



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كلية التكنولوجيا

مذكرة مقدمة لنيل شهادة:

ماستر أكاديمي

ميدان: علوم وتكنولوجيا

شعبة: هندسة طرائق

التخصص: هندسة كيميائية

من تقديم:

قصير إنتصار

عماري عبد الفتاح

منصوري جهينة

بكاكرة محمد الأخضر

حوامد محمد العيد

بغوان

دراسة إستعمال الجيلاتين كمنشط لتآكل الفولاذ X52

تمت مناقشة المذكرة في: 2023/06/05

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

مؤظرا

شعبية ناصر

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

رئيسا

براني جمال

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

مناقشا

بن عمر محمد العربي

السنة الجامعية: 2023/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شكر وعرهان

الشكر الكبر والأول والأخير إلى من يسر لنا أمرنا ووقفنا حتى
الآن، فلك الشكر والحمد ربي حتى ترضى ولك الحمد إذا
رضيت ولك الحمد بعد الرضى.

من هذا المقام تقدم بالشكر الجزيل والامتنان العظيم إلى أستاذنا الفاضل
الأستاذ ناصر شعبية

على تأطيره لهاته المذكرة وعلى صبره وسعة صدره وعلى ما بذله من جهد
وإرشاد ومتابعة وتسهيل كل العقبات خلال مراحل إنجاز هذا البحث.

وكما تتسع دائرة شكرنا إلى أستاذتنا لأكارم الذين فتحوا لنا درب البحث
والتعليم في مشوارنا الدراسي من أول الطريق إلى آخره، لتنوير وفتح سبيل العلم
والمعرفة لنا،

وإلى موظفين وعمال كلية العلوم والتكنولوجيا وبالأخص قسم هندسة
الطرائق والبتروكيمياء، وإلى جميع زملائنا دفعة ماستر 2023.

الإهداء

الحمد لله وكفى والصلاة والسلام على الحبيب المصطفى سيدنا محمد وأصحاب
الحوض المورود والمقام المحمود أما بعد:

ما أجمل أن يجود المرء بأعلى ما لديه والاجمل أن يهدي الغالي للأعلى ...

إلى أحلى كلمة تنطقها ألسنتنا ويحف القلم على خط ما يفي بحقهم ...

إلى من شملونا برعايتهم ...

إلى من حرموا أنفسهم وعلمونا معاني الحياة والتفاؤل والاسرار والبذل

والإحسان ... **الوالدين الكريمين حفظها الله ورعاها**

إلى الأخوة والأصدقاء الذين زرعوا فينا روح المثابرة والتحدي وعلمونا أن ننال

ما نحب بالصبر وكانت نصائحهم بركة في حياتنا

أهدي لكم هذا العمل المتواضع

قائمة الاختصارات والرموز

الاسم	الرمز
السرعة بوجود المثبط.	V
السرعة بدون مثبط.	V_0
هي قيمة درجة الحرارة المطلقة بـ K.	T
الطاقة الحرة	ΔG_{ads}
إنتالبي التنشيط.	ΔH_{ads}
إنتروبي التنشيط	ΔS_{ads}
درجة الحموضة	Ph
قطب الهيدروجين القياسي (Saturated Hydrogen Electrode)	ESH
قطب الكالوميل المشبع (Saturated Calomel Electrode)	ECS
قطب العمل Electrode Work:	WE
القطب المساعد Electrode L'auxiliaire .	AE
قطب المراجع	RE
قيمة للممانعة	Z
التيار (A)	I
الجهد (volt)	E
القطب المساعد	Pt

معامل Tafel الانودي.	Ba
معامل Tafel الكاتودي.	Bc
النسبة المئوية للكفاءة المثبط.	IE%
كثافة تيار التآكل في غياب المثبط.	Lc_{un}
كثافة التيار بوجود المثبط	Lc_{in}
مقاومة المحلول	Rs
مكتفة الطبقة الثنائية للسطح	Cd
مقاومة انتقال الشحنة	Rt
تيار التآكل	i_{corr}
قطب العمل المعدل (فولاذ / جيلاتين)	A
قطب العمل (فولاذ)	B
فولاذ في 20 ملل من ماء البحر	1
فولاذ 20 ملل من ماء البحر / 13.8 ملغ من الجيلاتين	2
	Rp
	Coef
سرعة التآكل	Corrosion

فهرس المحتويات

3.....	شكر و عرفان
4.....	الإهداء
I.....	قائمة الاختصارات والرموز
III.....	فهرس المحتويات
VII.....	قائمة الأشكال
VIII.....	قائمة الجداول
VIII.....	قائمة الصور
10.....	المقدمة العامة

الجزء النظري

الدراسة النظرية

13.....	تمهيد:
14.....	I. عموميات حول التآكل وطرق السيطرة عليه :
14.....	1.I. مفهوم التآكل :
14.....	2.I. أنواع التآكل:
14.....	1.2.I. التآكل الكيميائي :
15.....	2.2.I. التآكل الكهروكيميائي:
16.....	3.2.I. التآكل البيولوجي (البكتيري):
16.....	3.I. آلية التآكل:
17.....	4.I. العوامل المؤثرة على التآكل:
17.....	1.4.I. العوامل الداخلية:
17.....	1- البنية الكيميائية للمعدن:
18.....	2- المعالجة الميكانيكية والحرارية:
18.....	2.4.I. العوامل الخارجية:
18.....	1- تأثير درجة الحرارة:
18.....	2- تأثير الأملاح الذائبة:
18.....	3- تأثير الضغط:
18.....	5- تأثير سرعة الانسياب:
18.....	5.I. طرق السيطرة على التآكل:
18.....	1.5.I. تعديل وتغيير وسط التآكل:

19	2.5.I الحماية بالتغطية:
19	3.5.I الحماية بالتحكم في التآكل بالتصميم:
20	4.5.I الحماية المصعدية (الأنودية):
20	5.5.I التغليف المعدني:
21	II استعمال المثبطات للتآكل:
21	1.II مفهوم المثبطات:
22	2.II تصنيف المثبطات:
22	1.2.II حسب وسط استعمالها:
22	1.1.2.II مثبطات تعمل في الأوساط السائلة:
22	2.1.2.II مثبطات تعمل في الأوساط الغازية:
23	2.2.II حسب تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية الجزئية:
23	1.2.2.II المثبطات المصعدية (الأنودية):
23	2.2.2.II المثبطات المهبطية (الكاثودية):
24	3.2.II حسب آلية التفاعل (التثبيط):
24	1.3.2.II بالامتزاز:
25	2.3.2.II بالترسيب:
25	3.3.2.II الخمولية:
25	4.3.2.II بإزالة العنصر الأكال:
25	4.2.II حسب طبيعتها:
25	1.4.2.II المثبطات العضوية:
25	2.4.2.II المثبطات غير العضوية:
25	3.II الخصائص الأساسية للمثبطات:
26	4.II طريقة تثبيط التآكل:
26	1.4.II الخمولية:
26	2.4.II الترسيب:
26	3.4.II إزالة العنصر الأكال:
27	4.4.II الامتزاز:
27	أ. الإمتزاز الفيزيائي:
27	ب. الإمتزاز الكيميائي:
27	III مدخل إلى مادة الجيلاتين

27	III.1. مفهوم الجيلاتين
28	III.2. البنية الكيميائية للجيلاتين:
28	III.1.2. البنية الجزيئية للجيلاتين:
28	III.2.2. تحول البنية الكيميائية للجيلاتين:
30	IV. الفولاذ الكربوني:
30	IV.1. مفهوم الفولاذ الكربوني:
30	IV.2. أنواع الفولاذ الكربوني :
30	IV.3. أهمية الفولاذ الكربوني X52 واستخداماته:
33	مراجع الفصل الأول:

الجزء العملي

الفصل الثاني: الطرق الكهروكيميائية والمواد المستعملة

38	تمهيد:
38	I.1. تعريف التقنيات الكهروكيميائية:
38	I.1.1. الفولط متري الحلقي (voltamétries cyclique):
38	I.1.2. الكرونوأمبيرومتر (chronoampérométrie)
38	I.3.1. الفولطامتري الخطي:
39	I.2. تعريف الممانعة الكهروكيميائية:
39	I.3. الاجهزة الكهروكيميائية المستخدمة:
40	I.1.3. الخلية الكهروكيميائية:
40	I.2.3. الأقطاب:
42	I.4. التركيب التجريبي المستعمل:
45	مراجع الفصل الثاني:

الفصل الثالث: تحليل ومناقشة النتائج

46	النتائج:
47	تمهيد:
47	I.1. طريقة الغمس :
47	I.1.1. قياس جهد التوازن :
47	I.1.2. منحني الاستقطاب :
50	I.2. طريقة التثبيت :
56	خلاصة:

58.....	الخاتمة العامة
59.....	الملخص

قائمة الأشكال

الفصل الأول: الدراسة النظرية

- الشكل (1-I): أنواع التآكل..... 14
- الشكل (2-I): طريقة المصعدية (الأنودية)..... 20
- الشكل (3-I): منحى السلوك الكهروكيميائي بوجود المثبط الأنودي ودون وجوده a و b على التوالي. 23
- الشكل (4-I): منحى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط ودون وجوده a و b على التوالي. 23
- الشكل (5-I): منحى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط العضوي ودون وجوده a و b على التوالي. 24
- الشكل (6-I): شكل طبقات حاجزة كاثودية وأنودية من التفاعلات الكهروكيميائية في الوسط الحمضي. 24
- الشكل (7-I): التمثيل الكيميائي للبنية النموذجية للجيلاتين..... 28
- الشكل (8-I): رسم بياني لتحول البنية الكيميائية للجيلاتين من الكولاجين..... 29

الفصل الثالث: تحليل ومناقشة النتائج

- الشكل (1-III) : قياس جهد التوازن 1 : (فولاذ في 20 ملل من ماء البحر) و 2 : (فولاذ 20 ملل من ماء البحر / 13.8 ملغ من الجيلاتين) لمدة ساعة..... 47
- الشكل (2-III) : 1 : (منحى استقطاب الفولاذ في ماء البحر) ' 2 : (منحى استقطاب الفولاذ في ماء البحر بوجود الجيلاتين)..... 48
- الشكل (3-III) : منحنى تفال 1: الفولاذ / ماء البحر و 2 : الفولاذ / ماء البحر بوجود الجيلاتين..... 48
- الشكل (4-III): 1 : (منحى Nyquist لقطب الفولاذ في ماء البحر)، 2 : (قطب الفولاذ في ماء البحر به جيلاتين)..... 50
- الشكل (5-III) : جهد توازن الجيلاتين على الفولاذ بالنسبة للقطب المرجعي (ECS) بدلالة الزمن. 51
- الشكل (6-III): منحنى الكرونوامبيرومترى $i=f(t)$ (الجهد $E = -1000mV$) لمدة ساعة..... 52
- الشكل (7-III) : منحنى لجهد التوازن بدلالة الزمن لقطب الفولاذ..... 52
- الشكل (8-III): جهد توازن القطب المعدل (فولاذ / جيلاتين) و قطب العمل في وسط مؤكسد (ماء البحر) . 53
- الشكل (9-III) : مقارنة منحى الاستقطاب بين A: القطب المعدل و B : قطب العمل في ماء البحر..... 53
- الشكل (10-III): منحنى Tafel للقطبين فولاذ/جيلاتين، فولاذ في وسط ماء البحر..... 54
- الشكل (11-III): منحنى Nyquist لقطب الفولاذ والقطب المعدل..... 55

قائمة الجداول

- الجدول (III-1): نتائج منحني Tafel..... 49
- الجدول (III-2): بيانات مخطط Nyquist..... 50
- الجدول (III-3): نتائج منحني Tafel..... 54
- الجدول (III-4): بيانات مخطط Nyquist..... 55

قائمة الصور

الفصل الأول: الدراسة النظرية

- الصورة (I-1): الجيلتين المستخلص..... 28

الفصل الثاني: الطرق الكهروكيميائية والمواد المستعملة

- الصورة (II.1): الخلية الكهروكيميائية..... 40
- الصورة (II.2): قطب البلاتين المساعد (AE)..... 41
- الصورة (II.3): قطب العمل (WE)..... 41
- الصورة (II.4): قطب المرجع RE (ECS)..... 42
- الصورة (II.5): صورة لجهاز Volta Lab PG 301 موصول بجهاز الكمبيوتر..... 42

المقدمة العامة

المقدمة العامة

تعتبر دراسة التآكل إحدى الموضوعات المهمة في وقتنا الحاضر، نظراً للحاجة الملحة لحماية الموارد المعدنية في العالم. ويعرّف التآكل بأنه ظاهرة تؤدي إلى تدمير (تهشم) الهياكل المعدنية عن طريق التفاعلات الكيميائية أو الكهروكيميائية، ويؤدي إلى خسائر مادية ناتجة من استبدال الاجهزة والمعدات. وللتقليل من هذه الخسائر يتم استخدام طرق حماية مختلفة، ومن أهمها وأكثرها فاعلية هي استخدام المثبطات التي تعمل على تقليل سرعة التآكل إلى أقل حد ممكن، لأن التآكل لا يمكن إيقافه بل يمكن تقليله.

يعد الفولاذ الكربوني من أكثر أنواع الفولاذ استعمالاً في التطبيقات الهندسية وبنسبة (85%) تقريباً. بسبب وفرته في حياتنا اليومية، ورخص ثمنه مقارنة مع بقية المعادن، إضافة إلى ذلك يمكن استخدامه في بيئات مختلفة (حامضية، قاعدية، ملحية) وتعتمد خواص الفولاذ الكربوني كلياً على ما يحتويه من كربون، في الغالب تكون نسبة الكربون فيه أقل من (1%) حيث يستعمل الفولاذ الكربوني في صناعة أجزاء من وسائط النقل البحرية و البرية والجوية كذلك في أنابيب نقل البترول وهياكل البنايات والجسور لما له من خصائص ميكانيكية جيدة بالرغم من أنه يعاني أنواع مختلفة من التآكل في بعض الأوساط لذا فإنه يحتاج إلى طرق الحماية من التآكل.

وتصنف المثبطات حسب طبيعتها الكيميائية إلى عضوية وغير عضوية حيث سنركز في عملنا هذا على المثبطات الغير عضوية فهي تؤثر في الطبقة الكهروكيميائية المزدوجة التي تنشأ في وسط التآكل بين سطح القطب والايونات المنتشرة في المحلول.

لهذا الغرض قمنا باستعمال مادة الجيلاتين كمثبط حيث يعتبر واحداً من المكونات الغذائية المهمة والذي يدخل في العديد من الصناعات الغذائية والصناعات الدوائية، لذا قمنا باختباره لاعتباره مادة غير معروفة ضمن المواد المثبطة.

حيث قمنا بتقسيم هذا البحث إلى جزئين:

■ **الجزء النظري:** يحتوي على عموميات حول التآكل وطرق السيطرة عليه، وأيضا استعمال المثبطات للتآكل، وكذلك على مادة الجيلاتين والفولاذ الكربوني X52.

■ **الجزء التطبيقي:** تطرقنا فيه إلى فصلين الأول ذكرنا فيه الطرق الكهروكيميائية والمواد المستعملة في هذا العمل، أما الثاني إلى دراسة النتائج ومناقشتها.

الجزء النظري

الدراسة النظرية



تمهيد:

من العناصر التي عادة ما تكون بالغة الأهمية في الصناعات هي عملية التآكل فهو عادة السبب الرئيسي للكثير من المشاكل التي تجابه عمليات التشغيل في خطوط الإنتاج، وهو غالباً المسئول عن الأعطال وتوقف

الإنتاج. [1]

سنقوم في هذا الفصل بدراسة مفهوم التآكل، والتعرف على أنواعه وكيفية التصدي له أو الحد من معدل وقوعه بواسطة ما يسمى بالمتبقيات، وسنذكر أنواعها وأهميتها والخصائص الأساسية لها ومعرفة طريقة تثبيطها للتآكل، حيث قمنا باختيار مادة الجيلاتين كمتببط حيث سنتعرف على مصادر استخلاصها وأهم استخداماتها، وكذلك سنتطرق إلى دراسة الفولاذ الكربوني X52 بذكر أنواعه وأهميته واستخداماته.

I. عموميات حول التآكل وطرق السيطرة عليه :**1.1. مفهوم التآكل :**

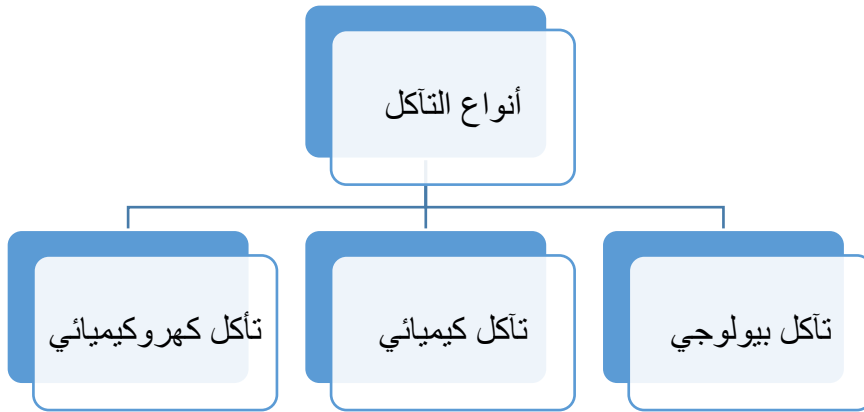
- التآكل عبارة عن أكسدة معدن معرض للمحيط، وبشكل أدق التآكل عبارة عن تفاعلات كيميائية (تفاعلات أكسدة مصحوبة باختزال) تحدث على سطوح المعادن عندما يكون المعدن على صلة بالوسط المسبب للتآكل مثل الهواء الجوي أو المحاليل المائية وغيرها. ويمكن تعريفه بأنه تلف أكسيدي لمعدن ما، ومثاله تحول الحديد الى صدأ. [2]

- يعرف التآكل بأنه تلف جزئي أو كلي يحدث للمعدن أو السبيكة من حيث المظهر أو الأداء. بسبب التفاعل الذي يحدث بين المعدن أو السبيكة مع الأجواء المحيطة به سواء كانت غازية أو سائلة. [3] [4]

كما أن بعض العلماء عرف التآكل بأنه حدوث انهيار للفلزات بسبب تفاعلها مع الجو المحيط، فالتآكل فشل يصيب سطح المعدن نتيجة عوامل كيميائية أو ميكانيكية أحيانا الموجودة في الوسط الذي يعمل فيه المعدن. [5]

2.1. أنواع التآكل:

نلخص مجمل أنواع التآكل تبعا لطبيعة الوسط الأكل في المخطط التالي: [6]



الشكل (1-1): أنواع التآكل

1.2.1. التآكل الكيميائي :

يحصل التآكل الكيميائي بحدوث أكسدة المعدن وإرجاعه للوسط المؤكسد في نفس المكان وبأبعاد من مرتبة قطر الذرة (انغستروم)، ولا ينشأ تبادل للإلكترونات لعدم وجود الكتروليت ناقل فهو يحصل في الأوساط غير الناقلة أو ضعيفة الناقلية الكهربائية. تميل أغلب المعادن للارتباط مع الأكسجين فهي تتفاعل مع الأكسجين الموجود في الهواء وبوسط جاف تماماً وفق المعادلة الكيميائية التالية: [7]

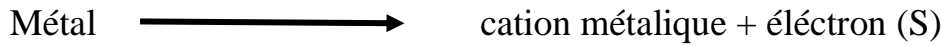


حيث Me المعدن.

يتشكل الأكسيد على سطح المعدن ويغطي الطبقة السطحية. وتكون طبقة الأكسيد نفوذة مما يسمح بمتابعة الأكسدة. تكون طبقة الأكسيد في بعض المعادن كثيمة وتحمي من متابعة الأكسدة.^[7]

2.2.I. التآكل الكهروكيميائي:

يحتل التآكل الكهروكيميائي للمعادن المكان الأكبر في علم التآكل لأنه الأكثر شيوعاً وتنوعاً. لا يحصل هذا النوع من التآكل إلا بوجود الماء أو الرطوبة أو أي الكتروليت ناقل ما يميز هذا النوع من التآكل أنه: خلال تفاعلات كهروكيميائية تحصل دوماً على حدود الأطوار ويمكن تقسيمها الى تفاعل مصعدي ومهبطي. تحصل على المصعد أكسدة المعدن، هذا يعني إن المعدن ينحل في المحلول على شكل شوارد مطلقاً عدد من الإلكترونات التي تبقى على المعدن وذلك حسب المعادلة التالية:^[7]



تنتقل هذه الإلكترونات الى المهبط لإرجاع الوسط المحيط به وعندها سوف يحصل التفاعل المهبطي حسب الوسط المحيط باليتين مختلفتين وهما:^[7]

في المحاليل الحمضية وغير المؤكسدة كحمض الكبريت أو حمض كلور الماء وفي وسط شديد الحموضة $pH \leq 5$ ولا يحوي الاكسجين يحصل التفاعل بإرجاع شوارد H^{+} وانطلاق غاز الهيدروجين ويسمى هذا التآكل بالتآكل الهيدروجيني وذلك حسب التفاعل التالي:^[7]



أما في المحاليل المعتدلة فإنه يحصل تفاعل تفكك للماء حسب المعادلة التالية:^[7]



وفي المحاليل الحمضية الممددة أو المعتدلة أو القلوية والحاوية على الأكسجين المنحل يجري التآكل بالآلية تسمى التآكل الأكسجيني.

ففي المحاليل الحمضية الممددة يرجع الأكسجين مشكلاً للماء حسب المعادلة التالية:^[7]



أما في المحاليل القلوية يرجع الأكسجين مشكلاً لشوارد الهيدروكسيد OH^{-} حسب المعادلة:



ويمكن التمييز بشكل عام ثلاثة أسباب رئيسية للتآكل وهي:

1- تآكل ناتج عن وجود معادن مختلفة (التآكل الغلفاني).

2- تآكل ناتج عن اختلاف التركيز.

3- تآكل ناتج عن اختلاف درجات الحرارة.^[7]

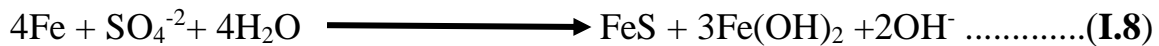
3.2.I. التآكل البيولوجي (البكتيري):

سببه وجود وتكاثر بعض أنواع الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا في منطقة التآكل. تتحمل هذه الأنواع من الكائنات الدقيقة العيش في ظروف قاسية سواء في الأوساط الحمضية أو الأساسية وحتى عند ارتفاع درجة الحرارة إلى 80 درجة مئوية. إن تأثير هذه الكائنات إما على التفاعلات المهبطية والمصعدية أو على طبقة الأكسيد المانعة أو من خلال ما تنتجه من نواتج لها تأثير على وسط التآكل ومن ذلك مثلاً القدرة على إنتاج الحموض العضوية.^[7]



ومن أنواع تآكل البكتيريا اللاهوائية الذي يحدث لأنابيب الفولاذ المدفونة في التربة وكذلك في بعض المياه المالحة التي تقل فيها نسبة الأكسجين المذاب المحتوية على البكتيريا اللاهوائية التي تسبب تآكلاً في بعض المعادن. وبعض هذه البكتيريا لها القدرة على إرجاع الكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجين الذي يسبب تآكل سبائك النحاس، حيث يؤدي الغاز إلى تكوين قشرة مسامية من كبريتيد النحاس.^[7]

أما البكتيريا الهوائية التي تحول الكبريت إلى حمض الكبريت بحيث يصل تركيزه إلى 5% مما يجعله مناسباً لإيجاد أوساط حمضية شديدة التأثير على التآكل الموضعي.^[7]



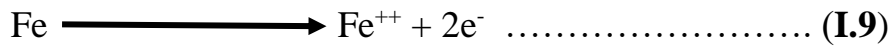
3.I. آلية التآكل:

يعرف التآكل بأنه التفاعل الذي يحدث من خلاله انتقال الأيونات من جزء إلى آخر في المعدن وبالإمكان تقسيم التفاعل الكهروكيميائي إلى قسمين من التفاعلات الجزئية أحدهما يمثل الأكسدة (وهي عملية فقدان ذرات المعدن لعدد من الإلكترونات) والآخر يمثل الاختزال (وهي عملية اكتساب أيونات المعدن عدد من الإلكترونات).^[8]

طبقاً للنظرية الكهروكيميائية ينقسم تفاعل التآكل بالكامل إلى قطب الأنود وقطب الكاثود، ويحدث التآكل بشكل آني على السطوح المعدنية. إن تدفق التيار الكهربائي من مساحة الأنود إلى مساحة الكاثود قد يولد

خلايا تآكل موقعيه تبدأ إما على سطح معدني واحد بسبب اختلاف فرق الجهد، وتسمى خلية التآكل المجهرية (Corrosion microcellulaire) أو بين سطحين معدنيين فتسمى خلية التآكل العينية أو غير المجهرية (Corrosion des macrocellules) بشرط وجود الألكتروليت في كلتا الحالتين الذي يمكن أن يكون ماء الشرب أو ماء مالح أو الحوامض والقواعد أو الرطوبة السطحية. يعد المعدن متصدي عند تحول ذرة المعدن النشط (الأنود) إلى أيون المعدن بفقدانها واحد أو أكثر من إلكتروناتها. [8]

يحدث تآكل الحديد (Fe) عند توفر الظروف المناسبة لذلك وهي الأوكسجين والرطوبة، أو المحاليل الكيميائية، وتتضمن تعرض مساحة الأنود لتأثير الألكتروليت الذي يزيل حالة التعادل الكيميائي عنها بفقدان واحد أو أكثر من إلكتروناتها. تفقد ذرة الحديد غير القابلة للذوبان في الاكتروليت اثنين من إلكتروناتها وبذلك تتحول ذرات الحديد إلى أيونات الحديد (Fe) كما في المعادلة التالية التي تحدث عند قطب الأنود: [8]



وكذلك هنالك جملة من التفاعلات الكيميائية التي توضح العديد من أنواع التآكل منها: [8]

1. اتحاد معدن فلزي بمادة لا فلزية دون أن يشترك الماء في هذا التفاعل:

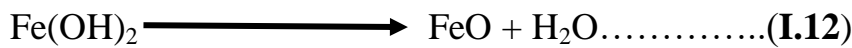


ويمكن أن يكون أوكسيد الحديدوز (Fe) تحت ظروف معينة.

2. اتحاد الفلز مع الأوكسجين مع وجود الماء مثل صدأ الحديد: [8]



وغالباً ما يتحول $\text{Fe}(\text{OH})_2$ الى $\text{Fe}(\text{O})$ أو Fe_2O_3



4.I العوامل المؤثرة على التآكل:

من بين العوامل الأكثر شيوعاً التي تؤثر على التآكل نذكر: [9]

1.4.I العوامل الداخلية:

1- البنية الكيميائية للمعدن:

عدم تجانس المعدن أو المزج بين معدنين مختلفين يشكل نقطة الابتداء لظاهرة التآكل، وعدم تجانس المعدن يكون نتيجة:

- وجود شوائب.

- فرق في درجة الحرارة.

- شد ميكانيكي داخلي نتيجة المعالجة الحرارية (الحام).^[9]

2- المعالجة الميكانيكية والحرارية:

تتبع هذه المعالجة اكتساب المعدن خواص وصفات محددة فمثلا تقسية الفولاذ (تسخين + تبريد سريع) لزيادة متانة المعدن إذ تحصل عند المعالجة الحرارية تغيرات غير مرغوب فيها في بنية المعدن الأمر الذي يؤدي إلى تطوير أو تسريع التآكل.^[9]

2.4.I. العوامل الخارجية:

1- تأثير درجة الحرارة:

لدرجة الحرارة تأثير بالغ الأهمية، لأن سرعة التآكل تزيد بضعفين إلى ثلاثة أضعاف إذا زادت درجة الحرارة (30م)، أخذين بعين الاعتبار حدود ذوبانية الغازات الموجودة في الوسط والتي تقل ذوبا نيتها بارتفاع درجة الحرارة.^[9]

2- تأثير الأملاح الذائبة:

إن لبعض الأملاح الذائبة في الوسط تأثيرا مباشرا حيث تزيد من سرعة التآكل في الوسط المائي مثل (أملاح الكلوريد). وبشكل عام زيادة تركيز الأملاح تؤدي إلى زيادة الناقلية الكهربائية وبالتالي زيادة التآكل.^[9]

3- تأثير الضغط:

له تأثير كبير ومباشر نظرا لتأثيره على كمية الغازات الذائبة في الوسط.^[9]

5- تأثير سرعة الانسياب:

تزيد سرعة التآكل بزيادة سرعة الانسياب عندما يكون نوع التآكل متوقفا على انتشار أحد المكونات الفعالة في الوسط (مثلا: التآكل في وسط معرض للهواء الجوي موقوف على انتشار الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون الذائب في الوسط).^[9]

5.I. طرق السيطرة على التآكل:

1.5.I. تعديل وتغيير وسط التآكل:

ويتم ذلك عن طريق:

أ - إزالة الأملاح عن طريق أعمال التآين.

ب- إزالة الأحماض بإضافة الجير والمواد القلوية.

ج- تقليل نسبة تواجد الأكسجين بإضافة موانع التآكل (مثل كلوريد الصوديوم والأمونيا والمواد الكيماوية المقاومة لعملية التآكل).^[3]

2.5.I. الحماية بالتغطية:

الغرض من التغطية هو تكوين غشاء مكون من مادة عازلة للكهرباء على سطح المعدن المراد حمايته عن الوسط الإلكتروني الملامس له والمحيط به وكذلك اعتراض الدائرة (الأنودية - الكاثودية) عن طريق ذلك الغشاء ذو المقاومة الكهربائية العالية، وبالتالي يضمحل بل ويكاد يتلاشى تيار التآكل.

يجب التأكد هنا من الخصائص التالية لمواد التغطية بأن تكون:

- جيدة التلاصق.

- تقاوم إجهادات التربة.

- لها مقاومة ضد الماء.

- لها مقاومة كهربائية عالية.^[3]

كما أن طرق التغطية بالتغليف أنواع منها:

أ- **التغطية بشرائط البلاستيك:** تستعمل لتغطية المواسير المدفونة تحت الأرض ونستعمل عادة شرائط بلاستيك مصنوعة من البولي إيثيلين عال ومنخفض الكثافة، وكذلك شرائط قطران الفحم.

ب- **التغطية بالدهانات:** مثل البويات (دهن مانع للصدأ والتآكل) المانعة للتآكل.^[3]

3.5.I. الحماية بالتحكم في التآكل بالتصميم:

يتم ذلك عن طريق:

أ. البساطة في التصميم.

ب. تجنب تكوين الخلايا الجلفانية.

ج. تجنب الرطوبة.

د. إزالة العناصر المسببة للتآكل.

هـ. إضافة العناصر المحسنة لمقاومة التآكل.

ج. إتمام عمليات المعالجة لإزالة الإجهادات التي تنتج عن أعمال اللحام مثلاً.^[3]

4.5.I الحماية المصعدية (الأنودية):

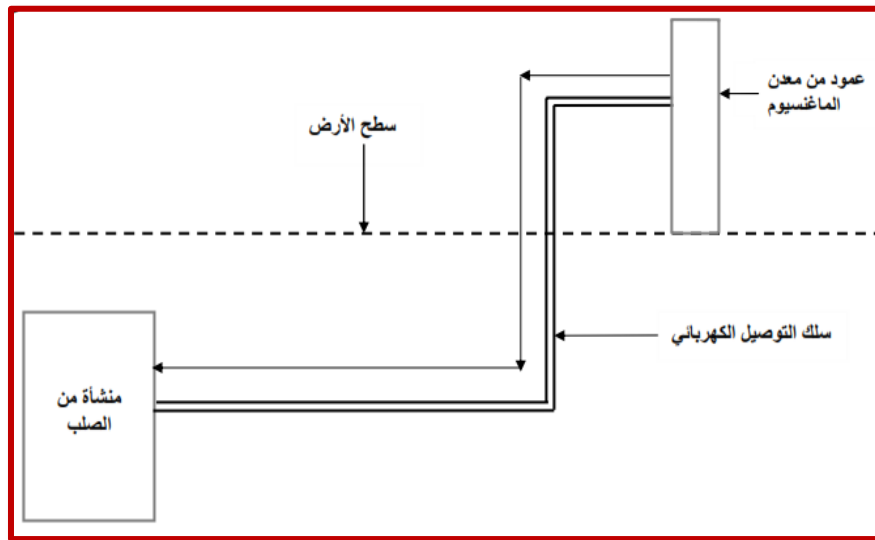
تستعمل هذه الطريقة لحماية المنشآت المدفونة تحت الأرض أو المغمورة تحت الماء. عند عمل حماية كاثودية باستخدام الخلية الجلفانية يعرف هذا بنظام الأنودات التفضيلية، كما تسمى كذلك الأنودات الجلفانية وتصنع من معادن أو سبائك سالبة الشحنة بالنسبة للمنشأة المعدنية المطلوب حمايته، بمعنى آخر فإنها أقرب إلى النهاية الأنودية في السلسلة الجلفانية. عند دفن المنشأة المعدنية التي نريد حمايتها يتم توصيلها بسلك موصل للكهرباء إلى قطب الأنود الذي يصبح الأنود للخلية الجلفانية ويتآكل حيث يتولد تيار كهربائي والمنشأة المعدنية تصبح كاثوداً ويتم حمايتها من التآكل.

وإذا زدنا هذا الحديد بالكثرونات إضافية فإنه لا يتآكل وبالتالي تتم حمايته. عملية ضخ الإلكترونات للحديد تتم بإحدى الطريقتين:

أ. استخدام مصدر مولد للطاقة الكهربائية ليعطي تياراً كهربائياً.

ب. استخدام معدن أكثر أنودياً من الحديد مثل المغنسيوم.

الشكل التالي يوضح كيفية استعمال طريقة الحماية الكاثودية لحماية منشأة الصلب المدفونة تحت الأرض. هنا عمود المغنسيوم هو الذي يصبح أنود ويضخ الإلكترونات ويتآكل بدل منشأة الصلب وبالتالي يتم حمايتها من التآكل.^[3]



الشكل (2-I): طريقة المصعدية (الأنودية).^[3]

5.5.I التغليف المعدني:

هي طريقة أثبتت جدارتها للتغطية والوقاية الخارجية للسطوح في حالات الرطوبة العالية وفي الوقاية من العوامل الجوية وفي المنشآت البحرية. من أشهرها عملية الجلفنة. تتم بغمر المعدن المراد حمايته في

مصهور فلز الزنك حيث أن الجلفنة تعتمد في المقام الأول على أن الزنك يحتل مكاناً متقدماً في ترتيب الفلزات بالنسبة لجهد القطب القياسي.^[3]

II. استعمال المثبطات للتآكل:

1.II. مفهوم المثبطات:

استخدمت مثبطات التآكل منذ سنوات إلا إن استخدامها أصبح أكثر شيوعاً، وتعرف المثبطات على أنها:

• مثبطات التآكل تكون إما عضوية مثل: الايثانولامين وسيليكات الصوديوم أو غير عضوية مثل (الدايكرومات، الكرومات، الزنك، البنزوات، هايپوفوسفات الكالسيوم ونترات و نترت الكالسيوم) ويمكن ان تضاف المثبطات اعتمادا على ميكانيكية الحماية التي توفرها عند اضافتها الى مصدر الماء او أي مائع او غاز وبكميات صغيرة لكي تمنع أو تؤخر حدوث التآكل في المعادن المعرضة او المكشوفة في أوساط تأكلية والتي من الممكن حمايتها بالتأثير على تفاعل الأنود أو الكاثود أو كليهما.^[10]

• هنالك ثلاث أمور أساسية تعتمد في استخدام مثبطات التآكل هي:

أولاً: الثباتية طويلة الأمد والأداء الجيد للمثبط.

ثانياً: تأثير المثبطات على منع تفشي التآكل بعد حدوثه.

• هي عبارة عن إضافات كيميائية عضوية وغير عضوية تغير خواص سطح البلورات والذي يؤدي إلى تغير في التنويه والنمو وبالتالي يحدث تغير في شكل البلورات وطريقة تجمعها وسلوك انتشارها. وتعرف المثبطات بالشوائبمن التقسيمات المعروفة للمثبطات وذات استخدامات تكنولوجية وصناعية هي عائلات (الفوسفات والبولى فوسفونات - والكربوكسيلات - ومشتقات حمض الاكريلك - البنزوترايزولات) تستخدم هذه الإضافات كمثبطات أو موانع لتكون القشور scaleinhibitors لمنع تأثير الأملاح شحيحة الذوبان مثل الكبريتات والكربونات والتي تترسب في خطوط أنابيب استخلاص البترول والغلايات الصناعية والأجهزة المنزلية وأنابيب المياه. العديد من الدراسات حتى القرن العشرين أثبتت أن النمو البلوري يتأثر بشكل ملحوظ للعين المجردة بإضافة المواد العضوية وغير العضوية في صورة أيونات أو جزيئات في المحاليل وبالتالي يمكنها أن تؤخر مسارات التبلور.^[10]

• من خلال التعاريف السابقة نستنتج أن المثبط هو عبارة عن مركب كيميائي عند إضافته إلى الوسط المساعد على التآكل لغرض التقليل من سرعة التآكل ويعطي مردود التثبيط في هذه الحالة بالعبارة:^[7]

$$R\% = (V_0 - V) / V_0 \times 100 \dots\dots\dots(I.13)$$

• R%: مردود

• V_0 : سرعة التآكل في غياب المثبط.

• V : سرعة التآكل في وجود المثبط.

يعتبر عامل معيق لعملية التآكل ويحبذ استعماله صناعيا نظرا إلى:

- سهولة استعماله وتواجده وانخفاض تكلفته.

- يؤثر ويغير في آلية التآكل ولا يؤثر في الخصائص الفيزيائية للوسط.

- توجد أنواع وتراكيب كثيرة من الممانعات الملائمة للاستعمالات المختلفة ومعظم هذه الممانعات تم تطويرها

تجريبيا لذلك فإن المعلومات المتوفرة عنها ناقصة مثل أن تأثيرها كمانع للتآكل غير معروف بدقة.^[7]

2.II. تصنيف المثبطات:

تصنف المثبطات إلى العناصر التالية:

- وسط استعمالها.

- تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية الجزئية.

- آلية التفاعل (التثبيط).

- طبيعتها.^[9]

1.2.II. حسب وسط استعمالها:

1.1.2.II. مثبطات تعمل في الأوساط السائلة:

- الأوساط المائية: هناك مثبطات تستعمل في الأوساط المعتدلة وأخرى تستعمل في الأوساط الحمضية،

هذه الأخيرة تستعمل لوقاية المعدن من الهجوم الكيميائي.

- الأوساط العضوية: يتم استعمال كميات نسبية معتبرة من مثبطات التآكل في الوقود وزيتوت تشحيم

المحركات لحمايتها من التآكل والصدأ.

2.1.2.II. مثبطات تعمل في الأوساط الغازية:

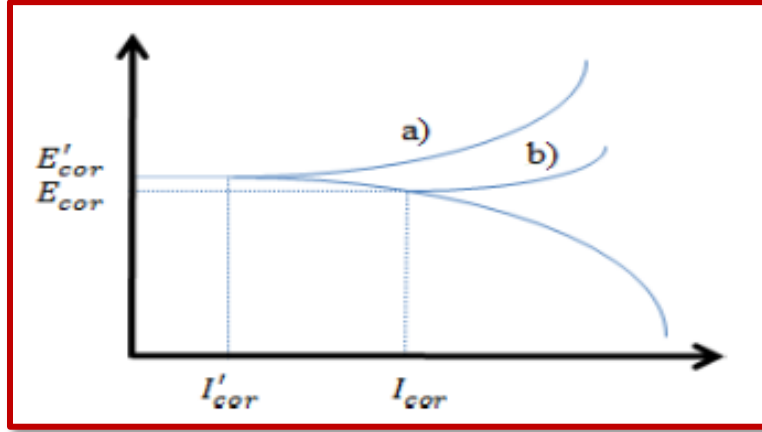
هذه المثبطات تعمل على حماية الأجهزة الحساسة والدقيقة وأيضا القطع الالكترونية أثناء نقلها أو تخزينها

بصدد حمايتها من التآكل.^[9]

2.2.II. حسب تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية الجزئية:

1.2.2.II. المثبطات المصعدية (الأنودية):

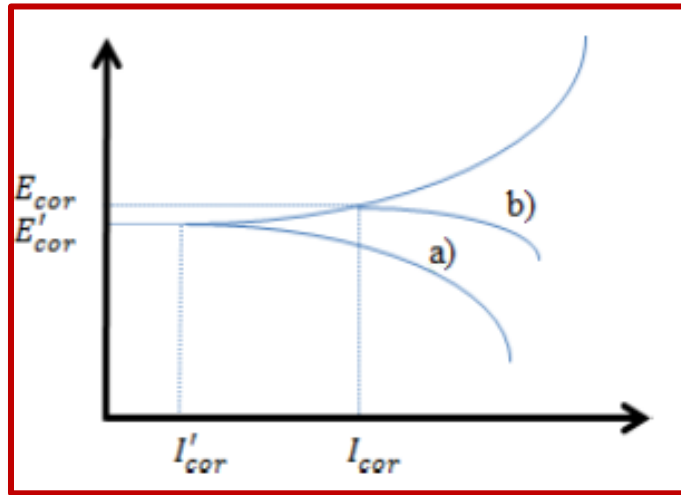
وهي مركبات عضوية تؤدي إلى تغطية المناطق الأنودية في المعدن، وهذا باتحادها مع شوارد الحديد الثنائي Fe^{+2} مشكلة بذلك رواسب تؤدي إلى غلق المناطق المتآكلة. تعمل هذه المثبطات على خفض شدة التيار الجزئي المصعدي وإزاحة كمون التآكل نحو الاتجاه الموجب.



الشكل (3-I): منحنى السلوك الكهروكيميائي بوجود المثبط الأنودي ودون وجوده a و b على التوالي. [9]

2.2.2.II. المثبطات المهبطية (الكاثودية):

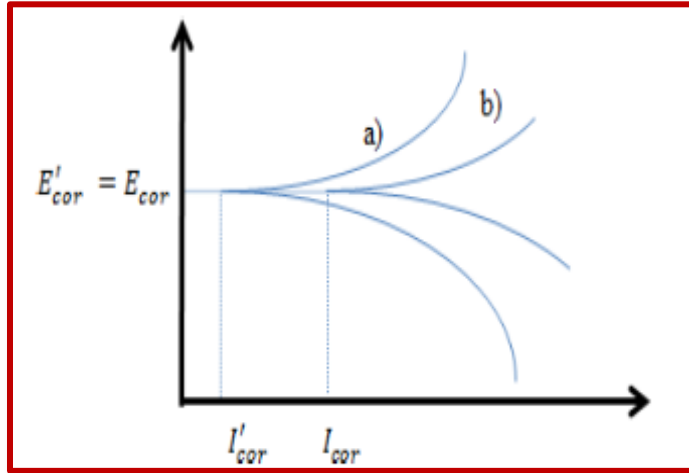
هي مثبطات عضوية تعيق التفاعل الكاثودي وهذا بخفض كثافة التيار الجزئي المهبطي فيتناقص وإزاحة كمون التآكل نحو الاتجاه السالب ومن بين هذه المركبات نجد فوسفات الكالسيوم وبيكربونات الكالسيوم.



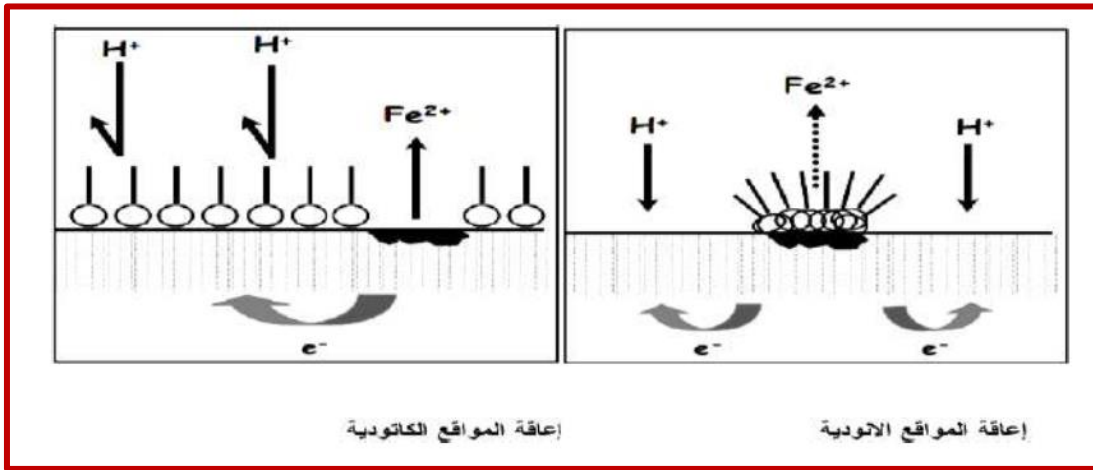
الشكل (4-I): منحنى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط ودون وجوده a و b على التوالي. [9]

3.2.2.II. المثبطات المختلطة:

هي مثبطات عضوية مصعدية ومهبطية في نفس الوقت، تعمل على خفض كثافة التيار للتفاعلين الأنودي والكاثودي معا مع تغيير طفيف في كمون التآكل.



الشكل (5-I): منحنى السلوك الكهروكيميائي للمعدن بوجود المثبط العضوي ودون وجوده a و b على التوالي.^[9]



الشكل (6-I): شكل طبقات حاجزة كاثودية وأنودية من التفاعلات الكهروكيميائية في الوسط الحمضي.^[9]

3.2.II. حسب آلية التفاعل (التثبيط):

ونميز التثبيط في هذه الحالة بما يلي:^[9]

1.3.2.II. بالامتزاز:

تكون المثبطات عبارة عن مركبات عضوية تضاف إلى الوسط التآكلي، فيحدث لها بما يسمى الامتزاز على مستوى سطح المعدن المعرض للتآكل فتمنعه من التفاعل مع الوسط المحيط به.^[9]

تستخدم مثبطات الامتزاز في الأوساط الحامضية عادة، وهناك نوعان من الامتزاز: الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي.^[9]

II.2.3.2. بالترسيب:

في هذه الحالة يتم تشكيل رواسب تتوضع على سطح المعدن تكون إما رواسب لأملاح معدنية أو معقدات عضوية قليلة الذوبان في الوسط الأكال مما يقلل من سرعة التآكل.^[9]

II.3.3.2. الخمولية:

إن تفاعل المثبطات بالخمولية مع سطح المعدن يسبب تشكيل رواسب خاملة كيميائياً تجاه الوسط الأكال، وهذا ما يؤدي إلى حدوث خمولية للمعدن وتناقص في سرعة التآكل، فالمثبطات من هذا النوع تتأثر ب PH الوسط مثل: الكرومات والنترات.^[9]

II.4.3.2. بإزالة العنصر الأكال:

تتفاعل المثبطات في هذه الحالة مع العنصر المساعد على التآكل كيميائياً، وهذا ما يؤدي إلى إزالته من الوسط، وبهذا تقل سرعة التآكل مثل المثبطات من نوع كبريتيد الصوديوم.^[9]

II.4.2. حسب طبيعتها:

II.1.4.2. المثبطات العضوية:

عادة ما تكون على شكل سلاسل كربونية تظم مراكز فعالة مثل: N، O و S تمتز على سطح المعدن فتشكل طبقة حماية له ضد التآكل، تقوم فعالية هذا النوع على أساس قوة امتزازها على سطح المعدن، ونميز بالذكر نوعين من هاته المثبطات مثبطات عضوية أنودية ومثبطات عضوية كاتودية، ويختلف تأثيرها على حسب نوع التآكل والمواقع الفعالة التي تضمها.^[9]

II.2.4.2. المثبطات غير العضوية:

هي مركبات من مصادر معدنية، لا تحتوي على الكربون في بنائها البيا ما تكون عبارة عن أملاح بلورية: مثل كرومات الصوديوم.^[9]

تستعمل هذه المثبطات بشكل كبير خاصة في الأوساط القاعدية، أما في الأوساط الحامضية فأغلبها استعمالاً هي تلك التي تحمل أيون اليود.^[9]

II.3. الخصائص الأساسية للمثبطات:

يتميز المثبط بعدة خصائص منها:

- أن يعمل على تخفيض سرعة التآكل للمعدن دون التأثير على ميزاته الفيزيوكيميائية ومقاومته الكيميائية.

- زيادة سلوك الاستقطاب المصعدي والمهبطي.
- إنقاص حركة أو انتشار الأيونات إلى السطح المعدني.
- زيادة المقاومة الكهربائية للسطح المعدني.
- أن يكون مستقرا في وجود مختلف مكونات الوسط الأكال خاصة بالنسبة للمؤكسدات.
- أن يكون مستقرا في درجة حرارة الوسط.
- أن يكون فعالا عند تركيز ضعيف. [10]
- يمكن إضافته أو تغييره مباشرة دون تعطيل العملية.
- أن يكون غير سام.
- ألا يكون غالي الثمن. [11]

4.II. طريقة تثبيط التآكل:

حسب آلية التفاعل يمكن أن نميز التثبيط بمايلي: [12]

1.4.II. الخمولية:

وهي عملية يتم فيها تفاعل المركبات مع سطح المعدن المكون أكاسيد خاملة كيميائيا اتجاه الوسط الأكال وتؤدي هذه الأكاسيد إلى خمول المعدن حيث تتناقص سرعة التآكل مثل الكرومات والنترات وأملاح الحديد وتستعمل هذه الأخيرة كمثبطات لتآكل المعدن والسبائك السلبية مثل الحديد والفولاذ المقاوم للصدأ. [12]

2.4.II. الترسيب:

تكون هذه المثبطات شريط سطحي بترسيب الأملاح المعدنية ومركبات عضوية قليلة الذوبان في الوسط الأكال. [12]

3.4.II. إزالة العنصر الأكال:

وهي عبارة عن إزالة العامل المساعد على التآكل في الوسط وتستعمل هذه الطريقة في الأنظمة المغلقة وخاصة المائية الساخنة المغلقة للمراكز الحرارية، ومن أهم هذه المثبطات كبريتيد الصوديوم الهيدرازين وسلفات الصوديوم، إذ تضاف إلى الماء حين تزيل الغاز من السوائل. [12]

II.4.4. الامتزاز:

يعرف على أنه ظاهرة إمتزاز المثبط على سطح المعدن وتكون نسبة التثبيط متعلقة بالتوازن الموجود بين العناصر الذاتية في الوسط والعناصر الممتزة والتي تعرف بالامتزاز (إيزوتارم) في درجة حرارة ثابتة وهي مهمة خاصة في الأوساط الحامضية. [12]

ونستطيع شرح مفهوم ظاهرة الإمتزاز ذرات غاز أو سائل على أنها نتيجة لتناقص طاقة سطح المادة بحيث تكتب صيغة التغير الكلي للطاقة الحرة للإمتزاز. [12]

$$\Delta G_{ads} = \Delta H_{ads} - T\Delta S_{ads} \dots \dots \dots (I.14)$$

ولحدوث عملية الإمتزاز هاته يجب أن تكون الطاقة الحرة سالبة. ($\Delta G_{ads} < 0$)

أما بالنسبة ΔS_{ads} فهي دائما سالبة وذلك أن الذرات تفقد درجات حرية طول عملية الإمتزاز.

ونفس الشيء بالنسبة ΔH_{ads} فهي كذلك سالبة. [12]

ولهذا نقول أن ظاهرة الإمتزاز ظاهرة ناشرة للحرارة (Exothermique).

ويوجد نوعان من الامتزاز: [12]

أ. الإمتزاز الفيزيائي:

ينتج هذا النوع من الإمتزاز عن تفاعل ضعيف لقوى تجاذب ضعيفة بين الأصناف الممتزة و سطح المادة فهي فعلا ظاهرة فيزيائية و عكوسة وتكون درجة الحرارة ضعيفة.

ب. الإمتزاز الكيميائي:

في هذا النوع تتميز كمية الحرارة بالارتفاع بالإضافة إلى قوة الروابط المطابقة في هذه الظاهرة تمتاز في شكل طبقة وحيدة فقط من الذرات التي غالبا ما تكون عبارة عن الهيدروجين أو الأوكسجين. [12]

III. مدخل إلى مادة الجيلاتين

1.III. مفهوم الجيلاتين

- يعد الجيلاتين مادة بروتينية يتم تحضيرها من الكولاجين الذي يمثل أحد المكونات الرئيسية للجلود والعظام والاورتار والغضاريف والانسجة الضامة للأبقار والخنازير والدواجن والاسماك، وهو مادة شفافة عديمة اللون او لونه اصفر فاتح وليس له طعم ورائحة وهو لا يذوب بالماء البارد ولكنه ينتفخ فيه، إذ يمتص من الماء ما يعادل 10 – 15 مرة بقدر وزنه مكونا بذلك مادة شبيهه بالجلي. [13]

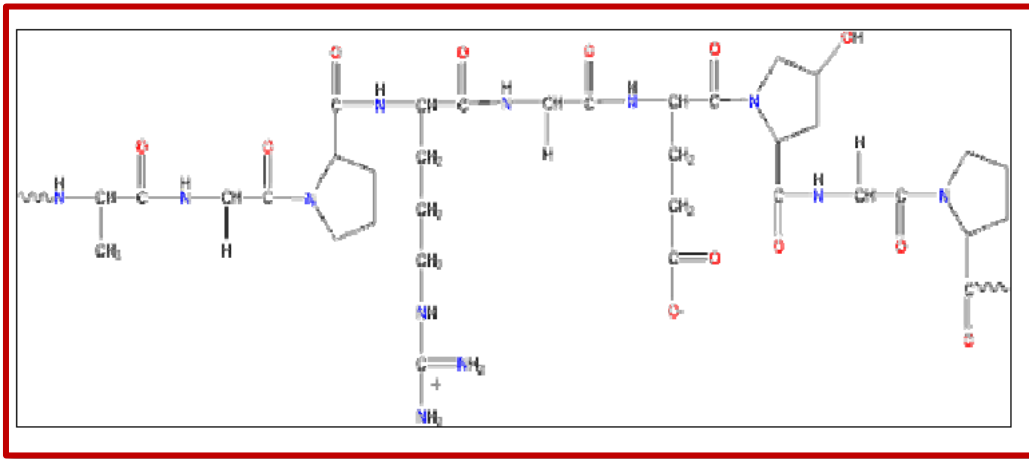


الصورة (1-I): الجيلاتين المستخلص.

2.III. البنية الكيميائية للجيلاتين:

1.2.III. البنية الجزيئية للجيلاتين:

يحتوي جزيء الجيلاتين على ما بين 300 و 4000 وحدة من الأحماض الأمينية [20]. تسلسل الأخير هو كما يلي -Al-Gly-Pro-Arg-Gly-Glu 4Hyp-Gly-Pro- كما هو موضح في الرسم البياني التالي:



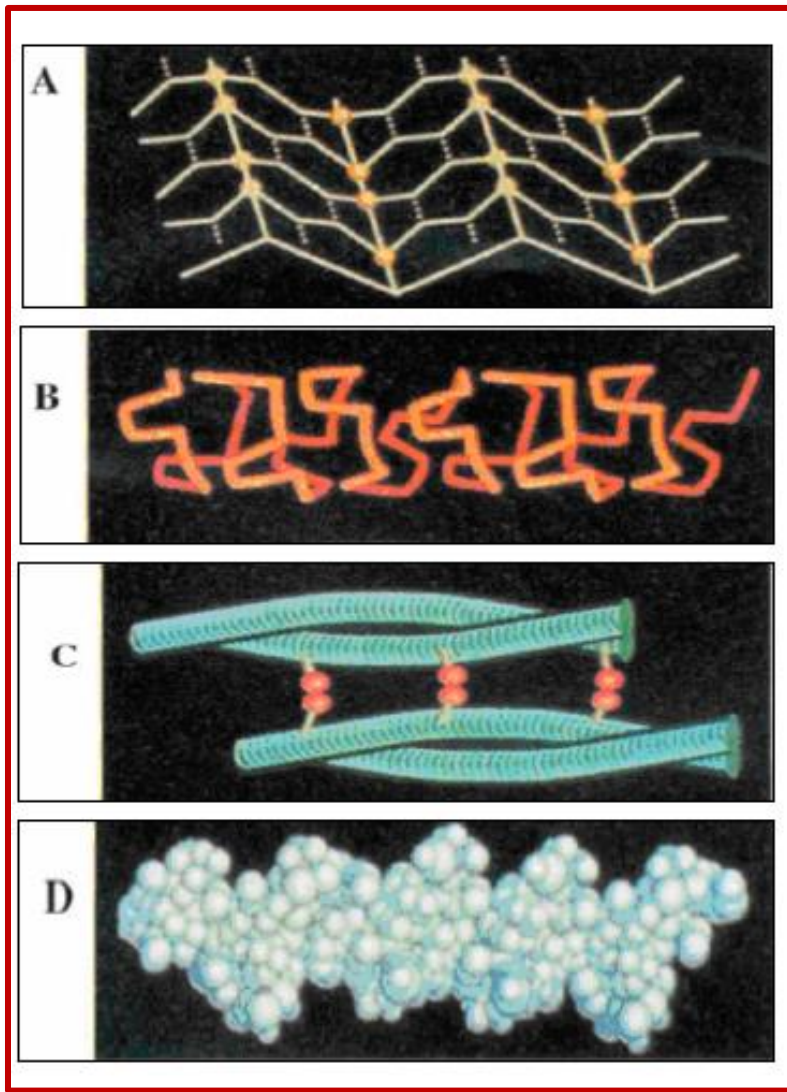
الشكل (7-I): التمثيل الكيميائي للبنية النموذجية للجيلاتين. [20]

2.2.III. تحول البنية الكيميائية للجيلاتين:

إن تنوع العمليات الكيميائية التي يمكن تصورها لانقسام الهياكل البوليمرية لا تتضمن الحصول على جيلاتين واحد فحسب، بل جيلاتين متنوع للغاية من كولاجين سليم معزول جيداً (الصورة A- الشكل (I-8)) [20]

يتم إجراء الانقسام عن طريق العمل الكيميائي المعتدل (وسط منخفض الحموضة عند 40 درجة مئوية) وفقاً للخطوات التالية:

- انفتاح التروبوكولاجين في ثلاث سلاسل α غير منظمة ومستقلة (الصورة B- الشكل (I-8)).
- تحتفظ سلسلتان α غير منظمين بروابط تساهمية واحدة أو أكثر بينهما وتشكلان جزيئاً مزدوجاً. تصبح السلسلة α مستقلة (الصورة C- الشكل (I-8)).
- تظل ثلاث سلاسل غير منظمة مرتبطة بواحد أو أكثر من التساهمات وتشكل جزيء الحلزون الثلاثي γ (الصورة D- الشكل (I-8)).^[20]



الشكل (8-I): رسم بياني لتحول البنية الكيميائية للجيلاتين من الكولاجين.^[20]

IV. الفولاذ الكربوني:**1.IV. مفهوم الفولاذ الكربوني:**

• أو ما يدعى بالصلب الكربوني وهو عبارة عن سبائك الحديد والكربون والتي تحتوي على نسبة كربونية تصل كحد أقصى عملياً إلى (1%)، وتحتوي كل أنواع الفولاذ الكربوني على كمية من الشوائب والتي تأتي من عملية التصنيع وتكون نسبتها قليلة جداً والتي لا تؤثر على الصلب، وعلى ذلك تم اعتبار الصلب الكربوني العادي على أنه سبائك من الحديد والكربون فقط. [17] [18]

2.IV. أنواع الفولاذ الكربوني :

◀ الفولاذ الكربوني سهل التشغيل Libre – coupe de l'acier

◀ الفولاذ الكربوني منخفض الكربون Acier bas carbone

تكون نسبة الكربون بين (0.15 إلى 0.3 %)

◀ الفولاذ الكربوني متوسط الكربون Acier au carbone doux

تكون نسبة الكربون (0.3 إلى 0.6 %)

◀ الفولاذ الكربوني عالي الكربون Acier à haute teneur en carbone

تكون نسبة الكربون (0.6 إلى 1 %) [18]

3.IV. أهمية الفولاذ الكربوني X52 واستخداماته:

- الفولاذ الكربوني X52 يتم معالجته بعمل تبريد سريع له حيث يؤدي ذلك إلى تحسين في خواصه الميكانيكية كما يضاف إليه بعض العناصر لتكوين سبائك مختلفة ذات خواص ميكانيكية جيدة من هذه العناصر الكروم والموليبدينوم. كما يمكن زيادة مقاومة الصدأ بإضافة عنصر الألمنيوم أو السليكون وهما عنصران يذوبان في الحديد ويكونان في أثناء التسخين قشرة واقية من الأكاسيد. [19]

يستخدم الفولاذ في صناعة الأدوات التي لا تتعرض للصدمات مثل: أنابيب المياه وأنابيب الغاز، ويستخدم في صنع المغناطيسات الكهربائية المؤقتة المستخدمة في الأجهزة الكهربائية، كما يستخدم في صناعة قضبان التسليح المستخدمة في البناء، وكذلك تستخدم في صناعة السفن وقضبان سكك الحديد والجسور. [19]

- الفولاذ الكربوني X52 المستخدم في هذا البحث من الفريت (Ferrite) والبرليت (Perlite)، حيث يمثل الفريت طوراً أحادياً (Monophasé)، أما البرليت فيمثل طورين مختلفين (Deux phases) هما الفريت والسمنتيت، ويعطي الطوران المختلفان خواص ميكانيكية متميزة لكنهما أكثر عرضة للتآكل من لبنية المجهرية ذات الطور الأحادي، إذا تشكل خلايا التآكل (Micro-cellule de corrosion galvanique)

الجلفاني المجهرية بسبب اختلاف الجهد المتوقع بين الطورين المجهريين، ويعد الفولاذ الكربوني أكثر عرضة للتآكل؛ وذلك بسبب كثرة تطبيقاته استخداماته الهندسية والصناعية. [19]

ويؤدي التآكل بواسطة الماء دورا هاما في العديد من المنشآت الهندسية والصناعية منها، أنابيب نقل المياه والنفط، ومعدات تسخين الماء وخزانات الماء، والمصانع، والجسور، والمنشآت البحرية، والسفن والطائرات، ووسائل النقل البري. ويشبه سلوك الماء كوسط تآكل سلوك المحيط الجوي من حيث توافر محلول مائي موصل للكهرباء بصورة دائمة وتوافر عامل مؤكسد وهو الأوكسجين المذاب، لذا فإن التآكل بواسطة الماء يصنف كنوع من نوعا التآكل الكهروكيميائي. [19]



مراجع الفصل الأول

مراجع الفصل الأول:

بالعربية :

- [1] قاسم فضل الله البدوي، سامي محمد علي محمد، دراسة التآكل في المنشآت الصناعية، رسالة ماجستير تخصص هندسة ميكانيكية، كلية الهندسة والتقنية، جامعة وادي النيل، أكتوبر 2009، ص 11.
- [2] عمر بن عبد الله الهزازي، الكيمياء الكهربائية، قسم الكيمياء، كلية العلوم التطبيقية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية، ج02، 2017، ص 546.
- [3] رفع وليد البغدادي، علم المواد -تآكل المعادن-، الحقيبة التدريبية لمتدربي قسم ميكانيكا الإنتاج، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، المملكة العربية السعودية، ج07، 2018، ص112.
- [5] دقموش مسعودة، تحضير وتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض المركبات ثنائي ثيول ثيون وأملاحها المرافقة لتطبيق فعاليتها التثبيطية في دراسة تآكل المعادن، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2014، ص 31.
- [6] نموسة التجاني يحي، دراسة فعالية بعض النباتات الصحراوية كمثبطات للتآكل في أوساط مائية، أطروحة دكتوراه، تخصص التحضير العضوي والفيوتوكيمياء، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2007، ص 17.
- [7] رهدف قطاش، دراسة تآكل أهم المعادن المستخدمة في الصناعات الكهروكيميائية اللاعضوية، رسالة ماجستير في الكيمياء التطبيقية، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة حلب، سوريا، 2015، ص 38-39.
- [8] إخلاص أحمد بشير، غيداء إبراهيم حسين السراج، تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة تآكل صلب متوسط الكربون في مياه عين كبريت، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، جامعة الموصل، 2012، ص17.
- [9] علاوي عبد الفتاح، مساهمة في اصطناع بعض مشتقات 1 و2 ثنائي ثيول 3 ودراسة أثرها المثبط لتآكل الفولاذ الكربوني، رسالة ماجستير تخصص كيمياء عضوية، معهد العلوم الدقيقة، جامعة ورقلة، 2001، ص30-31.
- [10] محمد الزغبي، محسن محمد الصالح، سوسن درويش، دراسة مرجعية في الطرق المتبعة في إزالة واستخلاص الأملاح ودور مثبطات الأملاح في حماية الحجر الجيري من التلف الملحي، مجلة كلية الآثار، جامعة القاهرة، مج 11، ع 2022 - الرقم المسلسل للعدد 25، ص 535.

مراجع الفصل الأول

[11] صياد عائشة، تقدير الفعل المضاد للتآكل لمستخلص فينولي لنبات البطمة وثنائي ثيول الحلقي، رسالة ماجستير تخصص كيمياء عضوية وفيزيوكيمياء الجزيئية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2011-2012، ص 33.

[12] صياد سودة، تثبيط التآكل بالمركبات ثنائي ثينول ثيون، رسالة ماجستير تخصص هندسة كيميائية، قسم هندسة الطرائق، جامعة ورقلة، 2005، ص 35-36.

[13] بتول عبد الرحيم، عباس مرعب، تحضير الجيلاتين من جلود الدجاج ودراسة صفاته النوعية والحسية، المجلة العراقية لبحوث السوق وحماية المستهلك، قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة بغداد، مج 07، ع 2، 2015، ص 72.

[14] عائدة قادر غانم، جميلة عبد القادر الرفاعي، منذر طه الصدر، هاني منصور المزيدي، حقيقة استخدام الجيلاتين محرم المصدر كمادة مضافة للأغذية من منظور شرعي، مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات الشرعية والقانونية، الجامعة الأردنية، 2019، ص 294.

[15] بن عمر فيصل، دويمي أحمد، سمينة يوسف، الدراسة الكهروكيميائية لمادة الجيلاتين، مذكرة ماستر تخصص هندسة تكرير، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، 2021-2022، ص 4-5.

[16] درويش مرسي عبد المعطي محمد، الجيلاتين - مصادره - استخداماته، مجلة كلية الدراسات الإسلامية والعربية، ع 05، ج 01، 2020، ص 440-442.

[17] عبد الناصر علي الدهماني، طارق خليل إبراهيم - فتحي عمر الأطرش، استخدام الزيوت النباتية كوسط للتبريد في عملية تصليد الصلب الكربوني العادي، مجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية، قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، جامعة ليبيا، ع 6، 2019، ص 57.

[18] مها جاسم المرشدي، دراسة بعض الأصباغ (Luxol Fast Blue, Methyl Violet, Cresol Red) كمثبطات لتآكل سبيكة الكربون الصلب في محلول حامض الكبريتيك، رسالة ماجستير في علوم الكيمياء، قسم الكيمياء، جامعة كربلاء، 2016، ص 29.

[19] نجيب علي يحي، تأثير الأوساط المائية المختلفة على سلوك تآكل الفولاذ المتوسط الكربون، مجلة الجامعة، قسم الهندسة الميكانيكية والصناعية، كلية الهندسة، جامعة الزاوية، ليبيا، 2019، ص 27-28.

بالفرنسية :

[20] EL KOLLI HAYET, Etude de la réticulation par le glutaraldéhyde de deux gélatines denature et de Blooms différents et son effet sur certaines propriétés, Mémoire

MAGISTER spécialité, Génie des procédés pharmaceutiques, université Ferhat Abbas SETIF, 2009, Pp10-12.

[4] <https://www.q8oils.com/fr/travail-des-metaux/la-corrosion-expliquee/#:~:text=La%20corrosion%20d'un%20m%C3%A9tal,en%20une%20forme%20chimique%20stable>. مترجم،
شوهده بتاريخ: 2023/02/18، على الساعة 19:11.

الجزء

العملي



الفصل الثاني
الطرق الكهروكيميائية
والمواد المستعملة

تمهيد:

تطرقنا في الفصل الاول لدراسة مادة الجيلاتين كمثبط لحماية الفولاذ من التآكل وفي هذا الفصل سنقوم بدراسة مختلف التقنيات الكهروكيميائية والاجهزة المستعملة.

1.1. تعريف التقنيات الكهروكيميائية:

تعتبر طرق التحليل الكهروكيميائي من أكثر الطرق التحليلية الالوية شوعا في مجال التقدير الكمي بصفة خاصة. وتعتمد هذه الطرق على القياسات الكهروكيميائية التي تشمل التيار، والمقاومة، والجهد حيث انه يوجد عالقة بينها وبين مكونات المحلول الموجود في الخلية الكهربائية. وبشكل عام فإن الطرق الكهروكيميائية ذات حساسية وانتقائية عاليتين، كما انها غير مكلفة من الناحية التجارية، وسهلة الاستعمال.

[1]

1.1.1. الفولط متري الحلقي (voltamétries cyclique):

يُعدُّ التحليل الفولتامتري الحلقي أحد أكثر التقنيات استخداماً في التحليل النوعي، حيث يوفر معلومات عن التفاعلات الكهروكيميائية التي تحدث في الخلايا. وتعود أهمية هذا التحليل إلى قدرته على تزويدنا بمعلومات مفيدة حول الحركات الحرارية لعملية التحليل والحركات المختلفة للانتقال الإلكتروني خلال التفاعل. وعادةً ما يُنجز التحليل الفولتامتري الحلقي في بداية الدراسة الكهروكيميائية للحصول على فكرة عامة عن آلية التفاعل الحاصل في الخلية. مما يعطي موجة كمونية مثلثية. وأثناء المسح الكموني، يتم قياس التيارات بتابعية الكمون المطبق على المسرى العامل، وترسم التيارات الناتجة على أساس تغيرات الكمون [2].

1.1.2. الكرونوأمبيرومتر (chronoampérométrie)

الكرونوأمبيرومتر هي تقنية تعتمد على تتبع التغيرات في التيار الكهربائي مع مرور الوقت، عن طريق تثبيت قيمة الجهد عند قيمة محددة. يتم استخدام هذه التقنية لترسيب الجيلاتين على قطب العمل X52Acier والحصول على منحني كثافة التيار مع مرور الوقت $f(i) = t$ خلال عملية الترسيب. تركز هذه الطريقة بشكل أساسي على تشكيل طبقات جديدة على القطب، حيث يحدث استجابة في وجود أنماط نشطة كهربائيا تخضع لتفاعلات انتقال الإلكترونات بمعدل تحكم الانتشار في هذه الظروف. يتم تعبير التيار مع مرور الوقت وفقاً لوظيفة معينة [3].

3.1.1. الفولطامتري الخطي:

تُعدُّ الفولتامتري المترية الخطية تقنية بسيطة ومتعددة الاستخدامات نسبياً، وتُستخدم على نطاق واسع في مجالات مثل الكيمياء الكهربائية وعلوم المواد والكيمياء التحليلية. تُعدُّ هذه التقنية واحدة من أكثر التقنيات الكهروكيميائية استخداماً لدراسة التفاعلات الكهروكيميائية، حيث تعتمد على دراسة التغيرات التي تحدث

في التيار الناتج عن تلك التفاعلات الانتقالية. بفضل دراسة المقاومة، يمكننا تحديد فعالية مثبط معين، عن طريق تحديد المقاومة التي تنشأ في حضور المثبط وعدم وجوده، وأيضاً عن طريق تحديد سعة الطبقة المضاعفة التي تشكلت على سطح المعدن. [4]

2.I تعريف الممانعة الكهروكيميائية:

إن طريقة مطيافية الممانعة الالكتروكيميائية تقنية مستعملة منذ زمن بعيد وقد أصبحت هذه التقنية واسعة الانتشار في دراسة التفاعلات الالكتروكيميائية المعقدة على سطوح الأقطاب الصلبة في عدة مجالات مهمة خاصة مجال التآكل، وتتمثل الطريقة في قياس استجابة المسرى لتغيير جيبى في كموه (وذلك بالتغيير في قيمة التواتر f) يعطى بالعلاقة: [5]

$$\Delta E = |\Delta E| \sin 2\pi f t \dots \dots \dots (II. 1)$$

$|\Delta E|$: سعة التغيير وقيمتها ضعيفة لا تتجاوز $10mV$. [5]

هذا التغيير نحدثه على كموه المسرى الابتدائي E_i سواء أكان مصعداً أو مهبطاً في خلية تحليل كهربائي أو في بيل كهربائي. [5]

استجابة المسرى للتغيير في الكموه تكون على شكل تغيير جيبى في التيار عبارته:

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

نتيجة لذلك تنشأ داخل الجملة ممانعة Z تعطى بالعلاقة التالية: [5]

$$Z = \frac{\Delta E}{\Delta I}$$

بتغيير قيمة 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} : [5]

$$Z = Z_{Re} + iZ_{im} \dots \dots \dots (II. 2)$$

مجموع قيم الممانعة المتحصل عليها ترسم في المعلم المركب وندعو المنحنى الناتج بمنحنى نيكويست (Diagramme de Nyquist). [5]

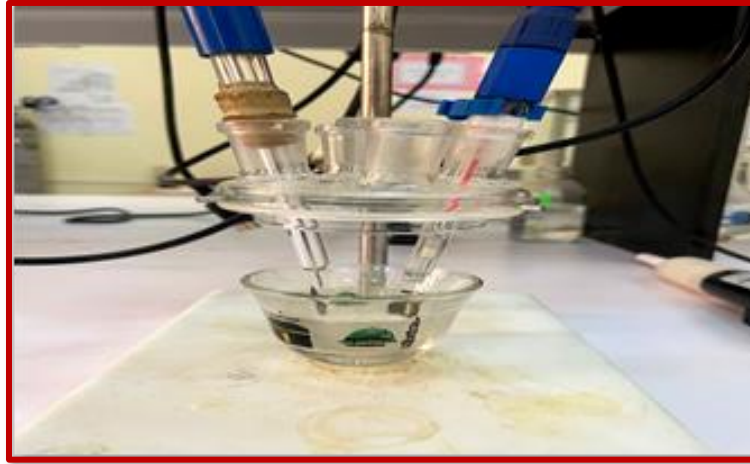
3.I الاجهزة الكهروكيميائية المستخدمة:

هي أجهزة تستخدم مبادئ كيمياء الكهروكيميائية أي التفاعلات كيميائية، تعرف التفاعلات الكهروكيميائية بأن عملية مرور تيار كهربائي بين مادتين تشتمل على نقل الإلكترونات، بحيث تكون إحدى المادتين صلبة والأخرى سائلة، ويكون حدوث التفاعل الكيميائي مصحوباً بامتصاص الحرارة أو تحريرها، لتوليد التيارات

الكهربائية بين الأقطاب أو بالعكس، وتستخدم في العديد من أجهزة الكمبيوتر والهواتف المحمولة و نذكر من هذا الأخير الخلية الكهروكيميائية.^[6]

1.3.I. الخلية الكهروكيميائية:

هي عبارة عن نظام يستخدم لتحويل الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية والتي يحدث من خلالها تفاعلات الاكسدة والاختزال في الخلايا ويتم دراسة سلوك الكهروكيميائية داخل خلية زجاجية غطائها يحتوي على خمسة ثقوب ثلاثة منها تسمح بدخول الكترودات اما ثقبان الاخران فأحدهما يسمح بتزويد الوسط الاكسجين والثقب الاخر يكون لإضافة المواد.^[7]



الصورة (1.II): الخلية الكهروكيميائية.

2.3.I. الأقطاب:

❖ القطب المساعد (AE):

القطب المساعد هو قطب كهربائي مصنوع من معدن خامل مثل البلاتين طوله 1cm وقطره 1mm ، يتم غمره في محلول يحتوي على شوارد H^+ ، ويستخدم لنقل التيار الكهربائي في تحليل الفولتميتر والتفاعلات الأخرى التي تتوقع وجود تيار كهربائي فيها. يعمل المساعد القطب كجسر لنقل التيار الكهربائي وليس له أي عملية مهمة تحدث على سطحه.^[7]



الصورة (2.II): قطب البلاتين المساعد (AE).

❖ القطب العمل (WE):

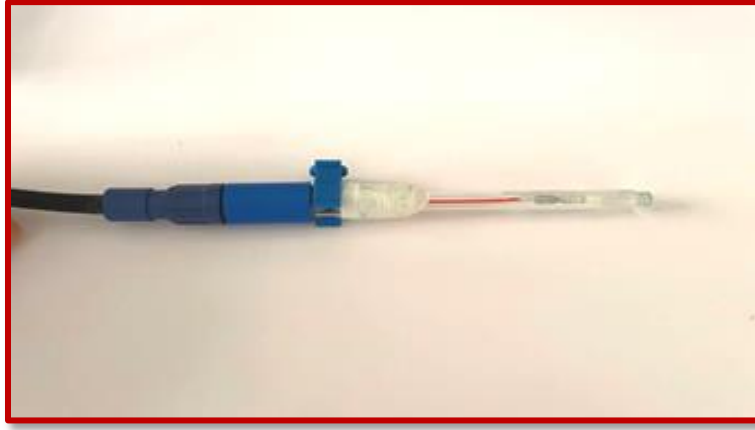
قطب العمل أو الكاشف هو القطب الذي يتم استخدامه للكشف عن كمية وفي بعض الأحيان النوعية للمادة المراد تحليلها. ويتم تصنيع هذا القطب من معادن نبيلة مثل الذهب والبلاتين، يتم تطبيق جهد ثابت أو مدى واسع من الجهد الكهربائي على قطب العمل للتحليل الكهروكيميائية المختلفة لدراسة تثبيط تآكل الفولاذ. [7]



الصورة (3.II): قطب العمل (WE)

❖ القطب المرجع (RE)

القطب المرجعي: يتم استخدام قطب كمونه 240 mV/ESH لقياس نسبة الكمونات، وهو مكون من معدن مغطى بملح غير قابل للتحلل لهذا المعدن، ويتم غمره في محلول مشبع. والأمر المهم في هذا النوع من الأقطاب هو أنه لا يعتمد على تركيز المادة التي تريد تحليلها. يتم استخدام هذا القطب لتكملة [2] الدائرة الكهربائية.



الصورة (II.4): قطب المرجع RE (ECS)

4.I. التركيب التجريبي المستعمل:

تم انجاز التجربة الكهروكيميائية باستعمال (Votabal PG301) موصول بجهاز كمبيوتر لتسجيل البيانات وذلك باستعمال برنامج voltmaster4 والذي يسمح بحساب الخصائص الكهروكيميائية ورسم المنحنيات والطباعة. هذه المعدات توصل بالخلية الكهروكيميائية المكونة من ثلاثة أقطاب.



الصورة (5.II): صورة لجهاز Volta Lab PG 301 موصول بجهاز الكمبيوتر

❖ المواد المستعملة :

- الجيلاتين (Galatine) حيواني محضر مخبريا.
- الماء المقطر H_2O .
- ماء البحر.

- مسحوق كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 .

❖ الادوات المستعملة:

- الخلية.
- جهاز Volta Lab مدموج بالحاسوب.
- اقطاب (المرجع، العمل، المساعد).
- ملعقة مخبرية.
- ميزان حساس.
- مسخن.
- انبوب مدرج.
- بيشر مدرج.
- اسلاك توصيل.
- ورق الصنفرة.



مراجع الفصل الثاني

مراجع الفصل الثاني:

بالفرنسية :

- [1] R. A. Meyre, Encyclopedia of Analytical chemistry Vol. 2, John Wiley , Sons ,LTD ,New York , 2000.
- [3] J. Wang. analytical electrochemistry. John Wilay& sons Hoboken. New Jersey. United State, 2006.
- [4] E I Korotkova. Y A Karbainov. OA Avramchik. Anal BioanalChem" .Voltammetry Chemical." 465, 2003
- [6] site web: <https://cutt.us/6Iwst> 25/2023/05/12:30 . الكيمياء الكهربائية .

بالعربية :

- [2] صفاء علولو، بحث التحليل الفولتامتري النبضي لبعض مضادات السكري في مستحضراتها الصيدلانية مذكرة دكتوراه في الكيمياء التحليلية. كلية العلوم بجامعة حلب سنة (2013).
- [5] صياد عائشة، تقدير الفعل المضاد للتآكل لمستخلص فينولي لنبات البطمة وثنائي ثيول الحلقي، رسالة ماجستير تخصص كيمياء عضوية وفيزيوكيمياء الجزيئية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2012-2011، ص 33.
- [7] عبد الله محمود أبو الكباش. كتاب الكيمياء التحليلية، المفاهيم الأساسية في التحليلاتقليدي والالي، قسم الكيمياء جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، 2017.



الفصل الثالث

تحليل ومناقشة النتائج

تمهيد:

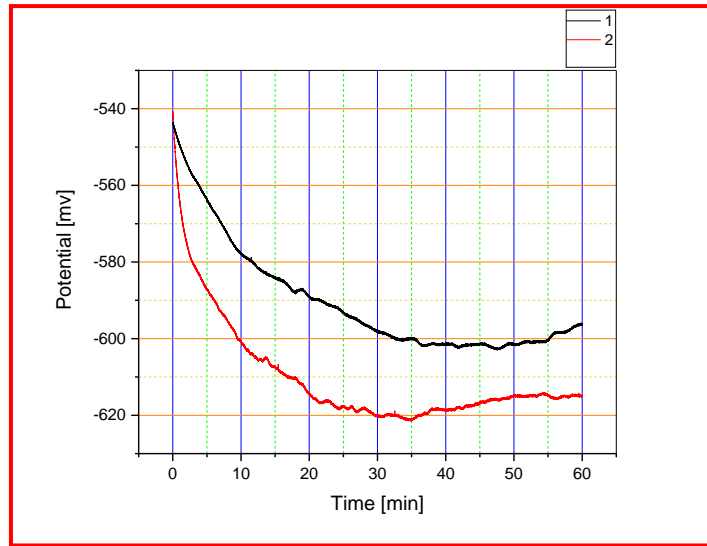
سيتم في هذا الفصل دراسة ظاهرة التآكل والتثبيط في وسط مؤكسد ماء البحر كهروكيميائياً وإستعمال مادة الجلاتين كمثبط لتآكل الفولاذ X52 Acier , وذلك باذابة مادة الجيلاتين في ماء البحر , وثانياً تثبيت الجيلاتين على قطب الفولاذ باستعمال طريقة الكرونوامبيرومترية

1.1. طريقة الغمس :

1.1.1. قياس جهد التوازن :

باستعمال جهاز الفولتلاب الذي يربط بين الخلية الكيميائية وجهاز الكمبيوتر المزود ببرنامج voltamaster4 وذلك للحصول على منحنى تغير الجهد (E) بدلالة الزمن في 20 ملل من ماء البحر لمدة ساعة كما هو موضح في الشكل (1-III).

- نذيب 13.8 ملغ من الجيلاتين في 20 ملل من ماء البحر ونقيس جهد التوازن بين قطب العمل والقطب المرجعي (ECS) لمدة ساعة كما هو موضح في الشكل (2-III).

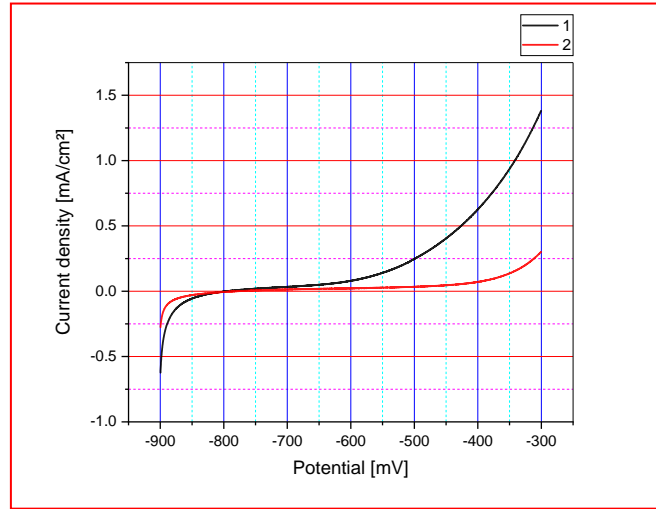


الشكل (1-III) : قياس جهد التوازن 1 : (فولاذ في 20 ملل من ماء البحر) و 2 : (فولاذ 20 ملل من ماء البحر / 13.8 ملغ من الجيلاتين) لمدة ساعة

- يظهر الشكل (1-III) تناقص في قيمة جهد التوازن 2 وثباته بعد نصف ساعة مع فرق في الجهد بين المنحنيين -600mV - 620mV على التوالي

2.1.1. منحنى الاستقطاب :

نقوم بغلق الدارة واختيار مجال المسح من -900mV الى -300mV للحصول على منحنى الاستقطاب (التأين) الموضحان في الشكل (2-III) حيث كانت سرعة المسح 10 mV/s

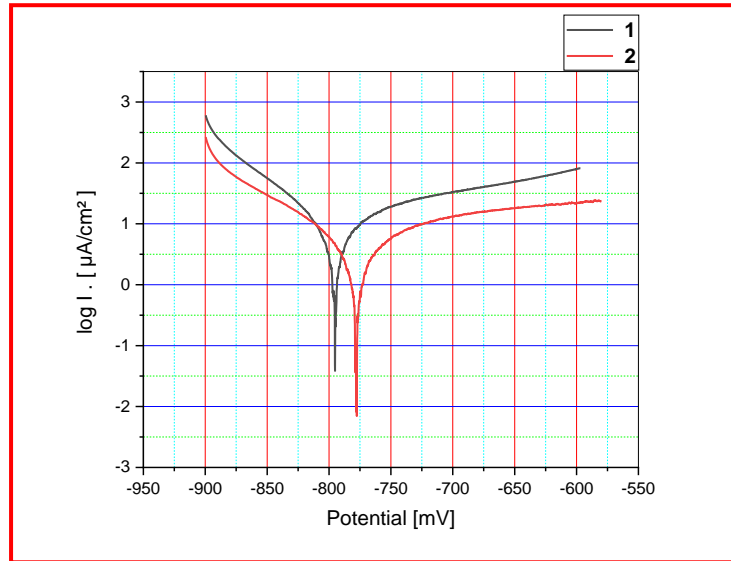


الشكل (2-III) : 1 : (منحنى استقطاب الفولاذ في ماء البحر) ' 2 : (منحنى استقطاب الفولاذ في ماء البحر بوجود الجيلاتين)

كما هو مبين في الشكل (2-III) نهايات الاكسدة للمنحنيين 1 و 2 ممثلة بقمم شدة التيار 1.38 mA/cm^2 و 0.3 mA/cm^2 على التوالي ' الانخفاض الكبير في شدة التيار راجع الى تأثير الجيلاتين

3.1.I. منحنى تافل :

-انطلاقا من منحنى الاستقطاب نتحصل على منحنى تافل (Tafel) $\text{Log } i = f(E)$ الخاصة بالفولاذ في وجود وغياب الجيلاتين كما هو موضح في الشكل (3-III) :



الشكل (3-III) : منحنى تافل 1: الفولاذ / ماء البحر و 2 : الفولاذ / ماء البحر بوجود الجيلاتين

يوضح المنحنى ازاحة قيم جهد التآكل بوجود المثبط نحو القيمة الموجبة وذلك يدل على نوع الحماية : حماية انودية [3] .

كما نستخلص من الشكل (3-III) الذي يبين سرعة التآكل وشدة تيار التآكل ومن هذه المعطيات نحسب نسبة كفاءة المثبط

الجدول (1-III):نتائج منحنى Tafel

Milieu eau de mer	E(i=0)	Rp	i corr :	Ba	Bc	Coef	Corrosion
2	-778.2mv	-2139.28 ohm .cm ²	4.5529 mA/cm ²	172.5mv	-88.1 mv	1.0000	53.25 μm/γ
1	-794.6mv	-4899.04 ohm .cm ²	8.8337 mA/cm ²	206.3mv	-69.0mv	1.0000	μm/γ103.3

باستعمال العلاقة نتحصل على نسبة كفاءة المثبط :

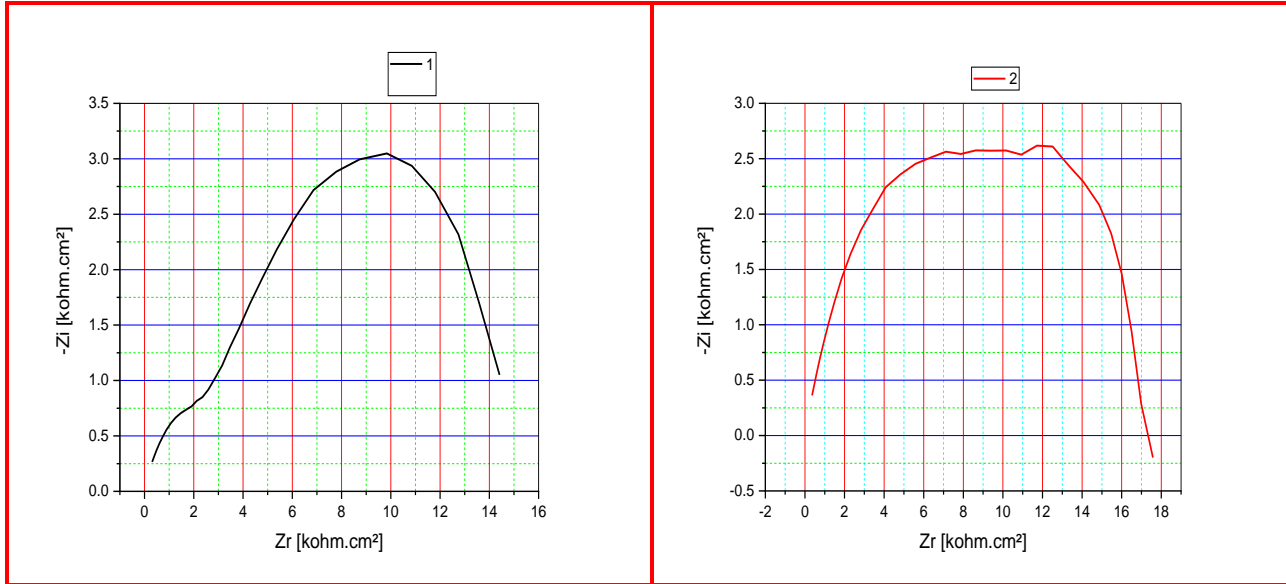
$$IE = \frac{LC_{un}-LC_{in}}{LC_{un}} 100\%$$

$$IE=8.8337-4.5529/8.8337= 0.484648.46\% \quad \text{ت-ع}$$

كأي أن النسبة المئوية لكفاءة المثبط تقدر ب 48.46%.

4.1.I. منحنى Nyquist :

لكي نفهم بصورة أفضل توازن قطب العمل ، وسط التآكل نرسم منحنى Nyquist عند جهد توازن الذي يسمح من جانبه بالوصول إلى قيمة يظهر الشكل(4-III) منحنى Nyquist لكل من قطب الفولاذ في ماء البحر وقطب الفولاذ في ماء البحر به جيلتين.



الشكل (4-III): 1 : (منحنى Nyquist لقطب الفولاذ في ماء البحر)، 2 : (قطب الفولاذ في ماء البحر به جيلتين)

بيانات تخص مقاومة المحلول RS ، مقاومة انتقال الشحنة Rt ، المكثفة C ملخصة في الجدول التالي :

الجدول (2-III): بيانات مخطط Nyquist

	Rs	Rt	C
1	96 ohm 46 ..cm ²	16 Kohm -3..cm ²	.9 μm/γ 502
2	61.89 ohm .cm ²	-12.6 Kohm .cm ²	126.2 μm/γ

نلاحظ فرق في قيمة المقاومة المكافئة Rs,Rt والمكثفة المكافئة C للمحلول والقطب ومادة الجلوتين على التوالي:

$${}_1C = 502.9 \mu F / cm^2 > {}_2C = 126.2 \mu F / cm^2$$

$${}_1Rs = 46.96 \text{ ohm.cm}^2 < {}_2Rs = 61.89 \text{ ohm.cm}^2$$

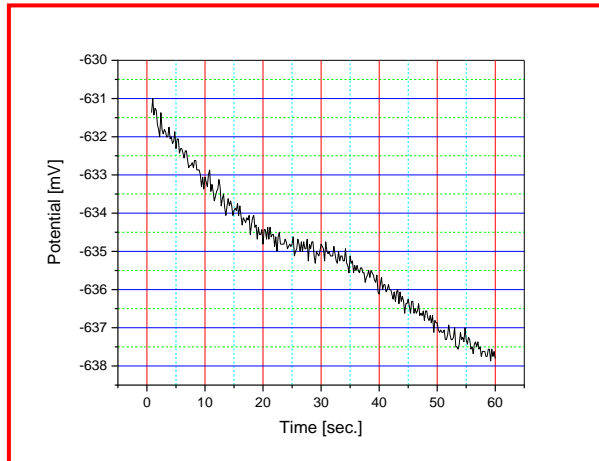
$${}_1Rt = -3.16 \text{ ohm.cm}^2 > {}_2Rt = -12.6 \text{ ohm.cm}^2$$

2.I : طريقة التثبيت :

لمعرفة قيمة الجهد الموافق لإرجاع مادة الجيلاتين نحدد جهد التوازن للمحلول الالكتروليتي الذي يحتوي على مادة الجيلاتين مذابة في المحلول الملحي Na_2SO_4 تركيزه 1مول/l. من خصائص هذا المحلول ان التركيز الكتلي لمادة الجيلاتين 1/100 غ مقارنة مع كتلة كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 .

1- لقياس جهد التوازن نغمس قطب العمل فولاذ في الخلية بوجود القطبين المرجعي (ECS) والمساعد (Pt).

فلاحظ جهد التوازن كما هو موضح في الشكل (III-5):

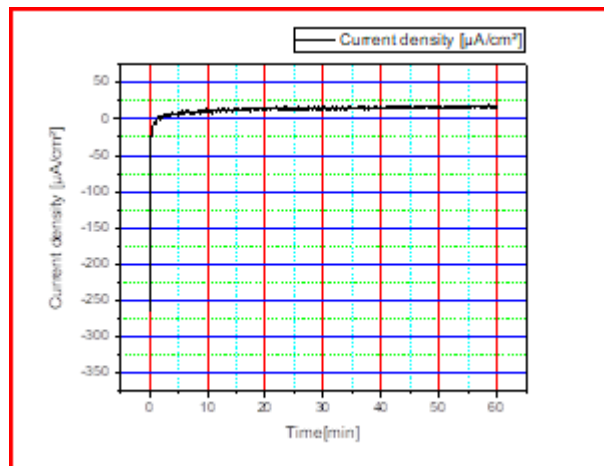


الشكل (III-5) : جهد توازن الجيلاتين على الفولاذ بالنسبة للقطب المرجعي (ECS) بدلالة الزمن.

2- الكرونوامبيروميتري :

من الشكل (III-6): قيمة جهد التوازن لمدة دقيقة محصورة بين -631 mV و -638 mV .

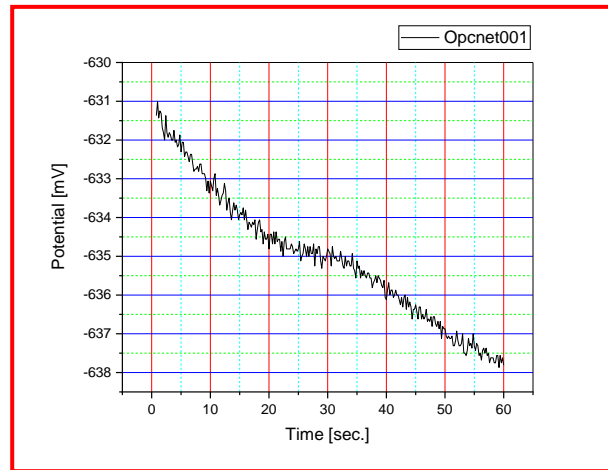
بتطبيق جهد اقل من جهد التوازن -1000 mV لإرجاع الجيلاتين علي قطب الفولاذ ونتبع تغير شدة التيار بدلالة الزمن



الشكل(III-6):منحنى الكرونواميرومترى $i=f(t)$ (الجهد $E= -1000mV$) لمدة ساعة

بعد تثبيت الجيلاتين على قطب الفولاذ بالكرونواميرومترى ننتقل الى دراسة ظاهرة التآكل على سطح القطب المعدل (الفولاذ / جيلاتين)

1.2.I . قياس جهد التوازن :

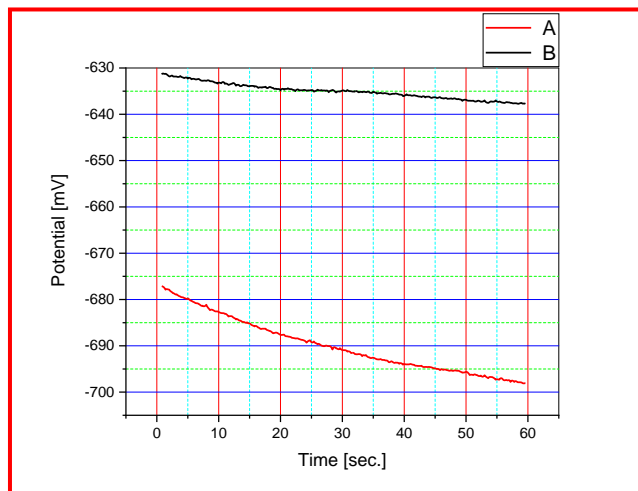


الشكل(III-7) : منحنى لجهد التوازن بدلالة الزمن لقطب الفولاذ

- نقارن منحنى جهد توازن في ماء البحر بين القطبيين التاليين

A : قطب العمل المعدل (فولاذ / جيلاتين)

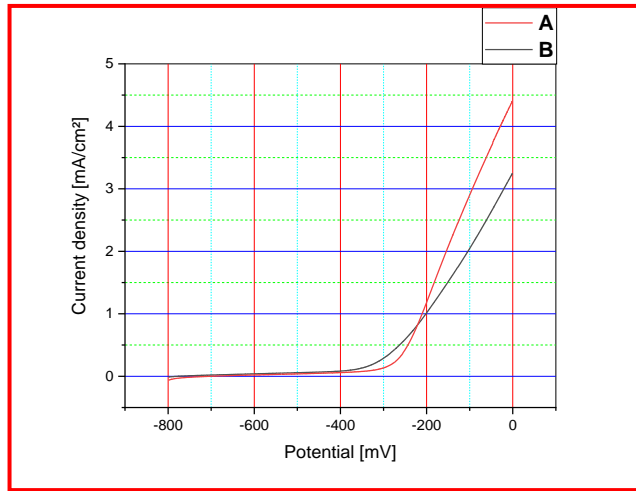
B: قطب العمل (فولاذ)



الشكل (III-8): جهد توازن القطب المعدل (فولاذ / جيلاتين) وقطب العمل في وسط مؤكسد (ماء البحر).

2.2.I. منحنى الاستقطاب :

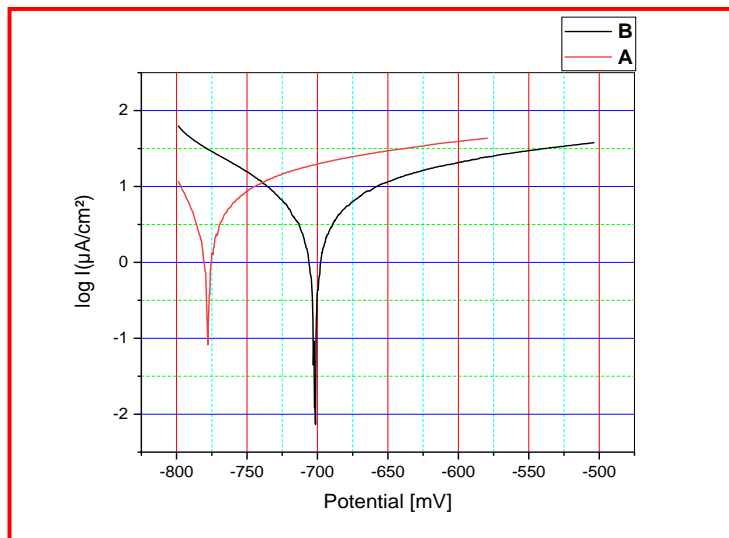
نغلق الدارة للحصول على منحنى التآين واختار مجال المسح من 0mV - الى -800 mV الموضح في الشكل (III-9) حيث كانت سرعة المسح 10 mV/s



الشكل (III-9) : مقارنة منحنى الاستقطاب بين A: القطب العمل المعدل و B : قطب العمل في ماء البحر

2.2.I.3. منحنى تفال:

انطلاقاً من منحنى الاستقطاب نتحصل على منحنى Tafel الخاصة بقطب العمل والقطب المعدل في ماء البحر.



الشكل(III-10): منحنى Tafel للقطين فولاذ/جيلاتين, فولاذ في وسط ماء البحر

يوضح المنحنى ازاحة قيم جهد التآكل بوجود المثبط نحو القيم السالبة وذلك يدل على نوع الحماية : حماية كاثودية [3] .

كما نستخلص من الشكل (III-11) الذي يبين سرعة التآكل وشدة تيار التآكل ومن هذه المعطيات نحسب نسبة كفاءة المثبط

الجدول (III-3): نتائج منحنى Tafel

Milieu eau de mer	E(i=0)	Rp	i corr :	Ba	Bc	Coef	Corrosion
A	-777.5mv	1940 ohm .cm²	16.9241mA/cm²	485.0 mv	-mv	95.2 mv	197.9µm/γ
B	-701.8 mv	7460 ohm .cm²	4.9322 mA/cm²	142.6 mv	95.2 mv	1.0000	57.68µm/γ

وبالعلاقة التالية نتحصل على نسبة كفاءة المثبط:

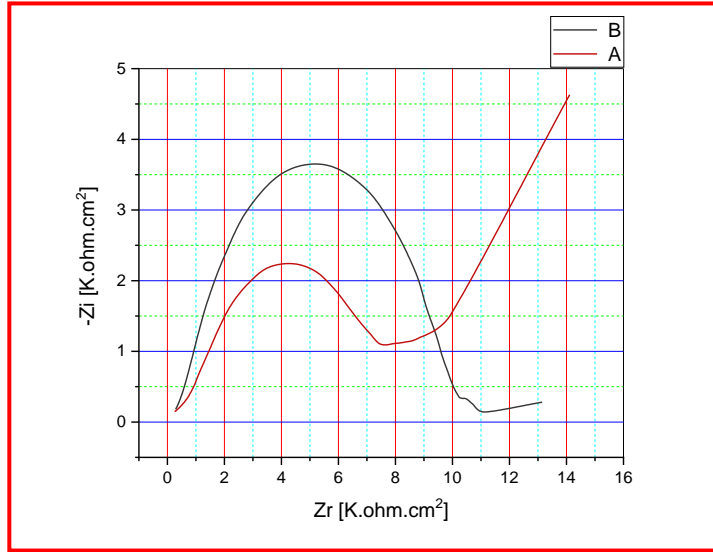
$$IE = \frac{Lc_{un} - Lc_{in}}{Lc_{un}} 100\%$$

$$IE = 16.9241 - 4.9322 / 16.9241 = 0.708570.85\% \quad \text{ت-ع}$$

أي أن نسبة كفاءة المثبط تقدر ب 70.85 %.

3.2.I منحنى Nyquist :

- منحنى Nyquist لكل من قطب الفولاذ والقطب المعدل في ماء البحر كما هو موضح في الشكل-16 (III).



الشكل (III-11): منحني Nyquist لقطب الفولاذ والقطب المعدل

بيانات تخص مقاومة المحلول R_s ، مقاومة انتقال الشحنة R_t ، المكثفة C ملخصة في الجدول التالي :

الجدول (III-4): بيانات مخطط Nyquist

	R_s	R_t	C
B	48 ohm	431 Kohm	.0 $\mu\text{m}/\gamma$
	83..cm ²	5..cm ²	293
A	0 ohm	0 Kohm .cm ²	0 $\mu\text{m}/\gamma$
	.cm ²		

نلاحظ فرق في قيمة المقاومة المكافئة R_s, R_t والمكثفة المكافئة C للمحلول والقطب ومادة الجلوتين على التوالي بغمس القطب في ماء البحر ثم في ماء البحر به جيلتين .

$${}_1C = 502.9 \mu\text{F} / \text{cm}^2 > {}_2C = 126.2 \mu\text{F} / \text{cm}^2$$

$${}_1R_s = 46.96 \text{ ohm.cm}^2 < {}_2R_s = 61.89 \text{ ohm.cm}^2$$

$${}_1R_t = -3.16 \text{ ohm.cm}^2 > {}_2R_t = -12.6 \text{ ohm.cm}^2$$

اما الفرق بالنسبة لغمس قطب العمل وقطب العمل المعدل في ماء البحر فهي كالاتي :

$${}_B C = 293.0 \mu F / cm^2 > {}_A C = 0 \mu F / cm^2$$

$${}_B R S = 83.48 \text{ ohm.cm}^2 < {}_A R S = 0 \text{ ohm.cm}^2$$

$${}_B R t = 5.431 \text{ ohm.cm}^2 > {}_A R t = 0 \text{ ohm.cm}^2$$

خلاصة:

الجلاتين مادة فعالة وغير سامة بالنتيبت على سطح الفولاذ X52 بطريقة الكهروكيميائية تعطي مردود افضل من اذابته في ماء البحر وغمس الفولاذ ' وطريقة تثبيت الجيلاتين بمحلول ملحي كبريتات الصوديوم فيه حماية للمعدن (الفولاذ X52) من التآكل والتثبيت الجيد.

الخاتمة العامة



كما رأينا يعد التآكل ظاهرة لا مفر منها. لكن يمكننا التحكم فيها بعدة طرق مختلفة. ومنها استخدام المثبطات العضوية الصديقة للبيئة لحمايته من التآكل بسبب فعاليتها، وعدم سميتها من خلال دراسة الفعالية من خلال دراسة الفعالية التثبيطية للتآكل لمادة الجيلاتين في وسط مسحوق كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 وماء البحر على ركيزة الفولاذ الكربوني X52، حيث تم تقييم فعاليته من منحنيات شدة التيار ومنحنيات الجهد ومنحنيات الممانعة.

يمكن استخلاص النتائج التالية:

- تواجد طبقة من الجيلاتين على Acier X52 يقلل من سرعة التآكل.
- تنخفض قيمة جهد التوازن (ECS) عند تواجد طبقة من الجيلاتين على Acier X52.
- ارتفاع شدة التيار (I) خلال تثبيت جيلاتين على Acier X52 وهذا يعني تغير سطح التلامس.
- تقل سرعة التآكل كلما زادنا من كمية جيلاتين.
- عند ارتفاع سرعة المسح تزداد سرعة التآكل وتنخفض قيمة الجهد (ECS).

المخلص

في هذه الدراسة قمنا باستعمال مادة الجيلاتين كمثبط لتآكل الفولاذ Acier X52 وذلك بالغمس و تثبيت الجيلاتين على سطح الفولاذ بالطريقة الكهرو كيميائية حيث يتم دراسة ظاهرة التآكل و التنشيط في وسط مؤكسد ماء البحر كهروكيميائيا.

الكلمات المفتاحية : جيلاتين مثبط تآكل، فولتامتر حلقي، منحني الاستقطاب (التأين)، الفولاذ X52.

Résumé

Dans cette étude, nous avons utilisé la gélatine comme inhibiteur de corrosion pour l'acier Acier X52 en trempant et en fixant la gélatine sur la surface de l'acier par une méthode électrochimique.

Mots clés: gélatine inhibiteur de corrosion, voltamètre toroïdal, courbe de polarisation (ionisation), acier X52.

Abstract

In this study, we used gelatin as a corrosion inhibitor for Acier X52 steel by dipping and fixing the gelatin on the surface of the steel by an electrochemical method.

Keywords: corrosion inhibitor gelatin, toroidal voltammeter, polarization curve (ionization), steel X52.

الحمد لله رب العالمين