alpha zF\eta}{RT} \right] - \exp - \left[ \frac{(1 - \alpha) zF\eta}{RT} \right] \right\} \quad (28)$$

وبإدخال اللوغاريتم على الطرفين نجد:

$$\log i_a = \log i_0 + \frac{\alpha zF\eta}{2.303RT} \quad (\eta > 50mV) \quad (29)$$

$$\log i_c = \log i_0 - \frac{(1 - \alpha) zF\eta}{2.303RT} \quad (\eta > -50mV) \quad (30)$$

وعندما يكون فرط الجهد صغير فإن معامل قيمة إنتقال الشحنة في الاتجاهين تكون متساوية تقريبا أي أن  $(\alpha = 1 - \alpha = 0.5)$  ومنه نجد أن تيار التآكل عند تحكم النشاط كما في المعادلتين (24) و(25) يساوي:

$$i = i_0 \frac{zF\eta}{RT} \quad (31)$$

وبذلك يمكن الحصول على مقاومة انتقال الشحنة  $(R_{ct})$  كما يلي:

$$R_{ct} = \frac{\eta}{i} = \frac{RT}{zFi_0} \quad (32)$$

وباستعمال ثوابت تافل المصعدية والمهبطية، فإن تيار التآكل الذي يعبر عن معدل التآكل يمكن تقديره من المعادلة (33) التي تعرف بمعادلة جيرى وستيرن [1].

$$i = \frac{b_a b_c}{2.303R_{ct} (b_a + b_c)} \quad (33)$$

$$b_a \frac{2.3 RT}{\alpha zF} \quad (34)$$

$$b_c \frac{2.3 RT}{(1 - \alpha) zF} \quad (35)$$

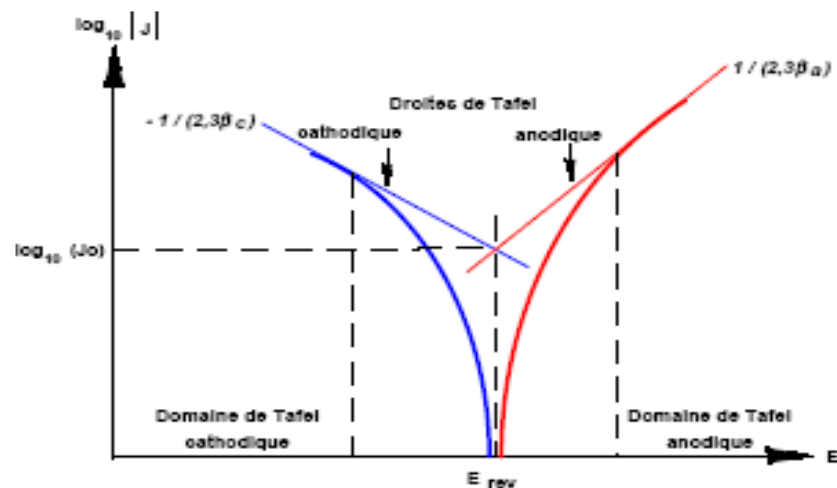
$i$ : كثافة تيار التآكل.

$R_{ct}$ : مقاومة إنتقال الشحنة.

$b_a$ : مقدار الميل لمنحنى المصعد ثابت تافل للمصعد.

$b_c$ : مقدار الميل لمنحنى المصعد ثابت تافل للمهبط.

والشكل التالي يمثل منحنى الإستقطاب لثوابت تافل



الشكل (I-14) : يمثل منحنى Tafel

## المراجع:

## المراجع بلعربية:

- [1] د. عيسى مسعود بغني أساسيات هندسة التآكل 2006/7029 دار الكتب الوطنية - ليبيا 2006 (ص27-57) و(ص145-199)
- [2] د. عمر بن عبد الله الهزازي الكيمياء الكهربائية ، (ص800-807)
- [3] عبد القادر بن منين، étude de L' effect inhibitrice des extrais de plantes sur la corrosion de l'acier Cx52، أطروحة دكتوراه جامعة ورقلة، 2018 (ص20-29)
- [4] مهند محمد بابكر محمد أحمد، تقييم وتحكم نام الحماية الكاثودي لأنابيب النفط الخام، ذكره ماجيستير، جامعة البحر الأحمر، 2019، (ص18-19)
- [5] د. دغموش مسعودة تحضير وتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض مركبات ثنائي ثيول ثيون وأملاحها المرافقة لتطبيق فعاليتها التثبيطية في دراسة تآكل المعادن أطروحة دكتوراه ورقلة جامعة قاصدي مرباح، 2014، (ص 2-9)
- [6] عادل عبده الزهراء رشق السعدي جامعة القادسية. دراسة منحنيات الإستقطاب للصلب الكربوني (X65-Steel) في الوسط الحمضي العراق مذكرة ماجيستير 2016 (ص 2-25)
- [7] أحلام الجوجة دراسة تآكل الحديد وكيفية الحماية منه باستخدام طرائق كيميائية وكهربائية مذكرة ماجيستير سوريا جامعة البعث. (ص19-27)
- [10] غيلاني مريم دراسة فعالية نبات الشريك Fagoni Cretical ضد التآكل بطريقة انخفاض الكتلة والطريقة الكهروكيميائية، مذكرة ماستر، الوادي، جامعة الشهيد حمه لخضر، 2018 (ص 6-27) (ص 43-46)
- [11] بلوم أسامة، دراسة فعالية التثبيط لمستخلص نبات Pistacia atlantica Desf على تآكل الفولاذ XC52 في وسط ماء الألبان عند 40°C، مذكرة ماستر، ورقلة، جامعة قاصدي مرباح، 2014 (ص 14-24)
- [12] كودية سمية، لحل دراسة الفعالية التثبيطية لبعض المركبات الحلقية، الكبريتية في وسط حمضي مذكرة ماستر، ورقلة، جامعة قاصدي مرباح ، 2012 (ص2-8)

- [13] علم المواد التطبيقي و التآكل اشكال التآكل (ص 37-45)
- [16] قمو شهرة، مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيو كيميائية للمثبط، مذكرة ماستر، ورقلة ،جامعة قاصدي مرباح، 2001،(ص25).
- [17] د.خالد عثمان شرف، دراسة سلوك الفولاذ الكربوني في الأوساط المائية،مجلة جامعة دمشق العلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون، 2012 ، العدد الأول (ص.382-384)

## المراجع باللاتينية:

- [14] Sunil Gowda; MULTI-SCALE EFFECTS OF CORROSION ON STEEL STARUCTURES; PhD thesis The Graduate Faculty Of The University Of Akron, pp(13-23)2016;
- [15] Abdeali Fiala; Syntheses et Caracter Isation de Nouvelles Molecules Contenant du Soufre et De L'azote ,Etudes de Leur Effet Inhibiteur sur la corrosion des Metaux de Transition Application a la Protection du du Cuivre en Milieux Acides S; PhD thesis ; University MENTOURI Constantine, pp(6-8) , 2007
- [18]Florina Constantin. Etude de l'efficacité d'inhibiteurs de Corrosion Utilisés dans les Liquides de refroidissement.Autre.INSA de LYON; Universitatea din Pitesti. Facultatea de Litere (România). pp (26-31). 2011.Français.

الفصل الثاني

طرق دراسة التآكل



## II-1-1- مقدمة:

لتقدير وقياس معدل التآكل الحاصل ، تم تطوير عدة طرق في معامل الأبحاث والمنشآت الصناعية، منها ما هو كلاسيكي ومنها ما هو حديث، يختلف الاستعمال مع إختلاف نوع التآكل والوسط المعرض له المعدن ومن بين هذه الطرق نذكر: [1]

## II-2- طرق دراسة التآكل.

(1) طريقة حساب ضياع الوزن.

(2) الطرق الكهروكيميائية:

• الإستقطاب الكامل.

• الإستقطاب الخطي.

• مطيافية الممانعة الكهروكيميائية. [1][5][11]

## II-2-1- طريقة فقدان الوزن.

هذه الطريقة كلاسيكية ولا تزال تستعمل بحيث تتميز بالبساطة وسهولة التنفيذ ولا تتطلب معدات كبيرة ، تتلخص بوزن العينات المراد حساب معدل التآكل لها قبل تعريضها لبيئة التآكل، ثم تعلق بخيط عازل ، ثم تغمر في وسط التآكل مدة من الزمن بعدها تؤخذ من وسط التآكل، ثم يتم إزالة بعض منتجات التآكل يدويا بفرشاة ناعمة وغسلها بالماء المقطر، ثم يتم وزن العينة من جديد والفرق في الوزن هو ما يعبر عن الوزن المفقود بسبب التآكل. [1][5][17]

## II-2-1-1- حساب سرعة التآكل بطريقة فقدان الوزن:

و لحساب سرعة التآكل لدينا العلاقة التالية:

$$V_{\text{corr}} = \frac{\Delta m}{S t} \left( \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{h}} \right) \quad (1)$$

$V_{\text{corr}}$  : سرعة التآكل.

$\Delta m$ : التغير في الوزن قبل وبعد الغمس بالغمس ( g )

S : مساحة العينة (cm) سم.

t : زمن الغمس ويمكن أن يكون ب الثانية (min) أو الساعة (h) أو السنة (ans).

$$V \text{ (mm /ans)}=k v(\text{g/cm}^2.\text{min})$$

K: ثابت =673846.1538

## II -2-1-2- مردود التثبيط R:

مردود التثبيط يحسب بالعلاقة:

$$R\% = \left( \frac{v_0 - v_{corr}}{v_0} \right) \times$$

$$100 \quad (2)$$

$v_{corr}$  : سرعة التآكل في وجود المثبط .

$v_0$  : سرعة التآكل في غياب المثبط.

R%: معدل الفاعلية التثبيطية.

## II -3-1-2- نسبة تغطية السطح $\theta$ :

$$\theta = 1 - \frac{m}{m_0} \quad (3)$$

m: هي مقدار الخسارة في الكتلة في الوسط الأكال في وجود المثبط.

$m_0$ : هي مقدار الخسارة في الكتلة في الوسط الأكال في غياب المثبط.

## II -2-2- الطريقة الكهروكيميائية:

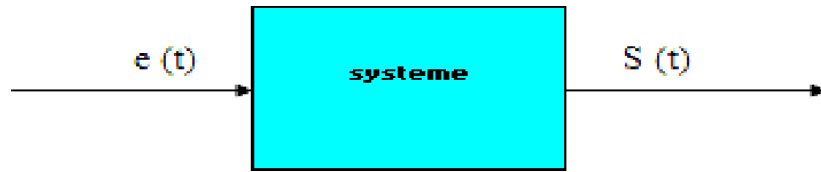
الطرق الكهروكيميائية لحساب معدل التآكل هي طرق حديثة نسبيا، وتعتمد على إستخدام

قانون فاراداي والذي يستخدم معدل إنتقال الالكترونات لقياس معدل التآكل.[13]

نؤثر على الجملة الكهروكيميائية بمؤثر خارجي وهو عبارة عن إشارة ( Signal ) ذات

طابع فيزيائي ( t ) e مثل : إشارة كهربائية، ضوئية، حرارية، مغناطيسية ثم نقوم بتسجيل

إستجابة الجملة ( t ) s لهذا التأثير. [5][12]



غالبا ما تكون إشارة الدخول كهربائية، إما بإحداثيات تغير في الكمون  $E(t)$  أو تغير في التيار  $I(t)$  ثم تقاس الاستجابة الحاصلة والتي هي على الترتيب تغير في التيار أو الكمون.

على حسب كون إشارة الدخول  $e(t)$  ثابتة خلال الزمن  $t$  أو متغيرة Evolutif فإن الطرق الكهروكيميائية تنقسم الى نوعين: الطرق الكهروكيميائية المستقرة والطرق الكهروكيميائية المتغيرة [5][12]

## II -2-2-1- الطرق الكهروكيميائية المستقرة:

وتشمل نوعان:

- الطريقة الأولى: يفرض على الجملة كمون ثابت، ثم نقوم بقياس تغيرات التيار الحاصلة خلال الزمن عبارتها من الشكل.
- الطريقة الثانية: يفرض على الجملة تيار ثابت، ثم نقوم بقياس تغيرات الكمون الحاصلة خلال الزمن. [12]

## II -2-2-1-1- منحني الإستقطاب الكهروكيميائي: $i=f(E)$ :

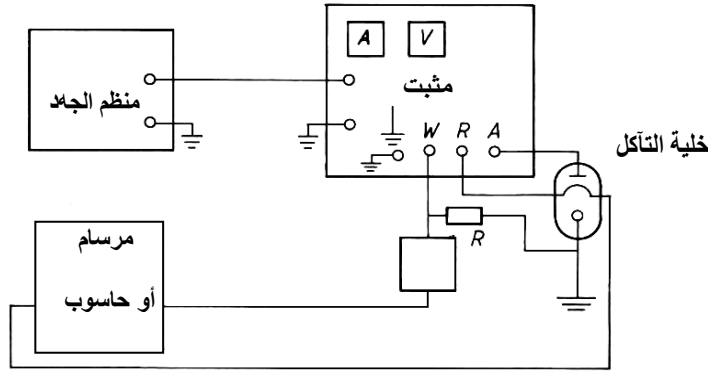
يعرف الإستقطاب الكهروكيميائي  $\eta$  بأنه الفرق بين كمونات المساري في وجود  $E_i$  التيار وفي غيابه  $E_d$  أي: [5]

$$\eta = E_i - E_d \quad (4)$$

## II -2-2-1-2- الترتيب التجريبي المستعمل:

$$E = f(I)$$

- **جهاز: (Potentiostat/Galvanostat)** متصل بوحدة معالجة الكمبيوتر و تضم جهاز كمبيوتر صغير مزود ببرنامج " " Voltmaster 4 يسمح بحساب الخصائص الكهروكيميائية ورسم المنحنيات ، وطابعة.
- **خلية القياس:** و هي عبارة عن خلية زجاجية للتحليل الكهربائي ذات تحتوي على غطاء به خمس فتحات لإدخال إلكترود العمل و الإلكترود المرجعي و الإلكترود المساعد و فتحتين ل إدخال اللواحق كالمحرار.



شكل (II-1): دائرة قياس الإستقطاب

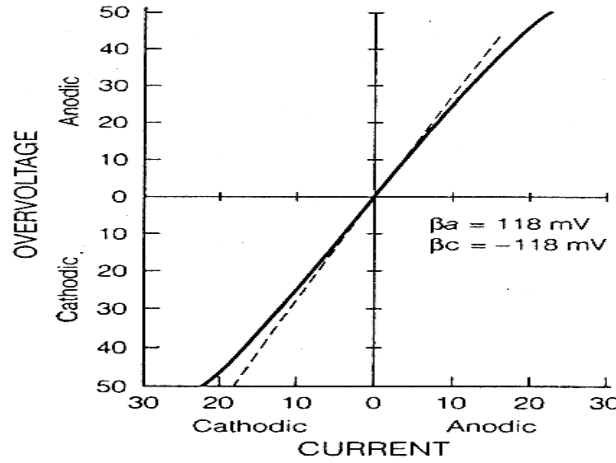
## II -2-2-1-3- مبدأ العمل:

يتم تمرير تيار كهربائي (عند كمون يتم تحديده حسب نوع المعدن وموقعه في السلسلة الكهروكيميائية) من قطب العمل إلى القطب المساعد عادة يكون من المعادن النبيلة وتتضمن الدائرة الخارجية مصدر تيار مستمر ومقاومة متغيرة وأمبير متر لقياس شدة التيار. كما أن جهد قطب العمل (المصعد) يتم قياسه باستعمال الفولتميتر وبمساعدة قطب المقارنة القياسي غالباً يكون من الزئبق المشبع بكلوريد الزئبق، ويتم التحكم في جهد قطب العمل بجهاز مثبت الجهد.

ويتم تسجيل مقدار تغير الجهد التيار بتغير المقاومة وبعد ذلك يمثل الجهد ولو غار يتم التيار بيانياً بواسطة (مولد إشارات + مرسماً بيانياً + حاسوب مبرمج). [1]

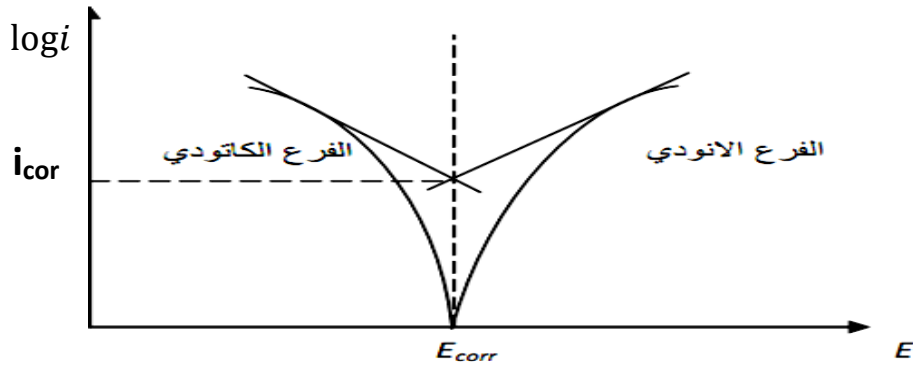
حيث يبين المنحنى (2) الشكل العام لمنحنى الإستقطاب  $i=f(E)$  حيث  $i=0$ .

II -2-2-1-4- منحنيات الإستقطاب:



الشكل (II -2): منحني الإستقطاب الخطي  $i=f(E)$ .

في حين التآكل  $i_{cor}$  يحدد من المنحني  $\log|i| = f(E)$  الموضح في الشكل وذلك عند نقطة تلاقي إمتداد مستقيمتا (تافل).  $\log i$ .



الشكل (II -3): منحني تحديد تيار التآكل  $i_{cor}$  إعتمادا على مستقيمتا Tafel.

$i_{cor}$ : تيار التآكل يعطى بالعلاقة:

$$i_{cor} = \frac{b_a b_c}{2.3(b_a + b_c)} \times \frac{1}{R_{ct}} \quad (5)$$

حيث:

$R_{ct}$ : مقاومة إنتقال الشحنة

$b_c ; b_a$  ثوابت تافل المصعدية والمهبطية على التوالي، تعطى بالعلاقة التالية:

$$b_a \frac{2.3 RT}{\alpha zF} \quad (6)$$

$$b_c \frac{2.3 RT}{(1 - \alpha) zF} \quad (7)$$

$\alpha$ : معامل الإنتقال الشحني.

$m(g)$ : نسبة الضياع في الوزن للمعدن المتآكل بدلالة الزمن  $t$  و بإستخدام علاقة فاراداي تعطى بالعلاقة: [5]

$$m = \frac{A I_{corr} \cdot S \cdot t}{n \times F} \quad (8)$$

حيث:

A:الوزن الذري للمعدن(g).

S: سطح المعدن( $cm^2$ ).

t: الزمن (min).

n: عدد الالكترونات المتبادلة.

F: ثابت فاراداي (69500c/mol).

## II -2-2-1-4-مردود التثبيط:

يحسب R% باستعمال العلاقة التالية:

$$R\% = \frac{I_{corr} - I_{corr(inh)}}{I_{corr}} \times 100 \quad (9)$$

حيث:

$I_{corr}$ ،  $I_{corr(inh)}$  تمثل كثافة التيار للإلكترود في غياب ووجود المثبط في الوسط على التوالي.

## II -2-2-2- الطرق الكهروكيميائية المتغيرة:

حيث الإشارة المعطاة للجملة سواء كانت تياراً أو كموناً غير ثابتة خلال الزمن، و من بين هذه الطرق نذكر:

### II -1-2-2-2- مطيافية الممانعة الكهروكيميائية:

مطيافية الممانعة الكهروكيميائية: هي واحدة من الطرق الكهروكيميائية المتغيرة والأكثر استعمالاً لدراسة التآكل وآليات التفاعل، وتُشكل الطبقات على المساري و قياس سرعة التفاعل المنتظم. [5]

و تتمثل هذه الطريقة في قياس إستجابة المسري لتغيير جيبى في كمونه وذلك بالتغير في قيمة التواتر ( f ) و يعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta E = |\Delta E| \sin 2\pi ft \quad (10)$$

$|\Delta E|$ : سعة التغيير وقيمتها ضعيفة لا تتجاوز 10mv.

هذا التغيير نحدثه على كمون المسري  $E_i$  الابتدائي سواء كان مصعداً أو مهبطاً في خلية تحليل كهربائي أو في بيل كهربائي.

إستجابة المسري للتغير في الكمون تكون على شكل تغير جيبى في التيار عبارة تعطى بالعلاقة التالية: [5]

$$\Delta I = |\Delta I| \sin 2\pi ft - \phi \quad (11)$$



الشكل (II-4): الاثارة الجيبية لكمون المسري

نتيجة لإحداث الإثارة الجيبية تنشأ داخل الجملة ممانعة Z تعطى بالعلاقة:

$$Z = \frac{\Delta E}{\Delta I} \quad (12)$$

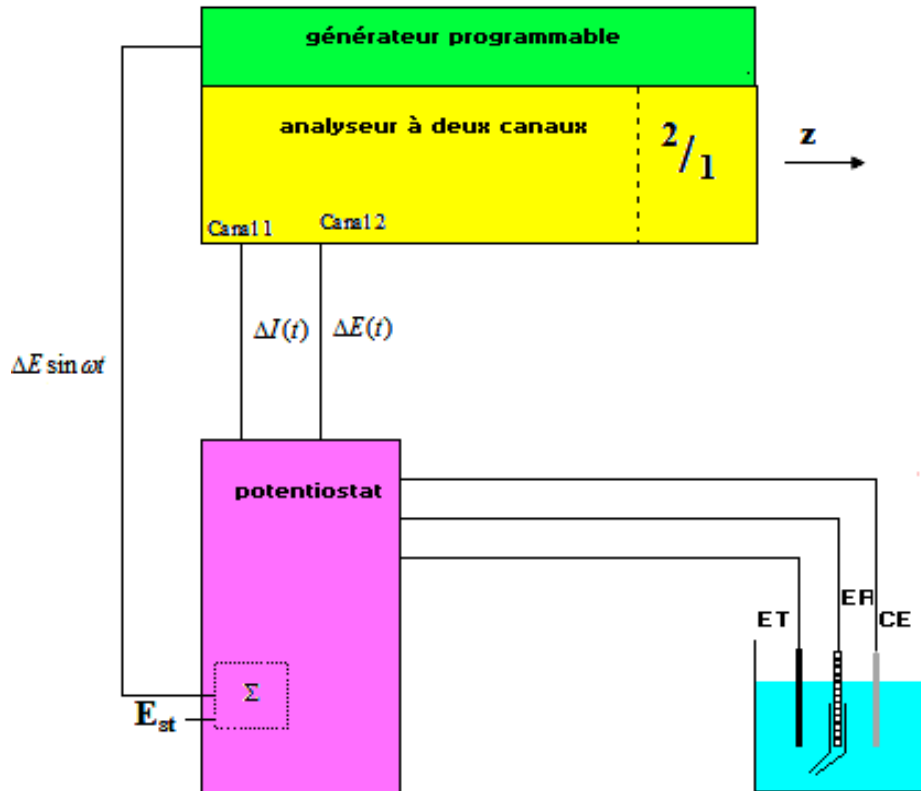
بتغيير قيم التواتر  $f$  بواسطة مولد الإشارات نحصل في كل مرة على قيمة للممانعة  $Z$  التي تكتب على شكل عدد مركب بشقيه الحقيقي  $Z_{Re}$  و المركب  $Z_{im}$ .

$$Z = Z_{Re} + Z_{im} \quad (13)$$

## II -2-2-2-2- القياس التجريبي للممانعة الإلكتروليتية:

### II -3-2-2-2- التركيب المستعمل:

تركب الأجهزة المستعملة كما في الطريقة السابقة (منحنيات الإستقطاب):



الشكل (II-5): تركيب قياس الممانعة



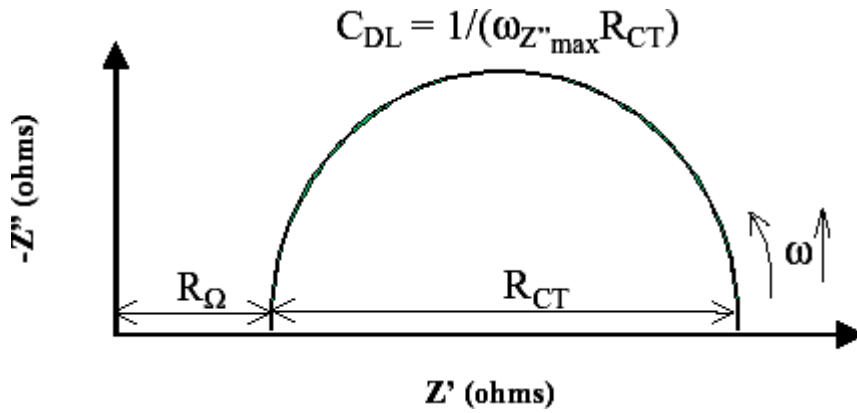
II -2-2-2-3- مبدأ العمل:

نحدث اضطراباً جيبياً إضافياً  $\Delta E$  عبارته من الشكل  $\Delta E = |\Delta E| \sin \alpha x$  ذو سعة ضعيفة على كمون مسري ابتدائي  $E_i$  (المفروض من طرف P)

$$|\Delta E| \approx 10mV$$

إستجابة المسري تكون عبارة عن اضطراب جيبي إضافي في التيار عبارته من الشكل:  $\Delta I = |\Delta I| \sin(\alpha x - \phi)$ ، نرسل القيمتان الجيبيتان  $\Delta I$ ،  $\Delta E$  إلى مجال الإشارات (TFA) عبر القانتين (1) (2) على الترتيب، حيث يقوم هذا الأخير بحساب الممانعة  $Z$  وذلك بقسمة القيمة (2) على القيمة (1)، ثم تحويل قيمة الممانعة الناتجة إلى عدد مركب بشقيه الحقيقي والتخيلي. مجموع قيم الممانعات المقاسة ترسل إلى الحاسوب ليقوم برسم منحنى الممانعات والذي يطلق عليه منحنى نيكويست [5].

عملية المسح في التواتر (بواسطة مولد الإشارات) تتراوح بين  $10^{-5}HZ - 10^5HZ$



الشكل (II-6): منحنى نيكويست لدارة بسيطة مكافئة لخلية كهروكيميائية

حيث:

$Z$ : المقاومة

$Z'$ ,  $Z''$ : إحداثيات الإستقطاب في الاتجاهين العمودي والأفقي

$R_\omega$ : المقاومة الأومية

$R_{ct}$ : مقاومة الإنتقال للشحنة

$C_{dl}$ : سعة الطبقة المضاعفة

$$Z' = Z \cos \phi \quad ; \quad Z'' = Z \sin \phi$$

**II -2-2-2-4- مردود التثبيط:**

يحسب بالعلاقة التالية:

$$R\% = \frac{R_t - R_t^{\circ}}{R_t} \times 100 \quad (14)$$

## المراجع:

## المراجع بالعربية

- [1] د. عيسى مسعود بغني أساسيات هندسة التآكل 2006/7029 دار الكتب الوطنية - ليبيا 2006، (ص 116-135).
- [5] د. دغموش مسعودة تحضير وتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض مركبات ثنائي ثيول ثيون وألاحها المرافقة لتطبيق فعاليتها التثبيطية في دراسة تآكل المعادن أطروحة دكتوراه 2014، (ص 25-35).
- [6] عادل عبده الزهراء رشق السعدي جامعة القادسية. دراسة منحنيات الإستقطاب للصلب الكربوني (X65-Steel) في الوسط الحمضي العراق مذكرة ماجستير 2016، (ص 12-16)
- [7] أحلام الجوجة دراسة تآكل الحديد وكيفية الحماية منه بإستخدام طرائق كيميائية وكهربائية مذكرة ماجستير سوريا جامعة البعث. (ص 33-37).
- [10] غيلاني مريم دراسة فعالية نبات الشريك Fagoni Cretical ضد التآكل بطريقة انخفاض الكتلة والطريقة الكهروكيميائية، مذكرة ماستر، الوادي، جامعة الشهيد حمه لخضر 2018، (ص 50-58).
- [11] بلوم أسامة، دراسة فعالية التثبيط لمستخلص نبات *Pistacia atlantica Desf* على تآكل الفولاذ XC52 في وسط ماء الألبان عند  $40^{\circ}\text{C}$ ، مذكرة ماستر، ورقلة، جامعة قاصدي مرباح، 2014، (ص 29-39).
- [12] كودية سمية، لحل دراسة الفعالية التثبيطية لبعض المركبات الحلقية، الكبريتية في وسط حمضي مذكرة ماستر، ورقلة جامعة قاصدي مرباح، 2012، (ص 21-29).
- [13] كتاب علم المواد التطبيقي والتآكل طرق تقدير معدل التآكل (ص 29).
- [17] د. خالد عثمان شرف، دراسة سلوك الفولاذ الكربوني في الأوساط المائية، مجلة جامعة دمشق العلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون، 2012، العدد الأول (ص 382-388)

## المراجع باللاتينية:

[15] Abdeali Fiala; Syntheses et CaracterIsation de Nouvelles Molecules Contenant du Soufre et De L'azote ,Etudes de Leur Effet Inhibiteur sur la corrosion des Metaux de Transition Application a la Protection du du

Cuivre en Milieux Acides S; PhD thesis ; University MENTOURI Constantine , pp(6-8). 2007 ,

[18 ] CHAIB Wassila et MASSAOUDI Abdeldjabbar; ETUDI De l'effet inhibiteur de quelques composés azotiques conter la corrosion

d'aluminium dans un milieu HCl1M; Mémoir de Master; université Kasdi Merbah\_ouargla. pp (23-28). 2017

## الفصل الثالث

### دراسة مقالات علمية عالمية

## III -1- مقدمة:

في هذا الجزء قمنا بتلخيص أربعة مقالات علمية عالمية، وهذا بسبب الظروف التي يعيشها العالم، وهي إنتشار وباء COVID-19 والذي كان حائلا أمام دخولنا إلى المخبر، وتمثلت المقالات العلمية المدروسة فيمايلي:

- 1) Li, D. Zhang; P. Guo ,X. Zhao, X. and Xu,Y. 2019. The inhibition of mild steel corrosion in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution by radish leaf extract. The Royal Society of Chemistry Journal. Vol. 9, 40997.
- 2) Ngoune, B. Pengou, A Megha Nouteza. A. Nanseu-Njiki. CH. and Ngameni. E. 2019. Performances of Alkaloid Extract from Rauvolfia macrophylla Stapf toward Corrosion Inhibition of C38 Steel in Acidic Media; American Chemical. Society Publication . Vol.4;9081-9091: Cameroon.
- 3) Quraishi M.A Kumar Yadav; D. and Ahamad; I. 2009; Green i Approach to Corrosion Inhibition by Black Pepper Extract in Hydrochloric Acid Solution The Open Corrosion Journal. Vol. 221 005, India..
- 4) Ituena, E. Singha, A. Yuanhuaa. L. Li, R. 2020; Synthesis and evaluation of anticorrosion properties of onion mesocarp-nickel nanocomposites on X80 steel in acidic cleaning solution Journal of Materials Research and Technology. Vol. 9(3):2832–2845.

III -2- طرق الإستخلاص:

المرجع	طريقة الأستخلاص	جمع العينات
19	<p>حُضِرَ مستخلص أوراق الفجل (RLE) كما يلي:                      تم نقع 20 غ من مسحوق نبات الفجل في 2 لتر من الماء المقطر مدة 48 سا الناتج تم تنقيته بالترشيح ثم ركز الراشح في مبخر دوراني والناتج جفف في فرن عند (353 كلفن) مدة 24 سا ثم تم الحصول على راسب صلب بني اللون بكمية 8 غ .                      هذه المادة تم تعريضها للتكثيف الإنعكاسي بإستعمال % 80 ميثانول عند (353 كلفن) مدة 24 سا المحلول الناتج تم تصفيته وتركيزه وأخيرا تم تجفيفه في فرن عند (333 كلفن) مدة 24 سا تم الحصول على راسب بني اللون بكمية 2 غ تقريبا تجميعه وتخزينه.</p>	<p>تم جمع أوراق الفجل من الصين ثم تم تنظيفها وغسلها بالماء المقطر ، ثم تركت 72 سا لتجف عند (333 كلفن) ثم طحنت لمسحوق.</p>
20	<p>تم تحضير مستخلص AERMS ، بنقع المسحوق الناتج في مزيج ميثان / ميثانول بنسبة (1:1) بدرجة حرارة الغرفة لمدة 3 أيام                      تم الحصول على المادة المستخلصة (AERMS) الخام بتبخير المذيب ، وتم الحصول على مستخلص القلويدات النهائي بإتباع طريقة باندنيان Pandian's Procedure .                      وأُثبِت وجود قلويدات بكمات عالية في المادة المستخلصة وذلك بإجراء اختبار Dragendrof .                      من أجل تحسين إمتصاص وكفاءة AERMS على سطح الفولاذ في وسط 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ، تم إضافة أيونات اليود (Mm1)KI                      وتم عزل بعض القلويدات THA و PER من المستخلص لدراسة كفاءة تثبيطهما.</p>	<p>تم حصد لحاء نبات راوفولفيا (Rauvolfia) من الكامبيرون ، ثم تم تقطيع العينات وتركها في الهواء لتجف مدة 15 يوم ثم طحنت الى مسحوق.</p>
	<p>تم تحضير المستخلص، بمزج 30 غ من مسحوق الفلفل الأسود مع 2 غ من كربونات الكالسيوم، و وضع في دورق</p>	

21	<p>سعة 500 مل وأضيف له 200 مل من كحول الايزوبروبيل، ثم تم تكثيفه انعكاسا مدة ساعة في حمام بخاري ثم تم تنقية المزيج بالترشيح ثم تم تقطيره الى 20 مل للتخلص من كحول الايزوبروبيل ثم نقل وترك ليبرد للحصول على كريستالات البيرين (piperine) بعد الترشيح، تم غسل المحلول الناتج بكمية قليلة من الميثانول.</p>	
22	<p>تم نقع 10 غ من المسحوق في 100 مل من الماء المقطر، ثم سخن عند 50 °C لمدة 3 ساعات مع التحريك المستمر ، بعد ذلك تم الترشيح، تم ركز الراشح بإستعمال مبخر دوراني. ثم جفف المستخلص بإستعمال جهاز التجفيف عند 90 °C المواد الراسبة المتبقية على ورق الترشيح تم تجفيفها بالهواء ثم قيس وزنها . تم مزج المستخلص (OME) مع محلول نترات النيكل Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ذو تركيز 1M بنسبة 1:1 ثم سخن هذا المزيج بحرارة 40-50 درجة مئوية في حمام مائي مع التحريك المستمر الى أن حدث التغيير في اللون مما يعني أنه تم الحصول على جزيئات نانوية (NPs) وتم تأكيد الحصول على جزيئات نانوية بإستعمال تقنية (UV-Visspectroscopic) قياس الطيف الضوئي في من منطقة الضوء المرئي_ الأشعة فوق البنفسجية). والمحلول الناتج المحتوي على جزيئات نانوية تم تعليمه بإسم (NiOMNPs) جزء من هذا المحلول الأخير تم تبريده لدرجة حرارة الغرفة وتم تعريضه للتردد المركزي بسرعة 5000 دورة في الدقيقة ثم تم ترشيحه بإستعمال مصفاة ذات ثقب فائقة الصغر للحصول على مادة ذات قوام أشبه بالجل هذه المادة تم غسلها مرتين بإستعمال الماء المقطر ثم جففت بتعريضها للهواء وخزنت لحين الأستعمال.</p>	<p>عينة (misocarp) من البصل الاحمر تم جمعها من الصين. ثم نقلت الى المختبر وتم فصل الطبقات البيضاء عن والبنية ثم غسلت بالماء المقطر وجففت في درجة حرارة الغرفة بدون التعرض لأشعة الشمس ثم طحنت وحفظت في علب لحين الدراسة</p>

الجدول (III\_ 1) طرق الإستخلاص.



III-3- طرق تحضير تراكيز محاليل العينات:

المرجع	التراكيز المحضرة	طريقة تحضير محلول العينة
19	0، 50، 100، 200، 300(mg/L)	تم تحضير محلول العينة وذلك بإذابة كمية من المستخلص الجاف في حجم معين من حمض الكبريتيك ، بتركيز (0.5 M) 98% ثم حضرت سلسلة من التراكيز وذلك بتخفيف محلول العينة*
20	0، 5، 10، 25، 50، 100، 200 (mg/L)	تم تحضير محلول العينة وذلك بإذابة كمية من المستخلص الجاف في حجم معين من حمض الكبريتيك ، بتركيز (0.5 M) 98% وحمض الهيدروكلوريك بتركيز (1 M) 37% ثم حضرت سلسلة من التراكيز وذلك بتخفيف محلول العينة.
21	0، 30، 60، 120 (ppm).	تم تحضير محلول العينة وذلك بإذابة كمية من المستخلص الجاف في حجم معين من حمض الهيدروكلوريك ، بتركيز (1 M) 37% ثم حضرت سلسلة من التراكيز وذلك بتخفيف محلول العينة.
22	OME % 20 وتراكيز مختلفة من Ni-OMNPs % (5، 10، 15، 20)	تم تحضير محلول العينة بإضافة كمية 1 غ/ لتر من Ni-OMNPs إلى محلول حمض الهيدروكلوريك (M1) 37% لتحضير أربعة تركيزات مختلفة % (5-20 (v / v) من محلول المستخلص Ni-OMNPs. أيضاً تم تحضير محلول 20% V/ V من 1 غ / لتر OME واستخدامه كعنصر لتقييم NPs

الجدول III-2) طرق تحضير تراكيز محاليل العينات.

III -4- طرق تحضير عينات الفولاذ الكربوني:

المرجع	تحضير العينة الفولاذ الكربوني.
19	<p>عينات فولاذ الكربوني المستعملة تتكون من:  <math>C = 0.20\%</math> ، <math>Mn = 0.42\%</math> ، <math>Cr = 0.25\%</math> ، <math>Ni = 0.30\%</math> ، <math>Si = 0.21\%</math> ، <math>Cu = 0.25\%</math> ، والباقي حديد . حجم العينات المستعملة في إختبار فقدان الوزن كانت <math>20 \times 25 \times 50</math> mm.                      تم وضع اقطاب العمل في (epoxy resin) وثبتت في مساحة <math>1 \text{ cm}^3</math> تم غسلت بالماء المقطر، ونظّفت بالاسيتون، ثم جففت و خزنت لحين الاستعمال.</p>
	<p>عينات فولاذ الكربوني C 38 المستعملة تتكون من:  <math>C = 0.360\%</math> ، <math>Si = 0.230\%</math> ، <math>Mn = 0.680\%</math> ، <math>S = 0.016\%</math> ، <math>0.077\%</math> ، <math>Cr = 0.011\%</math> ، <math>Ti = 0.059\%</math> ، <math>Ni = 0.009\%</math> ، <math>Co = 0.160\%</math> ، <math>Cu = 0.160\%</math> ، و <math>Fe = 98.388\%</math> تم أستعمال عينات ذات حجم <math>0.785 \text{ cm}^2</math> حيث تم صقل القطب العامل بأوراق كاشطة من كربيد السيليكون (100 ، 1200 ، 2500 ، 4000) من الأكثر الى الأقل كشطاً.</p>
20	<p>عينات الفولاذ الكربوني المستعملة تتكون من:  <math>C = 0.1\%</math> ، <math>Mn = 0.46\%</math> ، <math>Si = 0.26\%</math> ، <math>S = 0.017\%</math> ، <math>P = 0.019\%</math> ، والباقي Fe ، تم أستعمال عينات ذات حجم <math>(0.025 \times 2.0 \times 2.5)</math> cm تم غسلت العينات بالأسيتون بالنسبة لطريقة فقدان الوزن.                      أما في الطريقة الكهروكيميائية فيتم إستخدام نفس التركيبة المستعملة سابقا مطلية بالونشريس ، بمساحة <math>1 \text{ cm}^2</math> واستعملت في التجارب باستعمال محلول معرض للهواء وبدون تحريك، بدرجات حرارة ثابتة <math>30 \pm 2^\circ \text{C}</math> .</p>
21	<p>عينات الفولاذ الكربوني (X80) المستعملة تتكون من:  <math>Mn = 1.58\%</math> ، <math>P = 0.011\%</math> ، <math>S = 0.003\%</math> ، <math>Cu = 0.01</math> ، <math>Cr = 0.022\%</math> ، <math>Nb = 0.057\%</math> ، <math>V = 0.005\%</math> ، <math>Ti = 0.024\%</math> ، <math>B = 0.0006\%</math> ، والباقي Fe ، تم أستعمال عينات ذات حجم <math>(3 \times 3 \times 0.5)</math> cm تم تنظيفها بالإيثانول ، ثم كُثِبتت بكاربيد السيليكون ، حتى لَمَع السطح باستعمال نوع 2000.                      تم تنظيف العينات الملمعة باستعمال الايثانول، وغسلت بالاسيتون، ثم جففت في الهواء، وخزنت في علب مانعة لدخول الماء، لحين الاستعمال .</p>

22	لحمت العينات المطلوبة لاجراء الاختبارات الكهروكيميائية مع سلك من النحاس في مساحة 1 cm <sup>2</sup> ، أما الجزء الباقي من العينة فتم عزله باستعمال مادة الايبوكسي ، وخرن بنفس الطريقة.
----	---

الجدول (III-3) طرق تحضير عينات الفولاذ الكربوني

### III-5- الطرق المعتمدة في الدراسة:

المرجع	طريقة العمل	الطرق
19	في هذه الطريقة تم غمر قطع الفولاذ في 500 ml في محلول حمض الكبريتيك محتوى على تراكيز مختلفة من (RLE) مدة 12 سا في درجات حرارة مختلفة (298-328 k°) ،بعدها تم ، غسل وتجفيف العينات ثم وزنها. أعيدت ثلاث مرات.	فقدان الوزن
22	في هذه الطريقة تم وزن العينات الملمعة ، ثم غمرت في محلول حمض الهيدروكلوريك ، محتوى على OME بدرجة حرارة 30 C° لمدة 6 سا، ثم تم اخراج العينات وتنظيفها، ثم ووزنها أعيدت ثلاث مرات.	
19	في هذه الدراسة إجريت الاختبارات في خلية ذات ثلاثة أقطاب كهربائية باستعمال نظام (CHI 660E) عند 298K° .باستعمال القطب المساعد من البلاينيوم ، والقطب المرجعي (SCE) وقطب العمل من الفولاذ المستعمل في الدراسة، تم صقل أقطاب العمل أوراق كاشطة (400-2000)، ثم غسلت الماء المفطر ثم بالاسيتون. تم غمر الأقطاب بمحلول الاختبار لمدة [سا منحنيات الاستقطاب تم تسجيلها بسرعة مسح ثابتة وتقدر بـ (mvs <sup>-1</sup> ) 1، في مجال ما بين (-250) الى (+200) (mV) . تم إجراء قياسات مطيافية الممانعة الكهروكيميائية (EIS) من التردد 0.01 Hz إلى 100 KHz وبسعة 10 (mv). تم اجراء التجارب ثلاث مرات.	الاستقطاب و الممانعة
20	في هذه الدراسة إجريت الاختبارات في خلية ذات ثلاثة أقطاب	

	<p>كهربائية قطب العمل من نوع C38 القطب المساعد من البلاتين والقطب المرجعي من نوع SCE. هذه الأقطاب متصلة بـ(12 PGSTAT) يتم التحكم به عن طريق برنامج FRA وبرنامج GPES ، تم غمر قطب العمل في محلول تجريبي (محلول حامضي لا يحتوي (AERMS) لمدة 3 سا (وهو وقت الغمر المثالي للحصول على جهد ثابت في حالة الدوائر المفتوحة) منحنيات الاستقطاب تم تسجيلها بسرعة مسح ثابتة وتقدر بـ (<math>0.5 \text{ mVs}^{-1}</math>)، في مجال ما بين [ - 800) الى (- 200) [mV / ECS] .</p> <p>تم إجراء قياسات مطيافية الممانعة الكهروكيميائية (EIS) من التردد 10 KHz إلى 100 mHz وبسعة 10 (mv).</p>
<p>21</p>	<p>في هذه الدراسة إجريت الاختبارات في خلية ذات ثلاثة أقطاب، قطب العمل <math>1 \text{ cm}^2</math>، و قطب مساعد من البلاتين ، و قطب مرجعي من ال (SCE). تم اجراء جميع التجارب باستعمال (G300-45050) Potentiostat/Galvanostat.</p> <p>منحنيات الاستقطاب الخطية تم تسجيلها بسرعة مسح ثابتة تقدر بـ (<math>0.125 \text{ mVs}^{-1}</math>) في مجال جهد ما بين [(-0.02) الى (0.02) [V].</p> <p>تم إجراء قياسات مطيافية الممانعة الكهروكيميائية (EIS) في مدى الترددات من 100 KHz إلى 0.01 Hz، وبسعة 10 (mv).</p>
<p>22</p>	<p>في هذه الدراسة إجريت الاختبارات في خلية ذات ثلاثة أقطاب كهربائية قطب عامل فولاذ (X80) ، و قطب مساعد من البلاتينيوم ، و قطب مرجعي (قطب كالوميل مشبع ، SCE) تم اجراء التجارب باستخدام جهاز Gamry ZRA REF18042-1800 تم غمر الأقطاب الثلاثة في محلول الاختبار لمدة 30 د</p> <p>منحنيات الاستقطاب تم تسجيلها بسرعة مسح ثابتة وتقدر بـ (<math>0.2 \text{ mVs}^{-1}</math>) في مجال جهد ما بين [(-0.15) الى (0.15) [V] .</p>

<p>تم إجراء قياسات مطيافية الممانعة الكهروكيميائية (EIS) في مدى الترددات من 100 KHz إلى 10 mHz، وبسعة 10 (mv). تم تكرير التجارب ثلاث مرات ولتحليل البيانات تم استخدام برنامج Gamry E-Chem. ومعدل المسح = 0.25 (mv<sup>-1</sup>) وتردد 2 و5 لمقاومة الاستقطاب الخطي (LPR) في درجة حرارة الغرفة (30 ± 2 C°) أجريت التجارب ثلاث مرات</p>
---

الجدول (III-4) الطرق المعتمدة في الدراسة

### III-6- القوانين المستخدمة لحساب قيمة سرعة التآكل:

يمكن حساب قيمة سرعة التآكل وقيمة مردود التثبيط بالعلاقات التالية:

طريقة الفقد في الوزن:

$$V_{\text{corr}} = \frac{\Delta m}{S t} \left( \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{h}} \right)$$

$$R\% = \left( \frac{V_0 - V_{\text{corr}}}{V_0} \right) \times 100$$

طريقة الإستقطاب:

$$R\% = \frac{I_{\text{corr}} - I_{\text{corr}(\text{inh})}}{I_{\text{corr}}} \times 100$$

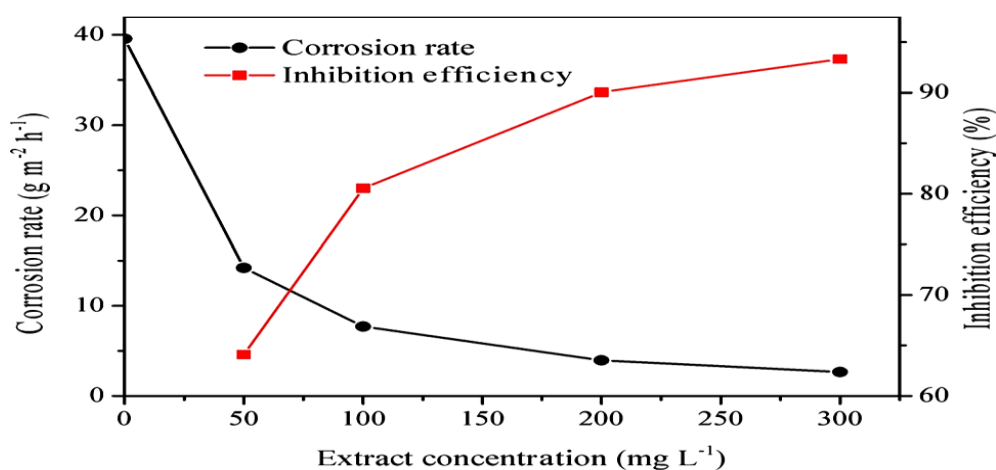
طريقة المعاوقة:

$$R\% = \frac{R_t - R_t^{\circ}}{R_t} \times 100$$

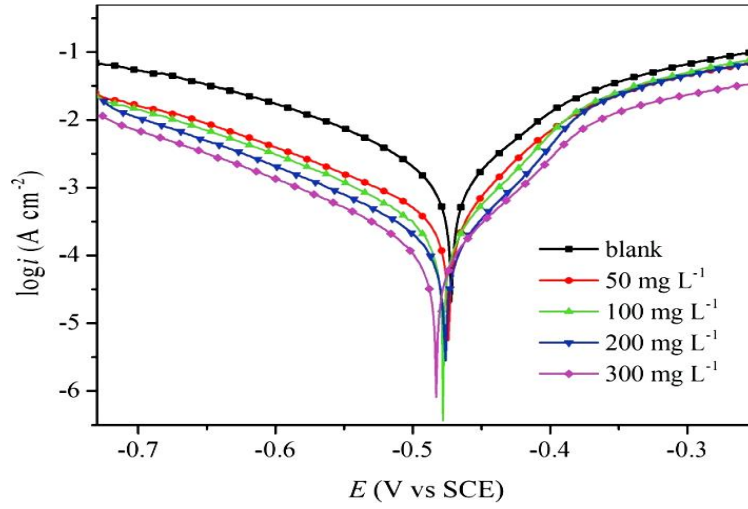
### III-6- النتائج:

الجدول (III-5): نتائج سرعة التآكل وفعالية تثبيط مختلف تراكيز المستخلص RLE على تآكل الفولاذ الكربوني في وسط حمض الكبريتيك (0.5M)[19]:

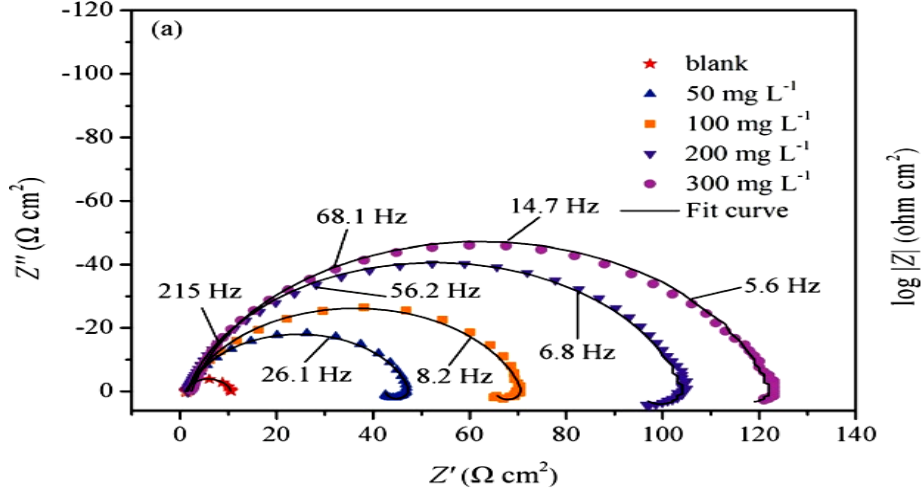
طريقة الممانعة		طريقة الاستقطاب		طريقة الفقد في الوزن		التراكيز (mg/L)
E%	Rt ( $\Omega\text{cm}^2$ )	E%	$I_{\text{corr}}$ ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	E%	V ( $\text{g.m}^2\text{h}$ )	
/	9.42	/	0.05	/	39.57	$\text{H}_2\text{SO}_4$ (0.5M)
77.28	40.89	73.89	0.01	74.09	14.21	50
85.45	63.83	85.20	0.03	82.54	7.69	100
90.12	97.06	91.40	0.02	90.04	3.94	200
92.19	118.90	49.11	0.01	93.31	2.65	300



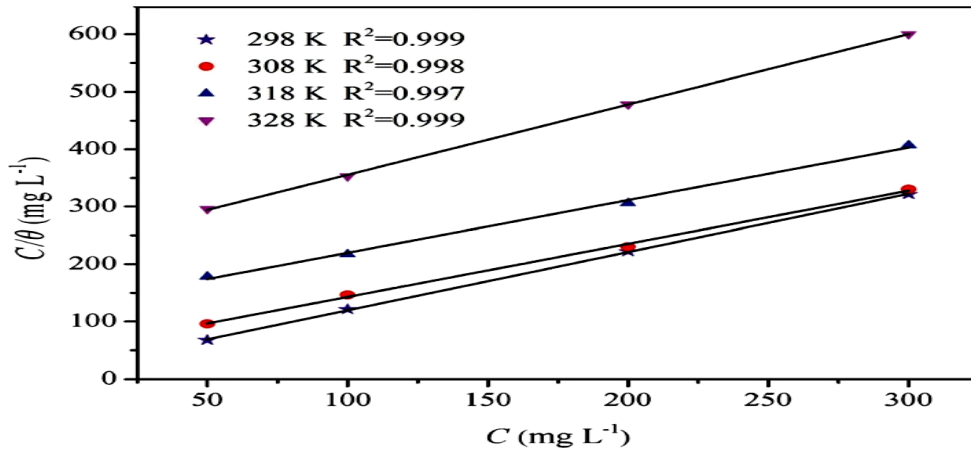
الشكل (III-1): سرعة التآكل وكفاءة التثبيط تراكيز مختلفة من المستخلص RLE في وسط حمض الكبريتيك (0.5M) عند  $298\text{ K}^\circ$ .



الشكل (III-2): تأثير تغيير التركيز على منحني Tafel الإستقطابي للفولاذ الكربوني في وسط حمض الكبريتيك (0.5M) لمختلف تراكيز المستخلص RLE.



الشكل (III-3): تأثير تغيير التركيز على منحني نيكويست للفولاذ الكربوني في وسط حمض الكبريتيك (0.5M) لمختلف تراكيز المستخلص RLE.



الشكل (III-4): منحنى ايزوتارم لانجموير لامتزاز مختلف تراكيز المستخلص RLE على سطح الفولاذ الكربوني في محلول حمض الكبريتيك (0.5M) في درجة حرارة (298-328).

### III-7- مناقشة النتائج:

#### III-7-1- نتائج فقدان الوزن:

- لوحظ من الشكل (III-1) زيادة كفاءة تثبيط التآكل مع زيادة تركيز RLE فعند التركيز 300mg/L كان معدل التآكل 2.65g/m<sup>2</sup>h وكانت كفاءة التثبيط 93% ، ربما يرجع التأثير الممتاز لمستخلص RLE في منع التآكل الفولاذ إلى وجود مركبات عضوية مختلفة تحتوي على مجموعات وظيفية قطبية ذات ذرات غير متجانسة مثل N و O وكذلك روابط مزدوجة مترافقة أو حلقات عطرية ، والتي تعمل كمراكز امتصاص رئيسية ومنه يمكن تكوين طبقات واقية على سطح المعدن من خلال عملية الامتزاز وبالتالي زيادة مساحة التغطية السطحية وتقليل معدل تآكل الفولاذ الكربوني في الوسط الحمضي.
- و لوحظ من الشكل (III-4) أن معاملات الارتباط لهذه المنحنيات قريبة جداً من 1 ( $R^2 < 0.99$ )، وهذا يشير إلى أن امتزاز المستخلص على سطح الفولاذ الكربوني في محلول (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5M) يكون حسب نموذج ايزوتارم لامتزاز لانجموير، مما يعني أن مركبات المستخلص تغطي مواقع امتزاز المحلول على السطح للمعدني، مما يمنع التآكل الناتج عن الوسط الحمضي.

#### III-7-2- نتائج منحنيات الإستقطاب:

- لوحظ من خلال نتائج الجدول (III-5) انخفاض في قيمة I<sub>Corr</sub> بشكل كبير مع زيادة تركيز المستخلص (زيادة كفاءة التثبيط) ويشير هذا إلى أن حماية المثبطات للفولاذ الكربوني تزداد



تدرجياً مع زيادة تركيز المستخلص ، حيث بلغت كفاءة التثبيط %94 عند التركيز mg/L 300.

- وأوضح منحني الاستقطاب أن إضافة المستخلص لا يقلل فقط من انحلال المعادن ولكن يمنع أيضاً تفاعل أختزال الهيدروجين، علاوة على ذلك ، وجد أن التغيير في الكاثود كان أكثر وضوحاً من التغيير في الأنود، و انزاح جهد التآكل ( $E_{corr}$ ) إتجاه الكاثود ، وكان الحد الأقصى لقيمة التغيير لـ  $E_{corr}$  11 mv . وبالتالي المستخلص RLE عبارة عن مثبت مختلط للتآكل يعتمد ذو فعالية كاثودية في (0.5M  $H_2SO_4$ ). ويتضح أيضاً من الشكل III (2- أن منحنيات تافل الكاثودية متوازية تقريباً مع زيادة تركيز المثبط مما يدل على أن عملية إختزال الهيدروجين لم تتغير عند إضافة المستخلص ، قد يرجع هذا الى تغطية جزيء المانع لسطح الفولاذ الكربوني.

### III-7-3 نتائج الممانعة:

- أوضح الشكل(III-3) لمنحنى Nyquist أن أنصاف أقطار الدوائر تزيد بزيادة تركيز المستخلص، وهذا يشير إلى تعزيز حماية الأقطاب الكهربية بزيادة تغطية المثبطات على سطحها .
- بناءً على النتائج الواردة في الجدول(III-5) لوحظ زيادة مقاومة إنتقال الشحنة ( $R_{ct}$ ) و كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المستخلص، حيث بلغ %92 عند التركيز (300mg/L)، وهو ما يتوافق تقريباً مع النتائج التي تم الحصول عليها من تحليلات فقدان الوزن ومنحنيات الاستقطاب ومع ذلك انخفضت قيمة  $C_{dl}$  مع زيادة تركيز المستخلص RLE وكان بسبب إمتزاز جزيئات المستخلص على سطح الأقطاب الكهربية.

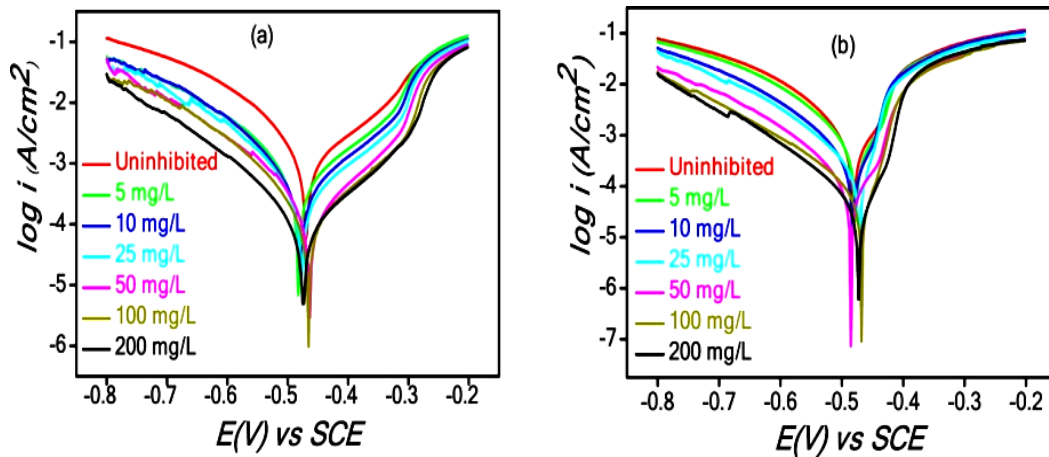
الجدول(III-6): نتائج سرعة التآكل وفعالية التثبيط بمختلف تراكيز المستخلص AERMS على تآكل الفولاذ الكربوني C38 في وسط حمض الكبريتيك (0.5M) و وسط حمض الهيدروكلوريك (1M) [20]:

طريقة المعاوقة		طريقة الاستقطاب		التركيز (mg/L)
E%	Rt ( $\Omega cm^2$ )	E%	$I_{corr}(\mu A/cm^2)$	
/	14.6	/	381	HCl(1 M)0
73	53.2	63	143	5

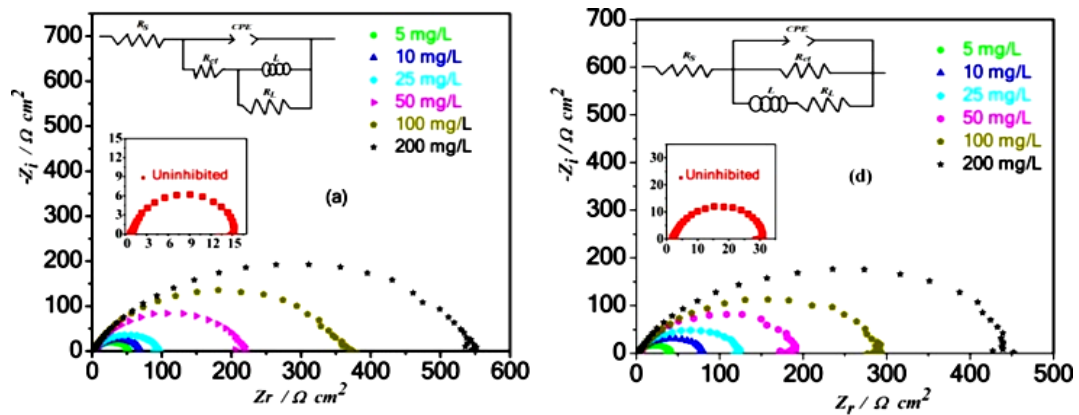
80	71.1	70	114	10
85	98.0	78	85	25
94	226.7	88	47	50
96	372.0	91	34	100
97	554.0	92	30	200
/	29.6		234	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ( M0.5)0
26	40.2	18	192	5
63	79.0	57	101	10
76	123.4	70	71	25
84	189.0	85	36	50
90	290.0	91	22	100
93	428.0	93	16	200

الجدول(III- 7): نتائج سرعة التآكل وفعالية التثبيط في غياب و وجود KI و AERMS و وجود KI و AERMS معا على تآكل الفولاذ الكربوني C38 في وسط حمض الكبريتيك [20] (0.5M)

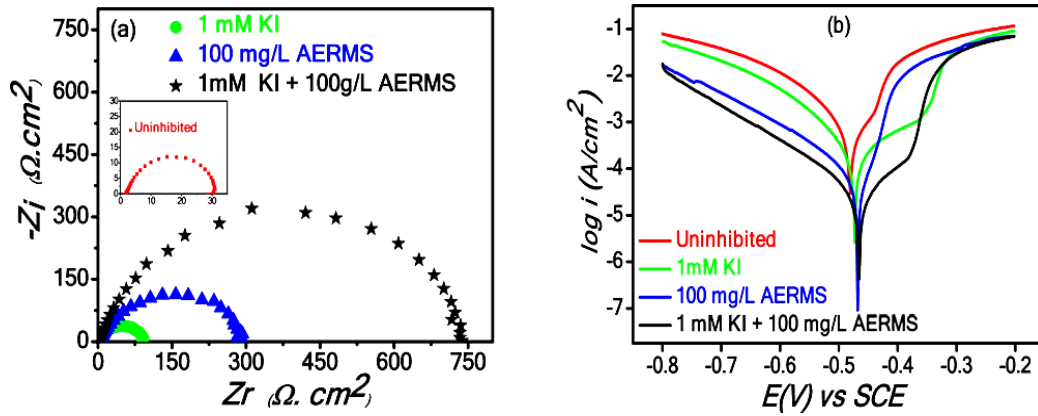
طريقة الممانعة		طريقة الاستقطاب		التركيز (mg/L)
E%	Rt ( $\Omega\text{cm}^2$ )	E%	I <sub>corr</sub> ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	
	29.6		234	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5M)
61	90.0	69	71	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5M) +KI
90	290.0	91	22	(0.5M) +AERMS H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
96	735.0	96	10	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0.5M) + KI+AERMS



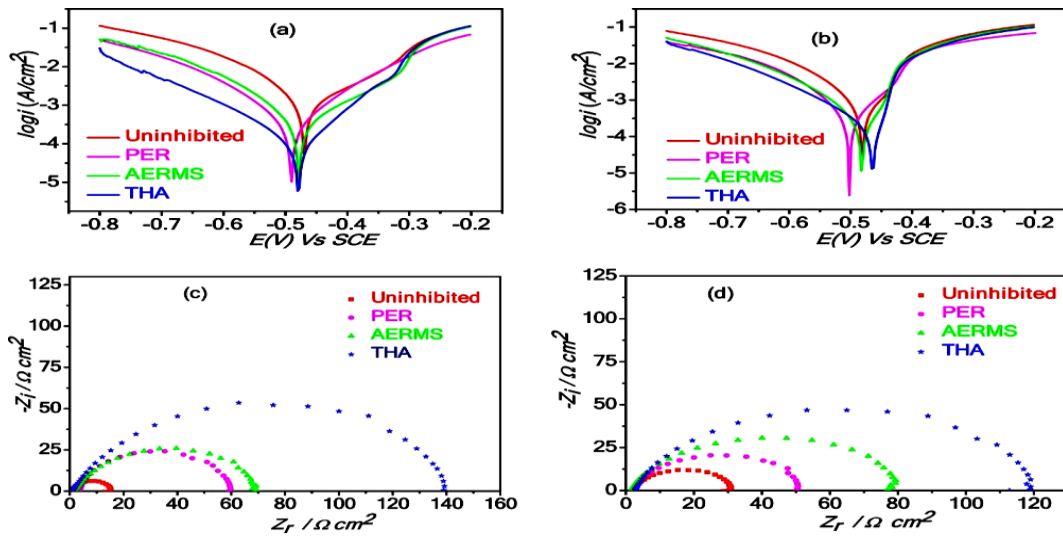
الشكل (III- 5): تأثير تغيير التركيز على منحني Tafel الإستقطابي للفولاذ الكربوني C38 في وسط (a) حمض الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز المستخلص AERMS. ووسط (b) حمض الكبريتيك (0.5M)



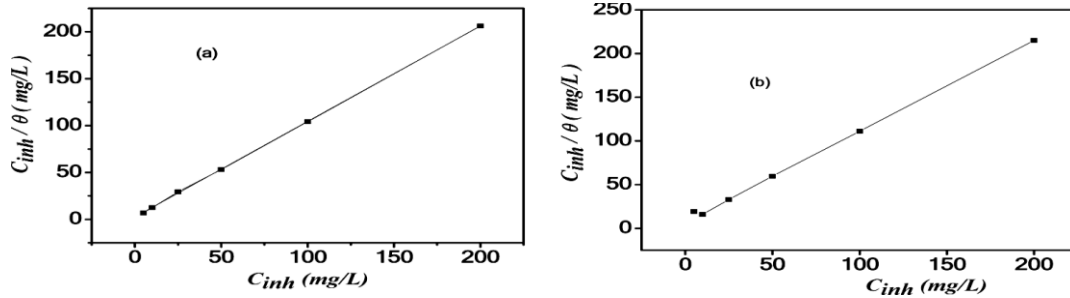
الشكل (III- 6): تأثير تغيير التركيز على منحني نيكويست للفولاذ الكربوني C38 في وسط (a) حمض الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز المستخلص AERMS. ووسط (d) حمض الكبريتيك (0.5M)



الشكل (III-7): منحني Tafel الإستقطابي (b) ومنحنى نيكويست (a) للفولاذ الكربوني C38 في وسط حمض الكبريتيك (0.5 M) في غياب و وجود KI و AERMS و وجود KI و AERMS معا.



الشكل (III-8): منحني Tafel الإستقطابي (a;c) ونيكويست (b;d) للفولاذ الكربوني C38 في وسط حمض الهيدروكلوريك (1 M) و وسط حمض الكبريتيك (0.5M) لمختلف المثبطات بتركيز 10mg/L.



الشكل (III-9): منحني ايزوتارم لانغموير لامتزاز مختلف تراكيز المستخلص AERMS على سطح الفولاذ الكربوني C38 في محلول حمض الكبريتيك (0.5M) ومحلول حمض الهيدروكلوريك (M1).

### III-8- مناقشة النتائج:

#### III-8-1- نتائج الممانعة:

- لوحظ من الشكل (III-6) زيادة في أنصاف أقطار الدوائر مع زيادة مقاومة إنتقال الشحنة وزيادة تركيز المستخلص AERMS .
- وتبين من الجدول (III-6) أنه بزيادة كمية AERMS في المحلول تزداد قيم مقاومة نقل الشحنة ( $R_{ct}$ ) ، بينما تقل سعة الطبقة المزدوجة ( $C_{dl}$ ) في نفس الوقت.
- إن تكوين طبقة واقية على سطح القطب الصلب C38 هو ما يفسر زيادة ( $R_{ct}$ ) وهو ما يقلل من عدد مواقع التآكل النشطة. حيث يعتمد سمك هذه الطبقة على تركيز المستخلص في المحلول، حيث لوحظ أن السمك الأعلى نسبياً كان للتركيز العالية من المستخلص AERMS وهذا ما أدى إلى زيادة مقاومة نقل الشحنة بشكل أكبر ومنه زيادة كفاءة التثبيط. وكانت أفضل كفاءة تثبيط تم الحصول عليها في محلول حمض الهيدروكلوريك 97% مقارنة بحمض الكبريتيك (93%) .

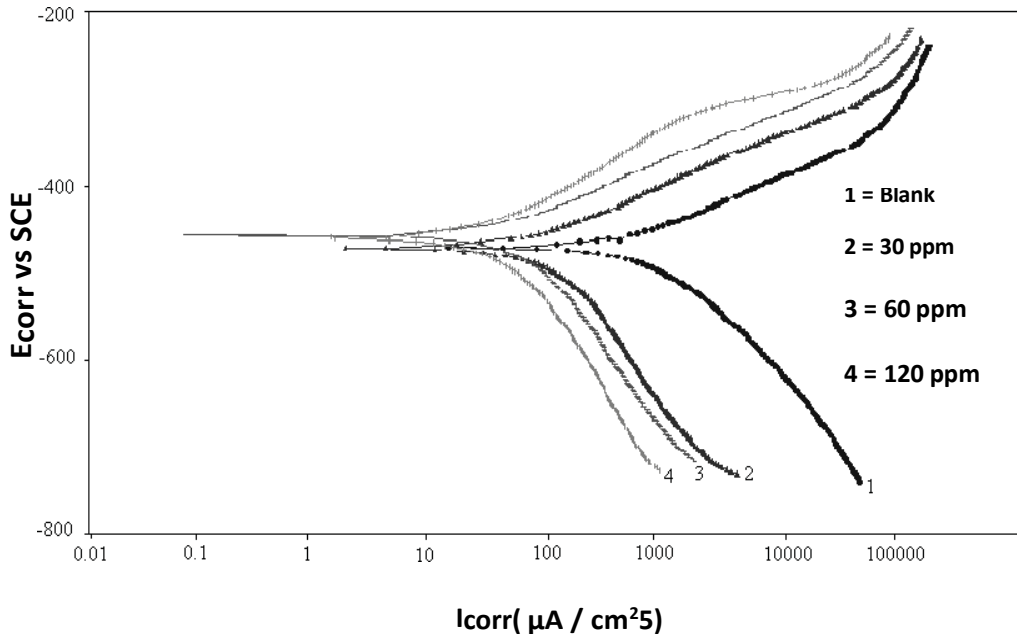
#### III-8-2- نتائج منحنيات الاستقطاب:

- من الشكل (III-5) لوحظ أنه في كلا الحمضين ، تتخفض كثافة التيار للجزء الكاثودي تدريجياً مع زيادة المستخلص AERMS ، مما يدل على أن المستخلص يثبط التفاعل الكاثودي ، وكانت نفس الملاحظة على الجزء الأنودي في حمض الهيدروكلوريك ، أي انخفاض في التيار للجزء الأنودي بزيادة تركيز AERMS المستخلص ، وبالتالي يمكن

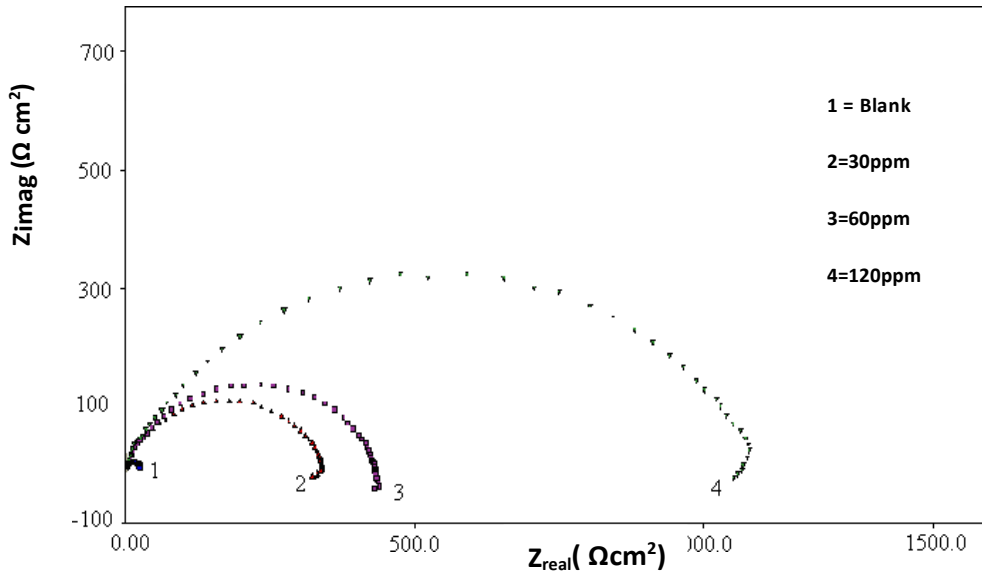
- اعتبار مستخلص AERMS مثبت كاثودي في حمض الكبريتيك ومثبط مختلط ذو فعالية كاثودية سائدة في حمض الهيدروكلوريك.
- انخفاض كثافة تيار icorr التآكل مع زيادة تركيز المستخلص AERMS في المحلول (من 1 M) في (HCl). على التوالي بينما لوحظ زيادة في كفاءة المستخلص 90% عند التركيز mg/L 100.
- أظهرت النتائج أن عمل المستخلص AERMS كمثبط ، يتم بلامتزاؤه على سطح القطب الصلب مما يعيق وصول البروتونات إلى المعدن.
- من الشكل (III- 9) نلاحظ أن معاملات الارتباط قريبة جداً من 1 ( $2R < 0.99$ ) في كل من (HCl M) و (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5M) ومنه الإمتزاز كان وفق نموذج الإمتزاز للإيزوتارم لانغمير
- من أجل تحسين امتصاص AERMS على سطح الفولاذ ، تم استخدام أيونات الهاليد حيث أجريت الدراسة في محلول حمض الكبريتيك (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5M) بسبب انخفاض امتصاص المستخلص في هذا الحمض مقارنة مع حمض الهيدروكلوريك الشكل (III- 7).
- من الجدول (III- 7) لوحظ أن كفاءة اليود ضعيفة حيث بلغت 61% عند التركيز 1mM يوفر وعندما يرتبط بمستخلص AERMS ، لوحظ انخفاض كبير في كثافة التيار ، وزيادة في كفاءة التثبيط من 90% في وجود المستخلص وحده وعند إضافة اليود للمستخلص بلغت 96% في. ومنه اليود يحسن من قدرة المستخلص على حماية المعدن من البيئة المسببة للتآكل في المحلول الحمضي.
- يوضح الإستقطاب الديناميكي الفعال (الشكل III- b7) أنه في وجود اليود بتركيز 1mM وحده في المحلول الحمضي كانت حماية انودية وعندما إرتبط بالمستخلص تم الحصول على حماية مختلطة.
- عند عزل المركبات القلوية PER و THA ودراسة كفاءتهم وجد أن: من الشكل (III- 8) عند إضافة المستخلص تنخفض كثافة تيار التآكل الكاثودي والأنودي لـ (a) و (b). ومع ذلك فإن التيار ينخفض أكثر نحو الجزء الكاثودي أكثر، خاصة في حمض الهيدروكلوريك المنحنى (a) ، في وجود مركب THA. و بناءً على قيم مقاومة إنتقال الشحنة R<sub>ct</sub> في المنحنيين (c) و (d) تم تأكيد أن THA هو المثبط الأكثر كفاءة يليه AERMS وهو أكثر كفاءة من الذي يليه.

الجدول (III- 8) نتائج سرعة التآكل وفعالية التثبيط بمختلف تراكيز مستخلص الفلفل الأسود على تآكل الفولاذ الكربوني في وسط حمض الهيدروكلوريك (1M) [21]:

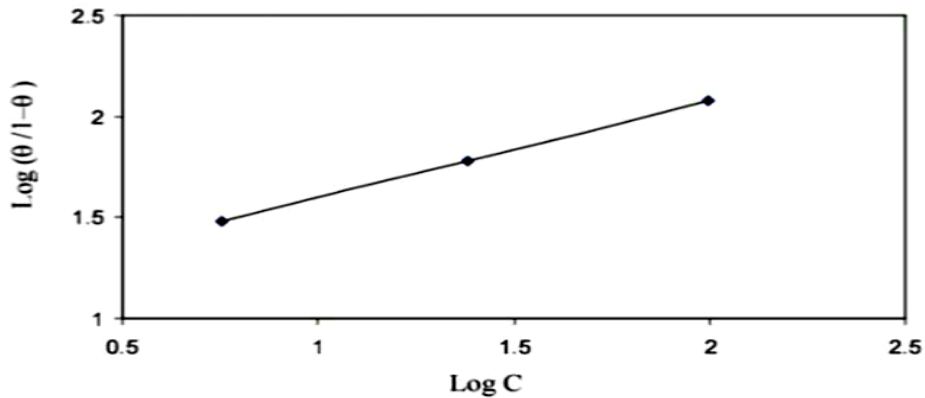
طريقة الممانعة		طريقة الاستقطاب		طريقة الفقد في الوزن		التركيز (ppm)
E%	Rt ( $\Omega\text{cm}^2$ )	E%	I <sub>corr</sub> ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	E%	V (mmpy)	
/	28.37	/	501.00	0.00	39.34	HCl(1M)
87.52	227.30	83	85.60	85.85	5.57	30
91.97	353.40	91	45.30	96.22	1.48	60
95.98	707.40	93	34.20	89.11	0.74	120



الشكل (III- 10): تأثير تغيير التركيز على منحنى Tafel الإستقطابي للفولاذ الكربوني في وسط حمض الهيدروكلوريك لمختلف تراكيز مستخلص الفلفل الأسود.



الشكل (III-11): تأثير تغيير التركيز على منحني نيكويست للفولاذ الكربوني في وسط حمض الهيدروكلوريك لمختلف تراكيز مستخلص الفلفل الأسود.



الشكل (III-12): منحني ايزوتارم لانغموير لامتزاز مختلف تراكيز مستخلص الفلفل الأسود على سطح الفولاذ الكربوني في محلول حمض كلور الماء (حمض الهيدروكلوريك) (1M)

### III-9- مناقشة النتائج:

#### III-9-1- نتائج فقدان الوزن:

- لوحظ أن كفاءة التثبيط تزداد مع زيادة تركيز المثبط وبلغت أعلى كفاءة عند التركيز ppm120. وهذا يرجع إلى تكوين طبقة واقية بسبب إدمصاص مركبات المستخلص



على سطح المعدن ثم الارتباط بين إلكترونات الحرة للمركبات والمدارات d الشاغرة على سطح ذرات الحديد.

### III-9-2- نتائج منحنيات الإستقطاب:

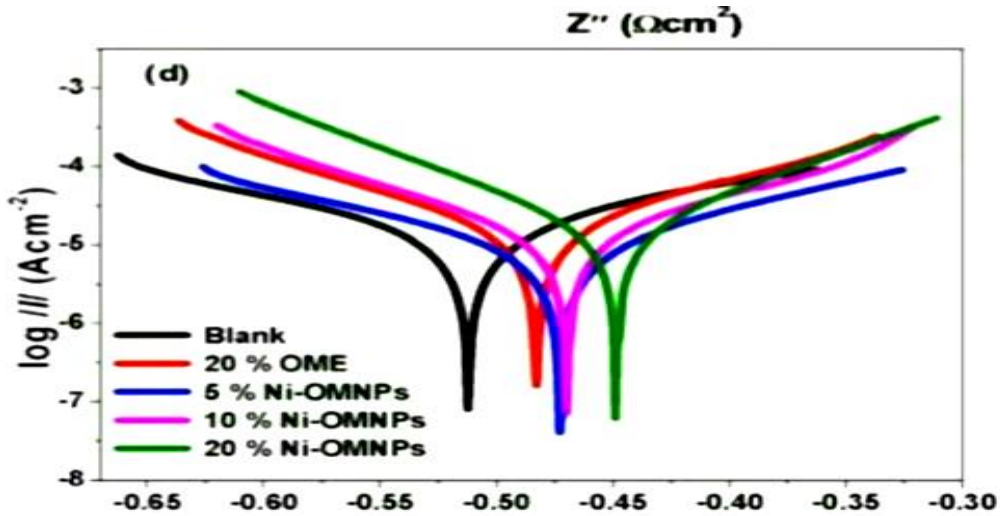
• من الجدول (III-8) لوحظ أنه بوجود المستخلص، تنخفض كثافة التيار (icorr) من  $501.00 \mu\text{Acm}^{-2}$  إلى  $34.20 \mu\text{Acm}^{-2}$  دون أي تغيير في جهد التآكل (Ecorr) مما يشير إلى أن هذا المستخلص هو مثبط من النوع المختلط

### III-9-3- نتائج الممانعة:

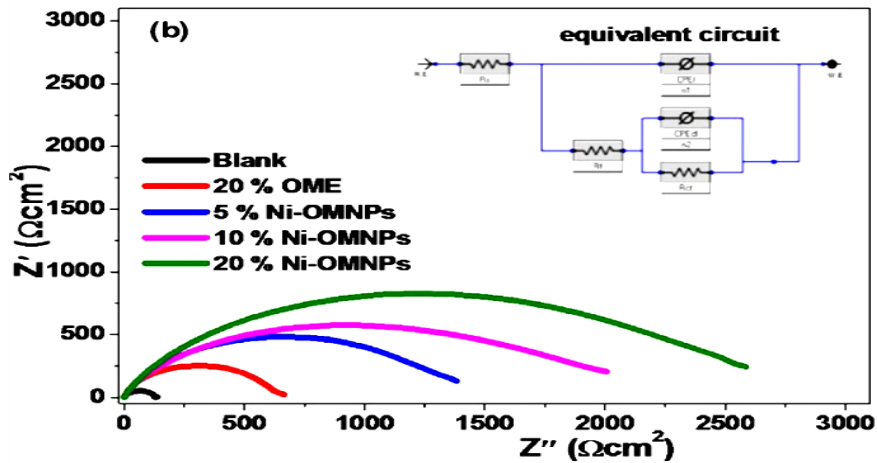
لوحظ من (III-11) أن إضافة المستخلص يزيد من قيم مقاومة إنتقال الشحنة  $R_t$  يُعزى إلى تشكيل طبقة واقية على سطح الفولاذ.

الجدول (III-9) نتائج سرعة التآكل وفعالية التثبيط في وجود وغياب مستخلص OME و تراكيز مختلفة من Ni-OMNPs على تآكل الفولاذ الكربوني 80 X في وسط حمض الهيدروكلوريك (1M) [22]:

المعاوقة		الاستقطاب		الفقد في الوزن		C(ppm)
E%	Rt ( $\Omega\text{cm}^2$ )	E%	I <sub>corr</sub> ( $\mu\text{A/cm}^2$ )	E%	CR (mmpy)	
/	130.7	/	1028	/	12.22	Blank
78.8	610.1	76.3	243.7	70.3	3.63	20 % OME
90.3	1365.8	88.7	116.2	88.3	1.43	5 % Ni-OMNPs
93.3	1983.5	91.3	89.4	90.1	1.20	10 % Ni-OMNPs
/	/	/	/	93.8	0.76	15 % Ni-OMNPs
95.4	2821.1	95.8	43.2	95.5	0.55	20 % Ni-OMNPs



الشكل (III- 13): تأثير تغيير التركيز على منحنى Tafel الإستقطابي للفولاذ الكربوني XC 80 في وسط حمضي الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز مستخلص OME و Ni-OMNPs.



الشكل (III- 14): تأثير تغيير التركيز على منحنى نيكويست للفولاذ الكربوني X80 في وسط حمض الهيدروكلوريك (1M) لمختلف تراكيز المستخلص OME و Ni-OMNPs.

### III- 10- مناقشة النتائج:

#### III- 10-1- نتائج فقدان الوزن:

- لوحظ أن إضافة المستخلص يقلل من نسبة التآكل بحيث انخفض معدل فقدان الوزن.

بشكل كبير، كما أن المركبات NPs تعطي كفاءة تثبيط أعلى مقارنة بالمستخلص الخام OME من النتائج الموضحة في الجدول (III-9) يمكن ملاحظة أنه عند تركيز للمستخلص (20%) إنخفضت

كفاءة التثبيط للمستخلص OME من 70.30% إلى 55.42% عند 30°C و 60°C على التوالي، بينما عند المستخلص Ni-OMNPs كانت الكفاءة 95.51% و 95.44% عند 30°C و 60°C على التوالي. أيضاً، على عكس OME، زادت كفاءة مقاومة التآكل لـ Ni-OMNPs في البداية مع زيادة درجة الحرارة، مما يؤكد أن المستخلص Ni-OMNPs مقاوم لدرجة الحرارة مقارنة بالمستخلص الخام.

- انخفضت كفاءة تثبيط المستخلص OME بشكل ملحوظ خاصة عند 60 درجة مئوية، في حين كانت عند Ni-OMNPs مستقرة وفعالة إلى حد ما طوال مدة التخزين البالغة 150 يوماً.
- وقد لوحظ أيضاً أن درجة حرارة التخزين لها بعض التأثيرات على استقرار وفعالية المستخلص OME ولكن كان التأثيراً ضئيلاً على المركب النانوي مقارنة بالمستخلص OME.

### III-10-2- نتائج الممانعة:

- أظهرت منحنيات Nyquist الشكل (III-14) زيادة في أنصاف أقطار الدائرة كلما زاد تركيز المستخلص Ni-OMNPs ويتوافق هذا أيضاً مع زيادة مقاومة نقل الشحنة وكفاءة التثبيط، مما يعني أن كفاءة المثبط تتناسب طردياً مع تركيز Ni-OMPNS.
- يؤدي امتزاز المستخلص إلى إزاحة جزيئات الماء وأنواع مركبات الكلور من السطح وبالتالي تقليل مواقع التآكل النشطة وتقليل معدل التآكل.

### III-10-3- نتائج منحنيات الاستقطاب:

- لوحظ من الشكل 13(d) انخفاض في كثافة تيار التآكل وزيادة كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المستخلص Ni-OMNP.
- يعتبر المستخلص Ni-OMNPs مثبّطاً من النوع المختلط ذو فعالية أنودية سائدة

## المراجع:

## المراجع باللاتينية:

[19]

Li, D. Zhang; P. Guo,X. Zhao,X. and Xu,Y. 2019. The inhibition of mild steel corrosion in 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution by radish leaf extract. The Royal Society of Chemistry Journal. Vol. 9, 40997.210\*275mm

[20]

Ngoune, B. Pengou, A Megha Nouteza. A. Nanseu-Njiki. CH. and Ngameni. E. 2019. Performances of Alkaloid Extract from Rauvolfia macrophylla Stapf toward Corrosion Inhibition of C38 Steel in Acidic Media; American Chemical. Society Publication . Vol.4;9081-9091: Cameroon 220.6\*288.7mm

[21]

Quraishi M.A Kumar Yadav; D. and Ahamad; I. 2009; Green Approach i to Corrosion Inhibition by Black Pepper Extract in Hydrochloric Acid Solution The Open Corrosion Journal. Vol. 221 005, India215.9\*279.4mm.

[22]

Ituena, E. Singha, A. Yuanhuaa. L. Li, R. 2020; Synthesis and evaluation of anticorrosion properties of onion mesocarp-nickel nanocomposites on X80 steel in acidic cleaning solution Journal of Materials Research and Technology. Vol. 9(3):2832–2845.210\*280 mm

## خلاصة

## خلاصة:

- من خلال تلخيصنا للمقالات العلمية العالمية المدروسة في هذا المجال استنتج مايلي:
- أن مستخلص RLE يمتلك كفاءة تثبيطية عالية بلغت (94%، 93%، 92%) بطريقة منحنيات الإستقطاب، فقدان الوزن، الممانعة على التوالي عند التركيز 300mg/L (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5M).
  - ومستخلص AERM يمتلك كفاءة تثبيطية عالية بلغت (97%، 92%) بطريقة الممانعة ومنحنيات الإستقطاب على التوالي عند التركيز 200 mg/L (HCl1M)، وبلغت (93%) بطريقة الممانعة، منحنيات الإستقطاب على التوالي عند التركيز 200mg/L (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5M) و (96%) لمستخلص KI+AERMS بطريقة الممانعة ومنحنيات الإستقطاب على التوالي (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>0.5M).
  - ومستخلص الفلفل الأسود يمتلك كفاءة تثبيطية عالية بلغت (98.11%، 97.76%، 93%) عند التركيز (120ppm) في طريقة فقدان الوزن، الممانعة، منحنيات الإستقطاب (HCl1M).
  - و المستخلص Ni-OMNPs يمتلك كفاءة تثبيطية عالية بلغت (95.8%، 95.51%، 95.4%) بطريقة منحنيات الإستقطاب، فقدان الوزن، الممانعة، على التوالي عند تركيز 20% (1M HCl).
- ومنه نستنتج أن جميع الطرق فقدان الوزن، منحنيات الإستقطاب و الممانعة كانت نسبة كفاءة التثبيط لها متوافقة.
- وبالتالي تعتبر المستخلصات النباتية مثبطات ممتازة للتآكل و يجب أستغلالها مستقبلا وتعزيزها كإضافة مركبات نانوية أو أيونية لها وذلك للحصول على نتائج أفضل، خاصة كونها مواد طبيعية و صديقة للبيئة غير سامة ومتوفرة و غير مكلفة.

**المخلص:**

نظرا للظروف التي يعيشها العالم وهي إنتشار وباء COVID-19، لهذا تعذر علينا العمل في المخبر، وبالتالي قمنا بتلخيص أربعة مقالات علمية عالمية.

وتضمنت هذه المقالات دراسة تأثير بعض المستخلصات النباتية على تآكل الفولاذ في أوساط حمضية وتمثلت هذه المستخلصات في مستخلص أوراق الفجل RLE، ومستخلص AERMS، و مستخلص الفلفل الأسود، ومستخلص OME، حيث بلغت كفاءة تثبيط مستخلص RLE 94% عند التركيز 300mg/L في محلول (0.5M)  $H_2SO_4$  و 97% لمستخلص AERMS عند التركيز 200 mg/L في محلول (1M) HCl، و 98.11% لمستخلص الفلفل الأسود عند التركيز 120ppm، و 95.8% لمستخلص Ni-OMNPs عند تركيز 20% في محلول (1 M) HCl.

**الكلمات المفتاحية:**

التآكل، مستخلص أوراق الفجل RLE، مستخلص AERMS، مستخلص الفلفل الأسود، مستخلص Ni-OMNPs، فقدان الوزن، الطرق الكهروكيميائية.

**Summary:**

Given the conditions the world is living in, which is the spread of the COVID-19 epidemic, we were unable to work in the laboratory, and therefore we summarized four global scientific articles.

These articles included a study of the effect of plant extracts on steel corrosion in acidic media. These extracts were RLE leaf extract, AERMS extract, black pepper extract and OME extract, where the inhibition efficiency of RLE extract reached 94% at a concentration of 300 mg / L in  $H_2SO_4$  0.5M solution and 97% for AERMS extract at 200 mg / L in 1M HCl solution, 98.11% for black pepper extract at concentration of 120 ppm, and 95.8% for Ni-OMNPs extract at 20% in 1 M HCl solution.

**key words:**

Corrosion, RLE Radish Leaf Extract, AERMS Extract, Black Pepper Extract, Ni-OMNPs Extract, Weight Loss, Electrochemical Methods.

Résumé:

Compte tenu des conditions dans lesquelles le monde vit, qui est la propagation de l'épidémie de COVID-19, nous n'avons pas pu travailler en laboratoire, et nous avons donc résumé quatre articles scientifiques mondiaux.

Ces articles comprenaient une étude de l'effet d'extraits de plantes sur la corrosion de l'acier dans des milieux acides, qui étaient l'extrait de feuille de radis RLE, l'extrait AERMS, l'extrait de poivre noir et l'extrait OME, où l'efficacité d'inhibition de l'extrait RLE a atteint 94% à une concentration de 300 mg / L dans une solution  $H_2SO_4$  0.5M et 97% pour l'extrait AERMS à 200 mg / L dans une solution HCl 1M, 98,11% pour l'extrait de poivre noir à une concentration de 120 ppm, et 95,8% pour l'extrait Ni-OMNPs à 20% dans une solution HCl 1 M.

les mots clés:

Corrosion, extrait de feuille de radis RLE, extrait d'AERMS, extrait de poivre noir, extrait de Ni-OMNPs, perte de poids, méthodes électrochimique.





