الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

كلية الـــتـكـنـولـوجـيـا

مذكرة مقدمة لنيل شهادة:

مـــاســـــتـر أكـــاديـمـــــي

ميدان: علوم وتكنولوجيا

القسم: هندسة الطرائق والبتروكيمياء

التخصص: هندسة بتروكيميائية

من تقديم:

بن عبد الله نادية

معامير محمد الهادي

مداني سلمى

بعنوان

إستعمال الجيلاتين مثبط للتآكل بالطريقة الكهروكيميائية

تمت مناقشة المذكرة في:..../../.....

أمام اللجنة المكونة من الأساتذة:

شعبية ناصر	مؤطرا	جامعة الشهيد حمه لخضر -الوادي
زومالي جعفر	رئيسا	جامعة الشهيد حمه لخضر -الوادي
سالمي السعيد	مناقشا	جامعة الشهيد حمه لخضر -الوادي

السنة الجامعية: 2022/2021

أجمعين وعلى آله وصحبه محمد سيدنا على وسلم وبارك صلي اللهم

«وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا» سورة طه 144

شكروعرفان

قال الله تعالى:﴿ولئن شكرتم لأزيدنكم ﴾

نفتتح قولنا بشكر الله تعالى ذكره وجل والحمد لله لمنحنا القوة والشجاعة للقيام بهذا العمل المتواضع.

أولا وقبل كل شيء نتقدم بالشكر والعرفان لأمهاتنا وآبائنا واخواننا الذين كانوا لنا منبع حنان وعطاء وعون طيلة مشوارنا الدراسي

والشكر الموصول لمشرفنا **الأستاذ ناصر شعيبة**

وكما لا ننسى بأن نعترف بالجميل ونعبر بالكلمات والتي لا تفي حق كل من كان سندا في هذا العمل ومد لنا يد العون

من اساتذة والمخبريين الذين لم يبخلوا علينا بمساعدتهم لنا.

كما نود أن نشكر من كان لنا عونا من جامعة الشهيد حمه لخضر ولاية الوادي سواءا أساتذة، مسؤولين ومخبريين

كما ونتوجه بالشكر إلى:

جميع أساتذة قسم هندسة طرائق كلية التكنولوجيا جامعة حمة لخضر الوادي

لجميع أصدقائنا وخاصة طلبة الماستر هندسة بيتروكيميائية دفعة2022/2021 جامعة حمة لخضر الوادي

وأخيرا، نشكر كل من ساهم من قريب او بعيد في تحقيق هذا العمل

إهداء

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الانبياء والمرسلين

اهدي هدى العمل الي:

من ربتني وانارت دربي واعانتني بالصلوات والدعوات الي اغلي انسان في الكون امي الحبيبة الغالية رعاها الله ومد في صحتها وعمرها ورزقها الجنة

الي من عمل بكد في سبيلي وعلمني معنى الكفاح واوصلني الي ما انا عليه ابي الكريم حفظه الله واطال في عمره

الي كل اخوتي واخواتي حفظهم الله ورعاهم وادامهم سند لي الي كل اجدادي رحمهم الله

الي اخوالي وخالاتي وباخص خالي الخذير اسال الله عظيم ان يشفيه وكل اقاربي ومعارفي والى كل عائلة مداني

الي من عملا معي بجد بغية اتمام هدا العمل زملاء بن عبد الله نادية ومعامير محمد الهادي

الي صديقاتي ورفيقات دربي

الي كل من علموني حروفا من ذهب وكلمات وعبارات من أجلى وأسمى عبارات في العلم الي كل معلمين واساتذتي طوال كل مشواري دراسي جزاهم الله الجنة

الي كل طلبة السنة الثانية ماستر هندسة بتروكيميائية دفعة 2022

سلمى

إهداء

أنا هنا بفضل ربي وبصلوات أمي وتعب أبي.

كانت لحظات وأيام جميلة مع أفضل الإخوة والزملاء والأساتذة. لقد كانت رحلة دراسية رائعة.

شكراً لأمي وأبي وأساتذتي وكل من ساندني للوصول إلى هذه المرحلة. أخصص تخرجي لهم

دموع فرحتي بتخرجي واختلط حزني مع وداع احبائي. في غمضة عين، مرت أيامنا وها نحن اليوم

نحصد محصولنا وودع أحبائنا والمكان الذي شمل هذا السنوات من الحياة. التقينا بالأمس وافترقنا

اليوم لكن فرحتنا بتخرجنا تنسى آلامنا.

أهدي ثمرة تخرجي لأمي نورة العزيزة التي تذرف دموعها من أجل الوصول إلى هذه النقطة واهدي

تخرجي لوالدي الغالي البشير، حفظك الله، ودعمك لي.ثم أهدي تخرجي لخالتي الصغرى وأشكر

صديقتي اللتي رافقتني خلال هذه السنوات. دخلنا غرباء وتركنا أصدقاء وإخوة.

نادية

إهداء

الحمد لله فالق الأنوار وجاعل الليل والنهار ثم الصلاة والسلام على سيدنا المختار .

الحمد لله الذي وفقنا لهذا ولم نكن لنصل عيه لولا فضل الله علينا من دواعي الفخر والاعتزاز ان

أهدي ثمرة جهد هذا العمل المتواضع إلى أبي وأمي العزيزين حفظهما الله ورعاهما

.إلى أخواتي الذين هم سندي في الدنيا وإلى كل من ساعدوني في انجاز هذا العمل

وإلى رفقاء الدراسة والزملاء وإلى كل من ترك أثرا طيبا في حياتي

.وإلى كل طالب للعلم ومحب للمعرفة

محمد الهادي

قائمة الاختصارات والرموز

RE: قطب المراجع.

ECS : Electrode au calomel satureé

AE : القطب المساعد L'auxiliaire Electrode .

WE: قطب العمل : Electrode Work.

I : التيار (A)

E : الجهد (volt)

t: الزمن وحدته (s)ثانية

V: سرعة المسح وحدته mv/s

Re: قوة الخضوع وحدتها (MPa).

Rm: قوة الانهيار وحدتها (MPa).

KV: المرونة وحدتها (J).

A: الاستطالة عند الكسر تقاس بالنسبة المئوية (%).

HV: صلابة فيكرز .

W_{UN} : الوزن المفقود في غياب المثبط .

W_{IN} : الوزن المفقود بوجود المثبط .

IE % : النسبة المئوية للكفاءة المثبط.

Lc_{un} :كثافة تيار التأكل في غياب المثبط.

Lc_{in} كثافة التيار بوجود المثبط .

R% : معدل الفاعلية المثبط.

V: السرعة بوجود المثبط.

V_0:السرعة بدون المثبط.

ppm: parts per million جزء من المليون وهي وحدة قياس للتركيز.

Rp: مقاومة الاستقطابية.

i_{corr} :تيار التاكل.

Ba: معامل Tafel الانودي.

Bc: معامل Tafel الكاتودي.

Pic : نقط النتوء عند الاكسدة والارجاع.

قائمة الاشكال

الفصل الأول: الجزء النظري

الشكل .1.I: استخدم المصريين القدامى الغراء للأثاث ولايزال ينتج اليوم من الكولاجين جلود وعظام الحيوانات في بعض البلدان بما في ذلك مصر 5
الشكل .2.I: عملية تمسخ الكولاجين للحصول على الجيلاتين..... 8
الشكل .3.I: تركيبة الأحماض الأمينية للجيلاتين 9
الشكل .4.I: سلسلة لهيكل الجيلاتين (التكوين الكيميائي للجيلاتين) 9
الشكل .5.I: مختلف عوامل التآكل 14
الشكل .6.I: رسم تخطيطي لتآكل المعمم..... 16
الشكل .7.I: رسم تخطيطي لتآكل الغلفاني 16
الشكل .8.I: تآكل غلفاني لانبوب من فولاذ..... 17
الشكل .9.I: تآكل غلفاني لالمونيوم بالبرونز 17
الشكل .10.I: تآكل غلفاني لبرونز 17
الشكل .11.I: رسم تخطيطي التآكل النقر 18
الشكل .12.I: صورة لتآكل بالنقر لفولاذ 18
الشكل .13.I: تآكل بالنقر لسكينة 19
الشكل .14.I: صورة انابيب متآكلة 19

الفصل الثالث: دراسة النتائج ومناقشتها

الشكل 1.III: جهد توازن جيلاتين على الفولاذ 52X بالنسبة للقطب المرجعي ECSبدلالة الزمن.... 41
الشكل 2.III: منحنى الكرونوامبيرومتري i=f(t) الجهد E=-1000mV 42
الشكل 3.III: الفولطا متري الحلقي عند المجال E=[-1200mV, -300 mV] و سرعة مسح 30 .. 43
الشكل 4.III: تسجيل عشر حلقات لتوضع الجيلاتين على قطب acier X52 بسرعة المسح V=30mv/s 43
الشكل 5.III: منحنى لجهد التوازن بدلالة الزمن للقطب المعدل فولاذ/جيلاتين..... 44
الشكل 6.III: منحنى لجهد التوازن بدلالة الزمن لقطب الفولاذ 44
الشكل 7.III : اكسدة القطب المعدل فولاذ/جيلاتين [0mV ,- 800mV] عند سرعة مسح v=10mV/s 45
الشكل 8.III : اكسدة القطب فولاذ [0mV ,- 800mV] عند سرعة مسح v=10mV/s 45
الشكل 9.III: منحنى تفال للقطبين فولاذ/جيلاتين , فولاذ في وسط حمضي 0.1مول/ل 45
الشكل 10.III: منحنى Nyquist لقطب فولاذ/جيلاتين وقطب الفولاذ..... 46

الشكل 11.III: التمثيل الكهربائي لظاهرة التآكل لقطب للفولاذ وقطب الفولاذ/ جيلاتين في وسط حمضي. 47
الشكل 12.III: منحنى الدارة المفتوحة(opc) لقياس جهد التوازن $Na2SO4$ تركيزه C=1mol/l لمدة t=60s. 48
الشكل 13.III: فولطا متري خطي لإرجاع الجيلاتين 200mV-الى 1200mV- سرعة المسح 30mV/s منحنى1 و منحنى30..... 48
الشكل 14.III: منحنى استقطاب فولاذ/جيلاتين [0mv,-800mv]بسرعة مسح v= 30mv/s 49
الشكل 15.III: منحنى استقطاب فولاذ [0mv,-800mv]بسرعة مسحv = 30mv/s..... 49
الشكل 16.III: Tafel فولاذ/جيلاتين وفولاذ..... 50
الشكل 17.III: منحنى جهد التوازن بدلالة الزمن لقطب الفولاذ (Gélatine $/Na2SO4$) لمدة t=60s. 51
الشكل 18.III: منحنى فولاذ/جيلاتين في محلول HCl 0.1مول/ل عند المجال [0mv , -800mv] بسرعة مسح V=30mv/s..... 51
الشكل 19.III: منحنى فولاذ في محلول HCl 0.1مول/ل عند المجال [0mv,-800mv]بسرعة مسح v=30mv/s 52
الشكل 20.III: Tafel للقطبين فولاذ/جيلاتين, فولاذ 52

قائمة الصور

الفصل الأول: الجزء النظري

الصورة 1.I: اثنين من أول آلات كبسولة القشرة الناعمة لروبرت ب. شيرر، الذي أحدث ثورة في تصنيع كبسولات الجيلاتين الناعمة مع تطوره التصوير الفوتوغرافي. 5

الصورة 2.I: الجيلاتين الورق 6

الصورة 3.I: مسحوق الجيلاتين 7

الصورة 4.I: الجيلاتين العلب تام التجهيز والمحلى 7

الصورة 5.I : الجيلاتين الإسفنجي يتوفر في مجموعة متنوعة من الأشكال 7

الفصل الثاني: طرق وتقنيات كهروكيميائية المستخدمة

الصورة 1.II: صورة الخلية الكهروكيميائية 34

الصورة 2.II: قطب البلاتين المساعد.(AE)..... 35

الصورة 3.II: قطب المرجع RE (ECS) 35

الصورة 4.II: قطب العمل WE 36

الصورة 5.II: صورة لجهاز.Voltabal PGG301 37

الصورة 6.II: صورة لجهاز Voltabal PGG301 موصول بجهاز الكمبيوتر..... 37

قائمة الجداول

الفصل الأول: الجزء النظري

الجدول I.1: التركيب الكيميائي للمعدن الفولاذ الكربوني X52 المدروس. 26

الجدول I.2: الخواص الفيزيائية للفولاذ الكاربوني X52. 26

الجدول I.3: الخواص الميكانيكية للفولاذ الكاربوني X52..... 26

الفصل الثالث: دراسة النتائج ومناقشتها

الجدول III.1: نتائج منحنى Tafel..... 46

الجدول III.2: نتائج منحنى Tafel..... 50

الجدول III.3: نتائج منحنى Tafel..... 52

فهرس المحتويات

شكر وعرفان.....

إهداء.....

قائمة الاختصارات والرموز I

قائمة الاشكال III

قائمة الصور V

فهرس المحتويات VII

مقدمة: 2

الفصل الأول: الجزء النظري

1.I. عموميات حول الجيلاتين..... 4

1.1.I. تاريخ الجيلاتين 4

2.1.I. تعريف الكالوجين:..... 5

3.1.I. الجيلاتين: 6

1.3.1.I. من الكالوجين إلى الجيلاتين: 8

2.3.1.I. بنية وتركيبة الجيلاتين:..... 9

3.3.1.I. مصدر الجيلاتين..... 10

4.3.1.I. مراحل استخلاص الجيلاتين:..... 11

5.3.1.I. تصنيع الجيلاتين بعملتي الحمضية والقلوية:..... 11

6.3.1.I. خصائص الجيلاتين: 11

1.II. عموميات حول التآكل وطرق الحماية منه: 12

- مدخل: 12

1.1.II. تعريف التآكل: 13

2.1.II العوامل المؤثرة في التآكل: 13

3.1.II. التقسيم العام للتآكل: 14

1.3.1.II. التآكل الجاف والرطب: 14

2.3.1.II. التآكل المباشر وغير المباشر: 15
3.3.1.II. التآكل الالكتروكيميائي: 15
4.1.II. أشكال التآكل: 15
▪ المجموعة الأولى: 16
▪ المجموعة الثانية: 19
2.II. الحماية من التآكل: 19
1.2.II. الحماية بالتصميم المناسب: 19
1.1.2II. الحماية بالتصميم المناسب من ناحية البيئة: 20
2.2.II. الحماية باستخدام الطلاء: 20
3.2.II الحماية المهبطية: 20
1.3.2II. تعريف الحماية المهبطية: 20
2.3.2 II. طرق استعمال الحماية المهبطية: 20
4.2II.الحماية باستخدام تيار كهربائي مسلط: 20
5.2II. الحماية باستخدام مبدأ التضحية: 20
6.2II. الحماية المصعدية: 20
1.6.2II. تعريف الحماية المصعدية: 20
7.2II. الحماية باستخدام مثبطات التآكل: 21
1.7.2II.أنواع المثبطات: 21
III. الحماية بالمثبطات: 21
1.III. تعريف المثبط: 21
2.III تصنيف المثبطات: 22
1.2.III. في الاوساط العضوية: 22
2.2.III. الاوساط الغازية: 22
1. المثبطات المصعدية (الانودية): 23
2. المثبطات المهبطية (الكاثودية): 23
3. المثبطات المختلطة: 23

III.3. آليات التفاعل: 23
III.4. الخصائص الأساسية للمثبطات: 24
III.5. العوامل المؤثرة في المثبيطات: 24
IV.1. الفولاذ كربوني: 25
IV.2. أنواعه: 25
IV.1.2. استخداماته: 27
IV.2.2. فوائده: 27
• مراجع الفصل الأول: 28

الفصل الثاني: طرق وتقنيات كهروكيميائية المستخدمة

▪ تمهيد: 32
▪ نبذة تاريخية: 32
I .1. تعريف التقنيات الكهروكيميائية: 32
I .1.1. الفولطا متري الحلقي (cycliquevoltamétries): 33
I.2.1. الكرونو امبيرو متري (chronoampérométrie) : 33
I.3.1. الفولطا متري الخطي : 33
I.2. الاجهزة الكهروكيميائة المستخدمة: 34
I.1.2. الخلية الكهروكيميائية: 34
I.2.2. الأقطاب: 35
I.3. التركيب التجريبي المستعمل: 36
• مراجع الفصل الثاني: 39

الفصل الثالث: دراسة النتائج ومناقشتها

▪ تمهيد: 41
I.1. تثبيت الجيلاتين على القطب العمل فولاذ Acier 52X: 41
I.1.1. وسط قاعدي :هيدروكسيد الصوديوم NaOH: 41
I.2.1. وسط ملحي: كبريتات الصوديوم. Na2SO4: 47
الخاتمة: 55
ملخص 56

مقدمة

مقدمة:

تعتبر المعادن من أكثر المواد الطبيعية عرضة للتآكل بفعل العوامل الطبيعية كالتأثير المباشر مع وسط غازي، مثل تآكل النيكل عند درجات الحرارة العالية بفعل غازات الكبريت، فينتج عنها تآكل لحبيبات المعدن. كما ان الاكسجين يؤدي الى تآكل نتيجة التفاعل الكيميائي البسيط وتآكل الماكنات في المصانع بسبب تعرضها لمواد كيميائية والابخرة وغيرها، فتظهر تشققات دقيقة مما يؤدي الى تكوين اكسيد الحديد. وكذلك تآكل المباني والجسور، هياكل السيارات، الانابيب والقنوات المدفونة في الارض او المكشوفة.

يعد التآكل من أكبر المشاكل الاقتصادية التي تواجه تطور لأنه يؤدي الى اتلاف كميات كبيرة من المنشآت والمعادن، ولذلك تبدل جهود كبيرة من اجل الوقاية من التآكل من خلال استعمال عدة طرق للحماية منها.

والطرق المتعارف عليها عالميا في منع التآكل هي بإضافة مثبطات للمعادن تمنع او تقلل من حدوث تفاعلات بين والمعادن، (مسببات التآكل) الاوساط الخارجية.

ارتأينا الى ان نختار أحد المواد الغير شائعة في مجال المثبطات ضد التآكل الا وهي مادة الجيلاتين.

يعد الجيلاتين مادة بروتينية مصدرها الكالوجين الذي يتواجد بشكل كبير في الأنسجة الرابطة لجميع الحيوانات كالعظام والجلود..... الخ، كما ازداد تناوله في العالم بسبب توسع استعمالاته في مجال الصناعات الغذائية كصناعة الحلوى ومنتجات الألبان وفي المجالات الصيدلانية مثل صناعة الكبسولات والمستحضرات الطبية ومواد التجميل، اذ يستعمل الجيلاتين ما يقارب 65% تقريبا في الصناعات الغذائية و 15% في المجال الصيدلاني و20% في مجال التصوير.

حيث تم تقسيم هذا العمل الى ثلاثة فصول :

- الفصل الأول هو الجزء النظري يحوي على كل من عموميات حول الجيلاتين، عموميات حول التآكل والمثبطات,X52 Acier. والفصل الثاني هو طرق وتقنيات كهروكيميائية تطرقنا الى تعريف التقنيات الكهروكيميائة (الفولطا متري الحلقي-الكرونوامبيرو متري-الفولطا متري الخطي) وذكر الاجهزة الكهروكيميائية المستعملة، وشرح مفصل للخلية الكهروكيميائية مع ذكر كل اقطابها. الفصل الثالث دراسة النتائج ومناقشتها.

الفصل الاول

الجزء النظري

1.I. عموميات حول الجيلاتين

1.1.I. تاريخ الجيلاتين

إن جيلاتين المواد الغذائية حاز على تاريخ طويل وناجح. كما واستخدم في العصور القديمة كلاصق بيولوجي، وفي غضون الوقت الحالي تقدم في المجال الصناعي والتطبيقات المتنوعة. ومنذ حوالي 8000 سنة كان سكان الشرق الأوسط قادرين على إنتاج الغراء من أنسجة الحيوانات.

بعد حوالي 3000 سنة، كان المصريون القدماء على دراية تامة بوظائف الجيلاتين كما واستخدم نوعا من الغراء الخشبي الناتج من الكولاجين كمادة لاصقة لإلصاق قطع الأثاث معا كما هو موضح في الشكل(I.1) كانت الأطباق المخللة في إنجلترا والتي تحوي على الجال المتلألئ موجودة على قائمة المأكولات في كل مأدبة أول وليمة. وفي عصر نابليون أستخدم كمصدر للبروتين لإطعام الفرنسيين عندما كانت اللحوم نادرة خلال حصار البحرية البريطانية لموانئها.

ومما لا شك فيه أن صناعة المستحضرات الصيدلانية الحديثة والتصوير الفوتوغرافي، إذ ن لوحات التصوير الفوتوغرافي الجافة الجاهزة للاستخدام كانت مغلفة بمستحلب الجيلاتين، وفي عام 1888 قدم المصور جورج إيستمان كاميرا مكنت هواة التصوير من إنتاج صور فوتوغرافية بصورة معقولة التكلفة وهذه الكاميرا سهلة الاستخدام تعمل بلفات من الأفلام بدلا من اللوحات حيث تقوم بعرض الأفلام وتطويرها والجيلاتين المستخدم في طلاء هاته الصور الفوتوغرافية يكون عالي الجودة. وقد قام روبرت ب.شيرر بصنع آلات أحدثت ثورة في تصنيع كبسولات الجيلاتين الناعمة كما في الصورة(I.1).

وقد تم استخدام الجيلاتين لأغراض صحية منذ وقت مبكر في العصور الوسطى، على سبيل المثال توقع الباحثون أن المرق المصنوع من أقدام العجول جيد لآلام المفاصل، واليوم أثبت العلم مدى صحته. **[1]**

الصورة .1.I: اثنين من أول آلات كبسولة القشرة الناعمة لروبرت ب. شيرر، الذي أحدث ثورة في تصنيع كبسولات الجيلاتين الناعمة مع تطوره التصوير الفوتوغرافي. **[1]**

الشكل .1.I: استخدم المصريين القدامى الغراء للأثاث ولايزال ينتج اليوم من الكولاجين جلود وعظام الحيوانات في بعض البلدان بما في ذلك مصر **[1]**

2.1.I. تعريف الكالوجين:

الكولاجين هو مركب حيوي شديد الاهمية يتواجد في كل من الجلود والعظام وهو بروتين الليفي الرئيسي في تركيب النسيج الضام عند الكائن سواء الانسان او الحيوان ويشكل نحو 70 من كتلة هذا النسيج. ويشكل كذلك ما يقارب 30 من كامل البروتينات الكلية للكائن الحي، وغالبا ما يؤدي انخفاض الكولاجين في جسم الانسان الى تدهور الانسجة الرابطة. كما يوجد أكثر من 20 نوعا مختلفا من الكولاجين وفق ما تذكره معظم المراجع. حيث تعمل جميعها على رابط الانسجة بالهيكل العظمي وتامين المرونة والقوة اللازمة لبنية الكائن الحي**[2] [3]**.

من الناحية الكيميائية يعتبر الكولاجين مركب بروتيني ويتكون من السلاسل ببتيدية حيث تلتف كل ثلاث سلاسل لتشكل حلزوني ثلاثي البنية. كما يحتوي على نسبة عالية من الاحماض الامينية البرولين هيدروكسي برولين جليسين اللذان يميزانه عن غيره من البروتينات الاخرى ويساهمان مع بعض الروابط الهيدروجينية الموجودة بين بقايا الاحماض الامينية في ثبات الحلزون الثلاثي **[2]**.

I.3.1. الجيلاتين:

الجيلاتين هو عبارة عن بروتين ينتج عن طريق التحلل المائي الجزئي للكولاجين المستخلص عن طريق غلي العظام أو الأنسجة الرابطة أو أعضاء بعض الحيوانات مثل المواشي المستأنسة والخنازير والخيول والأسماك، حيث يتم تكسير الروابط الجزيئية الطبيعية التي تربط بين جزيئات الكولاجين مما يؤدي إلى تكوين شكل يستطيع إعادة ترتيب جزيئاته بشكل أكثر سهولة

فان انتاج الجيلاتين نظراً لزيادة الاستفسارات من أعضائنا وزوارنا على إنتاج الجيلاتين، لذا نود أن نعطي شرحا موجزا هنا. حيث يمكن أن تنتج المصانع 2000 – 3000 طن سنوياً والأمر الأكثر أهمية هو إنشاء سلسلة توريد حلال تماما من العظام والجلود لتتم معالجتها.

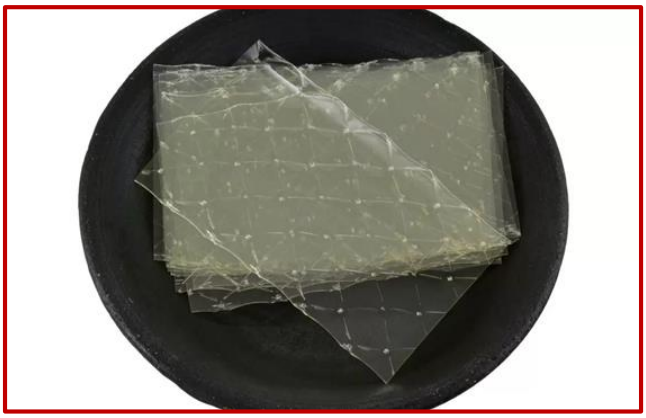
يتم الحصول على الجيلاتين من الكولاجين بواسطة التحلل المائي ويعتمد تركيب الكولاجين على مصدر الكولاجين وعلى المعاملات المستخدمة.

المواد الخام الرئيسية المستخدمة في إنتاج الجيلاتين اليوم هي عظام وجلود الماشية، وجلود الخنزير. ففي البداية تتم إزالة المواد الغريبة والدهون والالبومينات من خلال المعالجة الكيميائية والفيزيائية للحصول على كولاجين نقي. **[4]**

I .1.3.1. أشكال الجيلاتين:

بعد استخلاص الجيلاتين النقي من مصادره، يتم إنتاجه بأشكالٍ مُحدّدةٍ ليتناسب مع الاستخدامات المختلفة، وأهم هذه الأشكال هي:

•**الجيلاتين الورق:** وهي المادة التي يتم استخدامها في عمل الأطباق المالحة والحلوة، وعند استخدام هذه المادة يجب مراعاة الدقة في الكميات، حيث إن 20غم تعادل 3.5 ورقات من الجيلاتين، وهذه الكمية كافية لعمل كأسين من السائل. **[4]**



الصورة .I.2: الجيلاتين الورق **[4]**

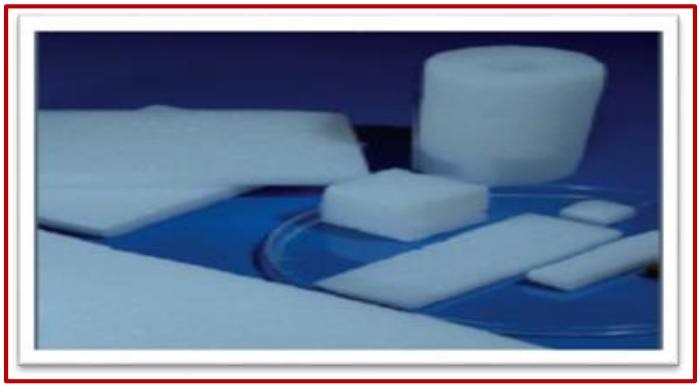
• **مسحوق الجيلاتين:** وتوجد على شكل بودرةٍ بيضاء موضوعةٍ داخل أكياس صغيرة أو عُلبٍ معدنية، وتتميّز بسرعة ذوبانها مقارنة بالجيلاتين الورق، كما أنها تُستخدم لعمل الأصناف الحلوة. **[4]**

الصورة .3.I: مسحوق الجيلاتين**[4]**

• **جيلي العلب تام التجهيز والمُحلّى:** ويوجد على شكل مسحوقٍ سريع الذوبان عند وضعه في الماء، ويتكوّن بشكل أساسي من خليط من السكر، بالإضافة إلى بعض الأحماض كالستريك، والطرطريك، والمواد المنكهة والملوّنة. **[4]**

الصورة .4.I: الجيلاتين العلب تام التجهيز والمحلى **[4]**

• **الجيلاتين الاسفنجي:** ويوجد على شكل اسفنجي بأحجام مختلفة سريع الذوبان عند وضعه في الماء.



الصورة .5.I : الجيلاتين الإسفنجي يتوفر في مجموعة متنوعة من الأشكال **[1]**

I.1.3.1. من الكالوجين إلى الجيلاتين:

هناك العديد من الطرق التي تستخدمها الصناعة لإنتاج الجيلاتين، الغرض الرئيسي من عملية إنتاج الجيلاتين هو تحويل الكالوجين غير قابل للذوبان في الماء الى جيلاتين قابل للذوبان في الماء، حيث يتم الحصول على الجيلاتين باستخدام سلسلة من ثلاث خطوات للمعالجة:

- **في الخطوة الأولى:** يتم غسل المواد الخام بالماء لإزالة الشوائب الواضحة ثم معالجتها بالقلويات والأحماض لإضعاف بنية الكالوجين عن طريق كسر الروابط المتداخلة داخل الجزيئات بما في ذلك الروابط التساهمية والهيدروجينية والتخلص من الشوائب الأخرى .

- **في الخطوة الثانية:** يتم التسخين في درجات حرارة دافئة لفترة من الزمن للتخلص من المياه.

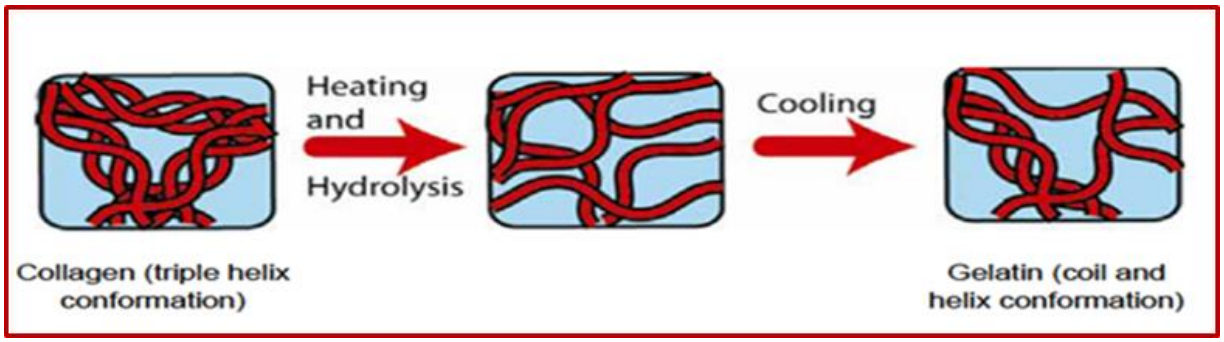
المعالجة الحرارية والتحلل المائي يؤديان إلى انهيار لا رجعة فيه للبنية الحلزونية الثلاثية. وبذلك يتم تشكيل لفائف الجيلاتين العشوائية، والتي يمكن أن تتجدد جزئيًا عند التبريد كما موضح في **الشكل:I.2 .**

- **في الخطوة الأخيرة:** يتعرض الجيلاتين المستخرج للفصل بعدة طرق بما في ذلك الترشيح، التبخر وإزالة الأيونات تليها التجفيف والطحن.

أي باختصار تكون المعالجة عبر:

إزالة الشوائب غير الكالوجينية ⟸ استخراج المياه لتحويل الكالوجين ⟸ إلى جيلاتين الحصول على الجيلاتين المجفف عالي النقاء.

يصنف الجيلاتين وفقا للحمض أو القاعدة المستخدم قبل الاستخراج. إذا تم استخدام محلول حمض كمذيب، يتم الحصول على نوع جيلاتين (عملية حمض) وفي حالة استخدام المذيبات القلوية يتم الحصول على نوع الجيلاتين(عملية القلوية) . **[6]**

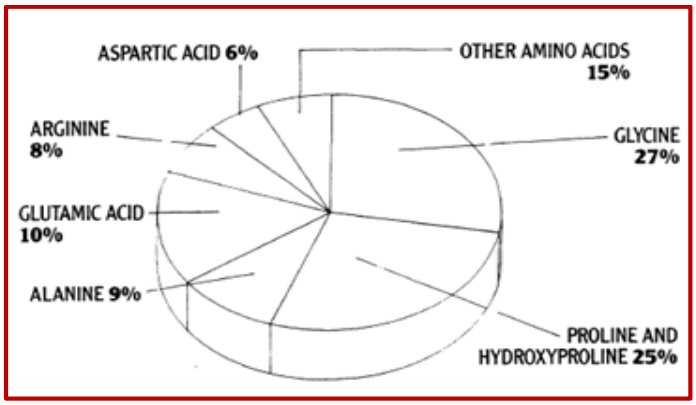


الشكل .I.2: عملية تمسخ الكولاجين للحصول على الجيلاتين **[5]**

2.3.1.I. بنية وتركيبة الجيلاتين:

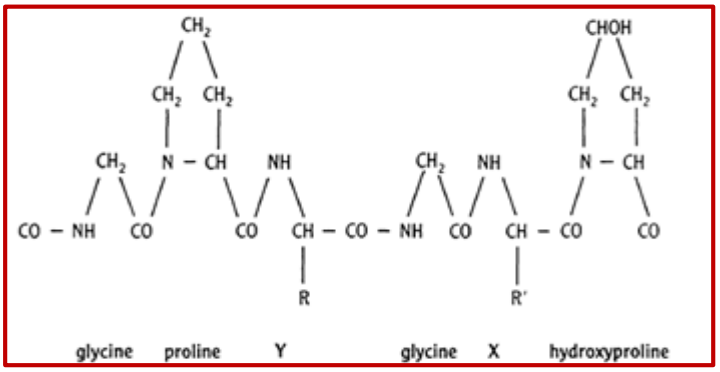
يشير اسم جيلاتين إلى مجموعة من جزيئات البروتين القابلة للذوبان في الماء **[7]**، والتي لها صلة في هيكلها ببروتين الكالوجين الذي يتم استخراج منه الجيلاتين، بحيث يتم التعامل مع الأنسجة التي تحتوي على كالوجين بالحمض أو القاعدة تليها المعالجة الحرارية في وجود الماء لكسر بنية الكالوجين للحصول على جيلاتين. **[8]**

إن المواد الخام المستخدمة في انتاج الجيلاتين تحتوي على مجموعة متنوعة من المواد التي هي مصدر الشوائب العضوية أو غير العضوية في الجيلاتين. فالبروتينات غير الكالوجينية والدهون والأحماض النووية من بين الشوائب العضوية كما تشمل الشوائب غير العضوية على المعادن مثل الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والحديد **[9]**، السمات المميزة للجيلاتين هي المحتوى العالي من الأحماض الأمينية الجليسين والبرولين والهيدروكسي برولين بالإضافة الى أحماض أمينية أخرى هي غلوتاميك اسيد، ألانين، ارجنين، أسبار تيك اسيد، ليزين، لوسين، فالين، فنيل ألانين، تريونين، إيزولوسين، ميتيونين، هيستيدين، تيروزين، سيرين، سيستين و سيستئين **[10]**،كما هو موضح في **الشكل (3.I).**



الشكل .3.I: تركيبة الأحماض الأمينية للجيلاتين **[7]**

يتأثر الجيلاتين بشدة بالوجود المنظم للجليسين واحد من بين الأحماض الأمينية الثلاث، ووفرة الأحماض الامينية البرولين وهيدروكسي برولين . إن تسلسل الأحماض الأمينية جليسين -X -برولين وجليسين -X - هيدروكسي برولين(حيث x هي بقايا حمض أميني)هو المسؤول عن التركيب الحلزوني الثلاثي في الكالوجين **[1]** كما موضح في الشكل I.4.



الشكل .4.I: سلسلة لهيكل الجيلاتين (التكوين الكيميائي للجيلاتين) **[7]**

I.3.3.1. مصدر الجيلاتين

يمكن تصنيع الجيلاتين من عدة مصادر مختلفة من الكالوجين. حيث تعتبر عظام الماشية والجلود المصادر الرئيسية لذلك وهي تمثل نسبة 70% من الجيلاتين، كما يمكن أن يأتي من مصادر زراعية وغير زراعية. مثل الأعشاب البحرية. **[6 -11]**

• **جيلاتين الثديات:** يستمد من الكالوجين الذي هو المكون الرئيسي للأنسجة الضامة وعظام الحيوانات الفقارية.

دراسة لنوعين مختلفين من جيلاتين الثديات أي من الأبقار(نوع)A أو الخنازير (نوع)B، فقد كشفت المصادر أن كلا المصدرين يحتويان على مكونات ذات أوزان جزيئية مختلفة وأظهرت النتائج أيضا وجود علاقة قوية بين متوسط الوزن الجزيئي وقوة الهلام للجيلاتين مع نقاط الانصهار الكهروضوئية العالية، جيلاتين الثديات (الخنازير والابقار) هما الأكثر شعبية ويستخدمان على نطاق واسع. **[6]**

•**جيلاتين الأسماك:** يمكن الحصول على جيلاتين الأسماك من جلود وعظام الأسماك. حيث أن النفايات الناتجة من معالجة الأسماك بعد التعبئة يمكن أن تمثل 75% من إجمالي وزن الصيد و30% من هذه النفايات تتكون من جلود وعظام الأسماك والتي تحوي على نسبة عالية من الكالوجين وبالتالي يمكن استخدامها لإنتاج الجيلاتين.

قد يوفر استخلاص الجيلاتين من جلود الأسماك مصدر حلال بديل عن المنتجات اليهودية مثال على ذلك:

- **جيلاتين غراء السمك:** يسمى بالإنجليزية(Isinglass) : والذي يتم استخراجه من مثانة السمك الهوائية لنوع معين من أنواع السمك.**[6-11]**

•**جيلاتين الحشرات:** يعتبر جيلاتين الحشرات مصدرا بديلا ومقبولا لمنتجات المسلمين. **[6]**

•**جيلاتين الدواجن:** يمكن اعتبار الدواجن أحد مصادر الكالوجين الذي هو مصدر الجيلاتين بسبب توفرها ورخص ثمنها حيث ان عدم استغلال المخلفات يؤدي إلى تكتلها بكميات كبيرة، ونظرا لأن هذه المخلفات ذات قيمة غذائية عالية، وبالتالي استخدمت كبديل لمصادر أخرى لتلبية احتياجات الأسواق التي ليست قابلية لجيلاتين البقر.

كما وتوجد أشكال أخرى للجلاتين لتلبي احتياجات،منها: **[11-12]**

•**جيلاتين نباتي:**

•**الأجار:** عبارة عن أعشاب بحرية مجففة تُباع في كتل ومساحيق، تتمتع أجار بخصائص إعداد أقوى من الجيلاتين.

•**الكاراجين:** والمعروف أيضاً باسم الطحلب الإيرلندي.

•**الغشاء المشطي:** والذي يتكون بشكل طبيعي في أصناف الفواكه والخضار والذي يستخدم في تحضير المواد الحافظة. **[11]**

I.4.3.1. مراحل استخلاص الجيلاتين:

وتتضمن عملية استخلاص الجيلاتين من الكالوجين ثلاث مراحل رئيسية:

- **المرحلة الأولى:** عملية أولية وذلك حتى تصبح المادة الخامة جاهزة لخطوة الاستخلاص، يتم فيها إزالة الشوائب والتي من الممكن أن تؤثر على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمنتج النهائي للجيلاتين.

- **المرحلة الثانية:** عملية الاستخلاص تتم عن طريق إضافة الماء الساخن أو محلول مخفف من الأحماض المخففة من أجل حدوث تحلل مائي جزئي للكالوجين.

- **المرحلة الأخيرة:** وتتضمن عمليات التنقية والتصفية والتبخير والتعقيم والتجفيف والطحن.

يحدث تحول الكالوجين غير قابل للذوبان في الماء الى جيلاتين القابل للذوبان في الماء عن طريق تحطم بعض الروابط الداخلية أو الخارجية في الكالوجين وبالتالي فإن الجيلاتين المتحصل عليه هو عبارة عن بروتين ذو وزن جزيئي أقل من الكالوجين. **[13]**

I.5.3.1. تصنيع الجيلاتين بعملتي الحمضية والقلوية:

هناك نوعان رئيسيان من الأساليب المختلفة لمعالجة الجيلاتين وهما العملية الحمضية(نوع A)والعملية القلوية (نوع B) .

***العملية الحمضية (نوع الجيلاتين -A):** حيث أن المادة الخامة الرئيسية هي جلود الخنازير تجرى للكالوجين معاملة أولية بالأحماض لمدة 24 ساعة ثم بعدها يصبح الجيلاتين قابل للاستخلاص وهو يؤمن اللدونة والمرونة.

***العملية القلوية (نوع الجيلاتين -B) :**حيث أن المادة الخامة الرئيسية هي جلود و عظام الأبقار تجرى للكالوجين معاملة أولية بالقلويات لمدة تصل إلى عدة ساعات ثم بعدها يصبح الجيلاتين قابل للاستخلاص. وهو يؤمن قوة هلام عالية. **[13] [14]**

I.6.3.1. خصائص الجيلاتين:

- الجيلاتين عديم الطعم والرائحة وغير منحل في المذيبات العضوية بينما ينحل في الغليسيرين والحموض والقلويات، ويذوب في الماء الساخن وينتبج الجيلاتين ويلين في الماء البارد.

- الهلام يتشكل عند درجات حرارة بين (40°C-35°C)، أما في درجات الحرارة الأكثر من 40°C فإنه يذوب ويشكل محلول.

- للجيلاتين خصائص كيميائية حيث يتفاعل مع الحموض والأسس والألدهيدات والسكاكر الألدهيدية والشوارد المعدنية والمواد الحافظة.

- ترتبط الخصائص التقنية الوظيفية للجيلاتين بالبنية، حيث تزداد قوة الجيلاتين بزيادة الوزن الجزيئي وعدد الأحماض الأمينية، كما وتزداد قوة الهلامية واللزوجة كذلك وفقا للوزن الجزيئي وتركيبة الأحماض الأمينية

- أهم الأحماض الأمينية الداخلة في إعادة ترتيب وحدات الجيلاتين هما البرولين وهيدروكسي البرولين

- الخاصية الأكثر أهمية للهلام المشكل مع الجيلاتين هي انعكاسه الحراري و درجة انصهار الهلام (اقل من 35C°) والتي هي أقل من درجة حرارة الجسم البشري ، والذي يعطي المنتج الغذائي خصائص معينة.

- بعد التبريد تحدث ظاهرة الهلامية وهذا هو أحد أهم الأسباب الرئيسية لاستخدام الجيلاتين من طرف الصناعات.

- يستخدم الجيلاتين كعامل رغوة ومستحلب في المنتجات الغذائية والصيدلانية والطبية بسبب خصائصه.

- أظهرت الدراسات على أن الجيلاتين قادر أن يكون عبارة عن عامل ثبات في المستحلبات زيت-ماء.

يمكن تقسيم الخصائص الوظيفية للجيلاتين إلى فئتين:

- ترتبط خصائص الفئة الاولى بالهلامية وبصفة خاصة القوة الهلامية، زمن الهلامية، اللزوجة، التركيبة، والقدرة على تحمل الماء.

- ترتبط خصائص الفئة الثانية بسلوك الهلام وفقا لخصائص السطح على سبيل المثال: الثبات، الرغوة والقدرة على تشكيل شرائط. **[14] [15]**

1.II. عموميات حول التآكل وطرق الحماية منه:

▪ مدخل:

التآكل كلمة لها مدلول كبير كونها ظاهرة تتعرض لها مختلف المواد وعلى رأسها المعادن حُيث لا تخلو الصناعة من مخاطره، كماٌيعتبر أهم المشاكل التً تهدد الاقتصاد العالمًي فالصناعات البترولٌية خاصة صناعة تكرير البترول، والنفطٌية هي بلا شك الاكثر تضررا، وتجدر الاشارة إلى أن غالبية الدول العربٌية وعلى رأسها الجزائر تعتمد في اقتصادها على الصناعات البترولية والنفطية .

ومع أن القضاء على هذا المشكل مستحيل إلا أن العلماء توصلوا إلى إمكانية الحد من مخاطره وأضراره باستعمال مثبطات التآكل ولقد شهد استخدام المثبطات تطورا سريعا فًي السنوات الاخيرة وفي مختلف المجالات **[16]** .

1.1.II. تعريف التآكل:

يُعرف التآكل Corrosion بأنه تلف المادة (معدن) نتيجة لتفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط المحيط به، أو يعرف بأنه عمليه تلقائية طبيعية يتم فيها أعادة المعدن إلى حالتهُ الطبيعية الثابتة (الحالة الخام) التي كان عليها في الطبيعة قبل استخلاصه وهو تفاعل غير عكوس. هذا ويخطئ البعض عند استخدام التعبير صدأ بدال من التآكل، فالصدأ هو المادة الناتجة عن تآكل الحديد (أكاسيد الحديد) فقط. **[17-19] .**

ويمكن أن يعرف أيضا:

بتعمق نوعية المادة وطبعتيها الفيزيائية والكيميائية منها:

- تدمير المعدن عن طريق التفاعل الكيميائي أو الالكتروكيميائي.

- تلف المعدن تحت تأثير حث أو فعل ميكانيكي.

- بقايا المواد (عموما المعادن) بسب التفاعل مع المحيط.

- فقدان المادة خصائصه الفيزيائية والكيميائية الناتجة عن تفاعله الكيميائي وله عدة مظاهر منها:

• تحول الفولاذ إلى صدأ.

• ظاهر الاكسدة بوجود النحاس.

• تأثير الحمض على الانابيب بلاستيكية.

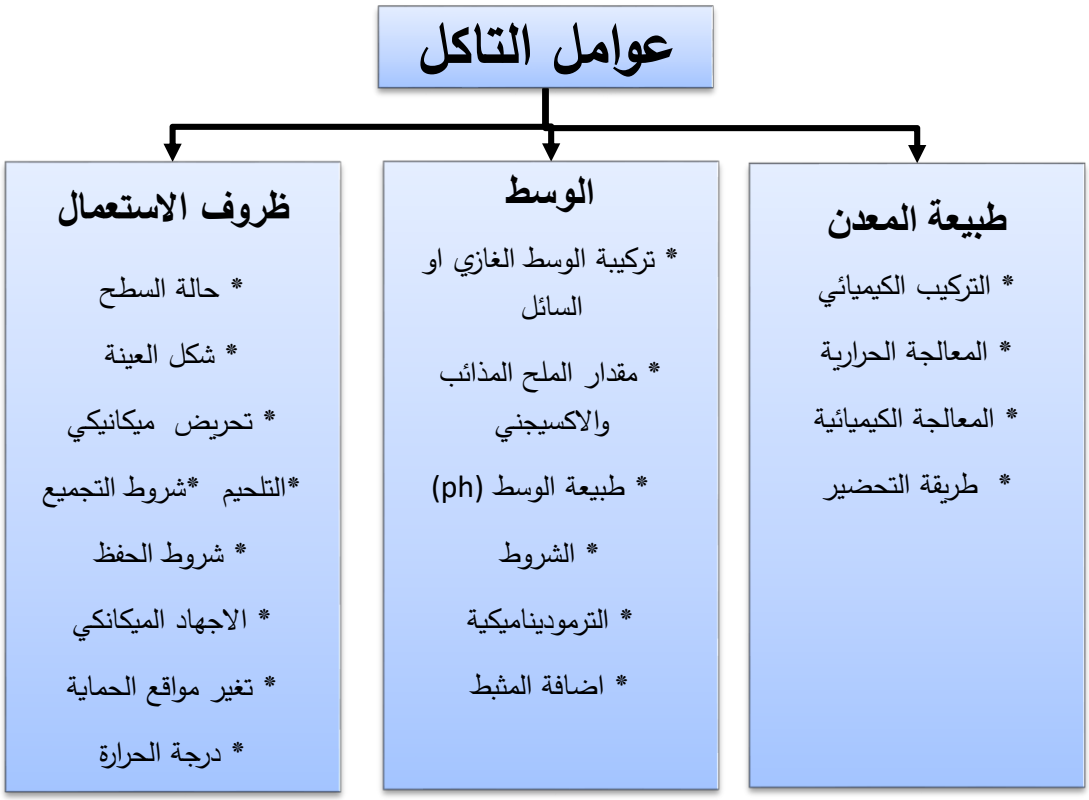
• مرور تيار غازي ساخن على سطح سبيكة.

• شبه تشقق بوجود الامونياك.

وعليه يمكن القول بأن التآكل هو تفاعل سطحي كيميائي أو كهروكيميائي مع الوسط. يفقد هذه المادة – عموما المعادن- خواصه الفيزيائية او الكيميائية **[36]**.

2.1.II العوامل المؤثرة في التآكل:

العوامل التي تؤدي الي التآكل كثيرة، وهي مرتبطة بطبيعة المعدن والوسط المحيط وكذلك بشروط استعمال هذه المادة ونلحص اهم العوامل التآكل في المخطط التالي **[20-22]:**



الشكل .I.5: مختلف عوامل التآكل

II.3.1. التقسيم العام للتآكل:

يقسم التآكل حسب الوسط الذي يحيط به سواء أكان رطب أو جاف، تآكل مباشر أو غير مباشرو حسب الحالة الفيزيائية لوسط التأكل غازي أو سائل، موقع التآكل (متجانسا وموضعي) **[23].**

II.3.1.1. التآكل الجاف والرطب:

. التآكل الرطب:

يكون في وسط سائل ودرجة الحرارة عادية، مثال تفكك الفولاذ في وجود الماء **[23].**

. الجاف التآكل:

فهو تآكل في عدم وجود الرطوبة (مادة سائلة)، فالتآكل الجاف يكون في درجات حرارة مرتفعة كتآكل الفولاذ تحت تأثير تيار من الغاز المضغوط **[23].**

2.3.1.II. التآكل المباشر وغير المباشر:

التآكل المباشر:

هو التآكل الناجم عن تفاعل المعدن مع أحد العناصر غير المعدنية مثل بخار الماء، الاكسجين، الكلور في حالة التآكل الجاف**[23]** مثال :

$$2Fe + O_2 \longrightarrow 2FeO \quad \text{.....(1.II)}$$

Acier Oxygéne Oxydeferreux

3.3.1.II. التآكل الالكتروكيميائي:

هذا النوع من التآكل يتبع الطريقة الالكتروكيميائية حيث يتفاعل وفق معادلتين، يتم فيهما التبادل الالكتروني وفق المعادلتين التاليين **[24]:**

$$\text{métal} \rightleftharpoons \text{Cations métallique} + \text{électron} \quad \text{.....(2.II)}$$

4.1.II. أشكال التآكل:

لقد أعطى العلماء عدة أقسام وأشكال للتآكل وذكرت في معظم الكتب التي تدرس هذه الظاهرة وذلك حسب المصدرف:

Fatana وGreene إلى إحدى عشر شكالا, أما Brucetraigإلى ثلاث أقسام والى ثلاثة عشر شكل من طرف (L'amerion society for metals ASM:) والى إثنان وعشرون شكالا وخمسة مجموعات مختلف وفي هذه التقسيمات الاخيرة تم إعطاء الاشكال في الحالة الغازية وفي حالة درجات الحرارة المرتفعة واعتمد في ذلك لعدة عوامل منها **[24]:**

- المكونات الكيميائية والبنية المجهرية.
- المكونات الكيميائية للمحيط.
- العوامل الفيزيائية (درجة الحرارة، المحيط...).
- الحالة الميكانيكية للمعدن (وجود تصدع.....).
- العوامل البيولوجية.

ويمكن إعطاء اهم أشكال التآكل وهي **[23]**:

- التآكل المتجانس أو التآكل المعمم
- التآكل الغلفاني أو التآكل بين معدنين.

- التآكل الموضعي.

- التآكل باختلاف التركيز.

- التآكل ألحثي التآكل بين الحبيبات. والإزالة المختارة. والتآكل التشققي.

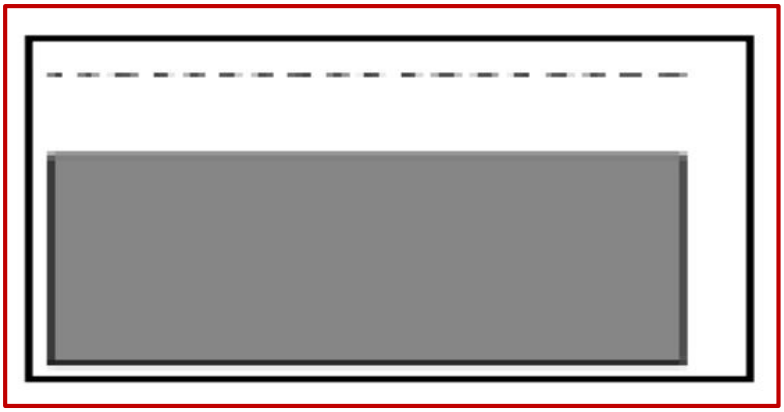
وهذه الاشكال يمكن تقسمها إلى ثلاثة مجموعات كما يلي **[24]:**

- **المجموعة الأولى:**

تحوى كل أنواع التآكل الذي يمتاز بالانتشار على مستوى السطح كليا و منها:

1- التآكل المتجانس أو التآكل المعمم:

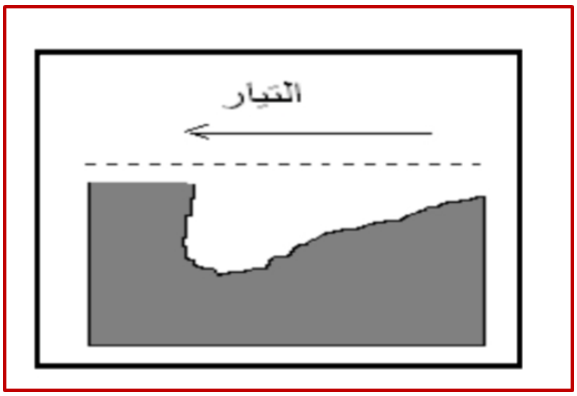
هو الشكل الاكثر انتشار وينتج عـادة من تفاعل إلكترو كيميائي أو الكيميائي حيث يكون متجانس على السطح: **[24]** كما في **الشكل:6.I** .



الشكل .6.I: رسم تخطيطي لتآكل المعمم **[24]**

2- التآكل الغلفاني أو التآكل بين معدنين:

عند وجود معدنين مختلفين ووجـود محيط ناقل فاختلاف جهد المعدنين يعطي تدفق تيار، التآكل عموما يكون على المعدن الاقل مقاومة **[23]** كما في **الاشكال : 7.I, 8.I, 9.I, 10.I.**

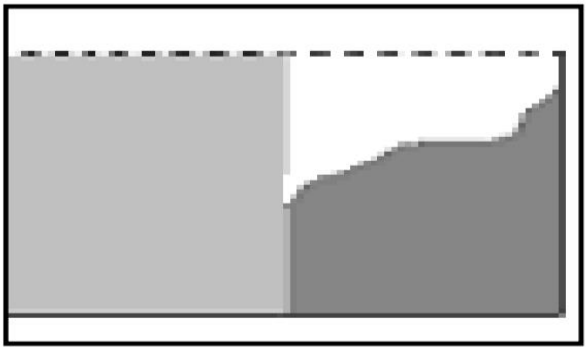


الشكل .7.I: رسم تخطيطي لتآكل الغلفاني **[23]**

يحدث التآكل الغلفاني في أماكن غير متوقعة، كما يمكن أن ينعكس الفعل الغلفاني عند وجود أوساط تغيرات مختلفة، فعند وصل الفولاذ والزنك يتآكل الزنك لكن الفولاذ يبقى محميا أما عند ارتفاع درجة الحرارة (C82°)يتآكل الفولاذ بدل الزنك.

الشكل .8.I: تآكل غلفاني لانبوب من فولاذ **[23]**

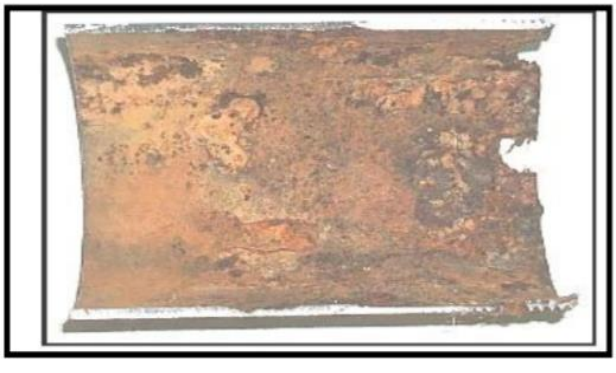
ممكن أن يكون التآكل الغلفاني مفيدا وله تطبيقات مرغوب فيها، فالخلايا الجافة والبطاريات تعطي قدرتها بالفعل الغلفاني، وأيضا الحماية الكاثودية تعتبر تطبيقا مفيدا لهذا التآكل **[25]**.



الشكل .9.I: تآكل غلفاني لالمونيوم بالبرونز **[25]**

3- **تآكل اختلاف التراكيز أو البيلة:**

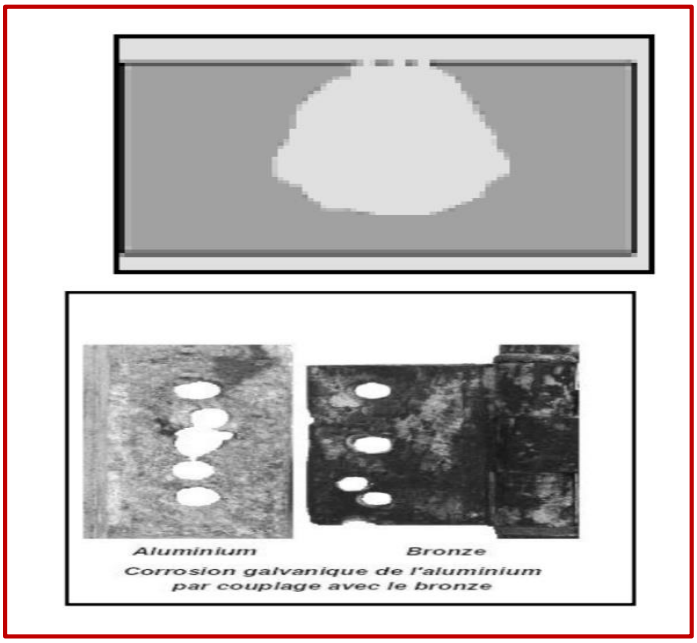
وهو ناتج عن بيلة(أنود –كاتود) حيث تتكون على سطح المعدن في منطقتين مختلفتين، كما يمكن أن تشكل البيلة بين المعدنين وهو حالة التآكل بين معدنين أو غلفاني **[23].**



الشكل .10.I: تآكل غلفاني لبرونز **[23]**

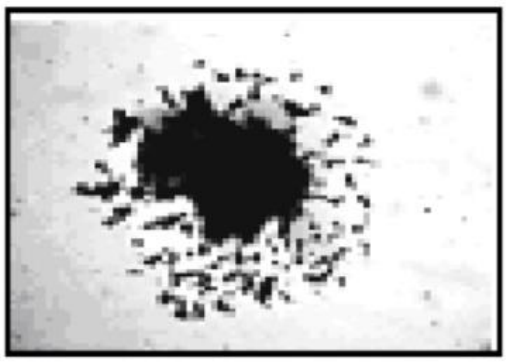
4- التآكل الموضعي:

ويتضمن كل أنواع التآكل التي لا تمتاز بانتشارها على كافة السطح وأشهر هذه الانواع التآكل بالنقر هو ناتج عن بعض المواد الاسيما الكلور حيث يمتز على سطح الطبقة الرقيقة المتكون من أكسيد الحديد إذ يلعب دور إلكترو محفز فتشكل ثقوب أو ما يعرف كذلك بالكهوف، حيث أقطارها من رتبة مكرو **[24].**

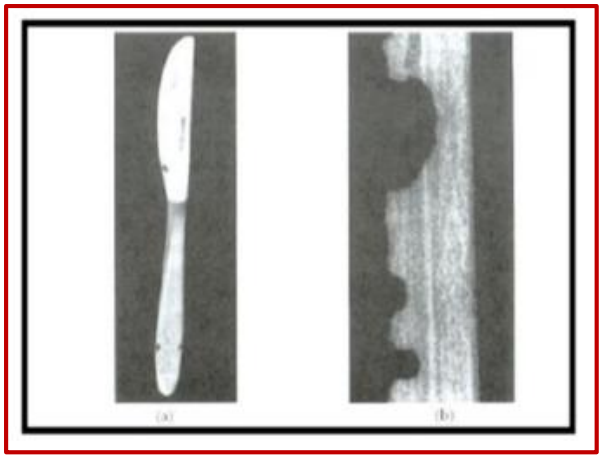


الشكل .11.I: رسم تخطيطي التآكل النقر**[24]**

وهذا النوع من التآكل من الصعب التعرف عليه في المخبر لانه يظهر الا بعد مرور زمن طويل تعد بالسنوات والأشهر، إلا أنه الأكثر انتشارا في المناطق الصناعية **[23]**، أنظر **في الاشكال : 13.I, 12.I, 14.I.**



الشكل .12.I: صورة لتآكل بالنقر لفولاذ **[23]**



الشكل .13.I: تآكل بالنقر لسكينة **[23]**

- **المجموعة الثانية:**

- **التآكل التجويفي:**

التآكل التجويفي ظاهرة تكون الحفر والتجاويف في المعادن بتأثير سائل سريع الحركة على سطح المعدن**[26].**

الشكل .14.I: صورة انابيب متآكلة **[26]**

2.II. الحماية من التآكل:

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

1.2.II. الحماية بالتصميم المناسب :

بما أن التصميم هو الخطوة الاولى لتحقيق المشروع، فإنه ذو أهمية كبرى لتفادي حدوث معظم أنواع التآكل، وهو يشمل عدة نواحي نذكر منها : **[17]**

1.1.2II. الحماية بالتصميم المناسب من ناحية البيئة:

- الطبيعية الجغرافية للبيئة : التهوية والمياه والتربة يختلف تأثيرها بإخلاف نوعها ومناط تواجدها. **[17]**
- الاوساط الكيميائية: تختلف الانواع الكيميائية المستخدمة بإخلاف الاوساط الكيميائية فالمعادن المستعملة لتفادي التآكل في مياه البحر تختلف عن المستعملة لتفادي التآكل في الوسط الجوي. **[17]**
- الاوساط الاخرى: مثل التحام المواد المعدنية مع المواد الغير معدنية مثل الخشب، البلاستيك... **[17]**

2.2.II. الحماية باستخدام الطلاء:

يعد الطلاء احد انواع الحماية من التآكل ويختلف باختلاف انواعه وتتمثل الحماية باستخدام الطلاء في تكوين طبقة حماية على سطح المعدن مما يمنع اتصال سطح المعدن بالوسط الاكال. **[27] [28]**

3.2.II الحماية المهبطية:

1.3.2II. تعريف الحماية المهبطية:

هي عملية حقن مستمر للمعدن المراد حمايته، بالإلكترونات السالبة، ليكون مهبطا ويصبح القطب المقابل له في نفس الوقت مصعدا. **[27]**

II 2.3.2. طرق استعمال الحماية المهبطية:

4.2II.الحماية باستخدام تيار كهربائي مسلط:

هذه الطريقة تعتمد على تمرير تيار كاثودي معاكس لتيار التآكل. **[27]**

5.2II. الحماية باستخدام مبدأ التضحية:

تتم باستعمال معادن نشطة مثل الالمنيوم والماغنيسيوم بحيث تمثل هذه المعادن مصعدا إذ تم وصلت بالمعادن الاخرى مثل الحديد والنيكل في بيئة واحدة، أي أنها تتضحي بنفسها وتتآكل بدلا من المعدن المراد حمايتها. **[27] [29]**

6.2II. الحماية المصعدية:

1.6.2II. تعريف الحماية المصعدية:

وتتمثل في تسليط تيار خارجي مصعدي على سطح المعدن المغمور في المحلول الموصل، لتحويل تيار التآكل إلى منطقة السالبية **[27] [29]**.

II.7.2. الحماية باستخدام مثبطات التآكل:

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

II.7.2.1. أنواع المثبطات:

- ✓ المانعات الممتزة.
- ✓ الكاسحات.
- ✓ معيقات انطلاق الهيدروجين.
- ✓ المركبات المؤكسدة **[17] [19]**.

III. الحماية بالمثبطات:

III.1. تعريف المثبط:

المثبط هو مادة كيميائية عندما تضاف بتراكيز قليلة الى وسط معين فإنها تعمل بفعالية عالية على تقليل او منع تفاعل المعدن مع ذلك الوسط.

الاهمية الاساسية لمثبطات التآكل تمكن في حفظ المعدن ولكي يكون استعمال المثبطات مجدي ومؤثر يجب ان تكون ملائمة للوسط المعني واقتصادية بالنسبة للعملة وتساهم بأكبر قدر من التأثير المرغوب فيه **[30].**

ويمكن حساب النسبة المئوية لكفاءة المثبط **(IE%)** كما يلي :

1. عندما يقاس معدل التاكل بالاعتماد على طريقة الوزن المفقود

$$\mathbf{IE\%}=\frac{W_{UN}-W_{IN}}{W_{UN}}100\% \quad \text{..... (1. III)}$$

حيث : W_{UN} الوزن المفقود في غياب المثبط W_{IN} : الوزن المفقود بوجود المثبط .

2. عندما يقاس معدل التآكل بالاعتماد على طريقة الاستقطاب:

$$IE\%= \frac{\mathbf{Lc_{un}}-\mathbf{Lc_{in}}}{\mathbf{Lc_{un}}}100\% \quad \text{..... (2. III)}$$

حيث : Lc_{un}كثافة تيار التاكل في غياب المثبط , Lc_{in}:كثافة التيار بوجود المثبط **[30].**

أو هي مركبات كيميائية تضاف إلى الأوساط من أجل تخفيض سرعة التآكل وتحسب معدل الفاعلية بالعلاقة التالية حيث: **[24]**

$$R\% =\frac{\mathbf{V_0}-\mathbf{V}}{V}100 \quad \text{.....(3. III)}$$

R %:معدل الفاعلية المثبط .

V_0 : السرعة بدون المثبط **V:**السرعة بوجود المثبط

وهناك تعريف ثالث:

هي كل مادة تضاف بكمية قليلة جدا تقدر بـ 1 ppm إلى 1000 ppm في واحد لتر إلى الوسط لآكال لغرض خفض أو إزالة التأثير التآكلي لهذا الوسط ، دون إحداث أي تغير في خصائص المعدن أو الوسط أو نتائج التفاعل **[31].**

معظم المثبطات تم تطويرها تجريبيا، لذلك فان المعلومات المتوفرة عليها ناقصة كما أن تأثيرها كمثبط للتآكل غير معروف بدقة **[32].**

2.III تصنيف المثبطات:

تصنف المثبطات حسب عدة عوامل أهمها: **[24]**

- مجال التطبيق.

- آلية التفاعل.

- تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية.

- طبيعتها.

• **مجال التطبيق:** يمكن تمييز ما يلي:

- في الاوساط المائية:

يمكن أن نميز نوعين:

- المثبطات المستخدمة في الاوساط الحمضية والتي يمكنها منع عملية الهجوم الكيميائي على سطح المعدن عند تنظيفه.

- المثبطات المستخدمة في الاوساط المعتدلة.

1.2.III. في الاوساط العضوية:

تستعمل كميات معتبر من مثبطات التآكل في زيوت تشحيم المحركات والوقود.

2.2.III. الاوساط الغازية:

عموما تستخدم المثبطات في الاوساط الغازية من أجل حماية الاجهزة الدقيقة والحساسة وكذلك القطع الإلكترونية أثناء نقلها أو تخزينها، لحمايتها من التآكل الذي يمكن أن يسببه الهواء الجوي **[31]:**

• تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية.

في هذه الحالة يمكن تمييز ثلاثة أنواع من المثبطات:

-المثبطات المصعدية.

-المثبطات المهبطية.

-المثبطات المختلطة.

1. المثبطات المصعدية (الانودية):

هي مركبات تؤدي إلى تغطية المناطق المصعدية في المعدن (المناطق المتآكلة). وتتحد هذه المركبات مع شوارد الحديد الثنائي، لتشكل رواسب تؤدي إلى سد المنطقة المتآكلة. **[33].**

تؤدي المثبطات المصعدية إلى انخفاض شدة التيار الجزئي المصعدي وتزيح كمون التآكل إلى الاتجاه الموجب**[31].**

2. المثبطات المهبطية (الكاثودية):

هي مركبات إلكتروفيلية لها الميل لاكتساب الالكترونات، تؤدي إلى تغطية المنطقة المهبطية من المعدن....

وتحدث لها عملية امتزاز على هاته المنطقة. أما الجزء الهيدروكربوني الجاف يشكل الطبقة الواقية للمنطقة المهبطية. **[33].**

وتؤدي المثبطات الكاثودية إلى تخفيض شدة التيار الجزئي الكاتودي، وتزيح كمون التآكل إلى الاتجاه السالب. **[31].**

3. المثبطات المختلطة:

تؤدي المثبطات المختلطة إلى خفض سرعة التفاعلين المصعدية والمهبطية مع تغير طفيف في كمون التآكل **[31].**

3.III. آليات التفاعل:

حسب آلية التفاعل، يمكن أن نميز التثبيط بما يلي:

- بالامتزاز:

في هذا النوع تكون المثبطات عبارة عن مركبات عضوية تضاف إلى الوسط التآكلي، فيحدث اليا امتزاز على سطح المعدن المعرض لتآكل فتمنعه من تفاعل مع الوسط **[32].** ويمكن أن يكون الامتزاز:

• **امتزاز فيزيائي:**

في هذا النوع من الامتزاز آت يرتبط الجزئي الممتز بسطح الجسم الماز بقوى ذات طبيعة فيزيائية مثل Vander Waalsوبالتالي فإن قوى الترابط تكون ضعيفة حيث أن كمية الطاقة لا تتجاوز 10 كيلو حريرة/ مول, كما أن الامتزاز الفيزيائي ينقص بدلالة ارتفاع درجة الحرارة **[34].**

• **إمتزاز كيميائي:**

في حالة الامتزاز الكيميائي فإن الجزئي يلتصق بالسطح وبذلك يشكل رابطة كيميائية تكون عادة من النوع تساهمية (تكافؤية) وأن طاقة الارتباط تكون أكبر من طاقة الارتباط الفيزيائية وقيمتها تقارب 20 كيلو جول / مول وانه يمكن للجزئي الممتز أن يفقد هويته الكيميائية **[34].**

- **بالخمولية:**

هي مركبات تتفاعل مع سطح المعدن مكونة أكاسيد خاملة كيميائيا اتجاه الوسط الاكال.

- **بـالترسيـب:**

في بعض الحالات تشكل أملاح تترسب على سطح المعدن هي أملاح لمركبات عضوية شحيحة الذوبانية، فيتكون شريط واقي للسطح **[24].**

- **بإزالة العنصر الاكل:**

يعمل هذا النوع من المثبطات على ازالة العامل المساعد على التآكل ودالك بالتفاعل الكيميائي مع هدا العامل ومن اهم انواع هده المثبطات كبريتيد الصوديوم والهيدرازين**[32].**

III.4. الخصائص الأساسية للمثبطات:

- يجب أن يخفض من معدل التآكل للمعدن مع الاحتفاظ بالخصائص الفيزيائية والكيميائية للمعدن.

- يجب أن يكون مستقرا في وجود المكونات الاخرى للوسط.

- أن يكون مستقرا في وجود درجة حرارة الوسط.

- أن يكون فعالا عند تراكيز منخفضة.

- يمكن استخدامه للحماية الدائمة.

- أن يكون متوافقا مع مقاييس اللاتسمم **[35].**

III.5. العوامل المؤثرة في المثبيطات:

كفاءة المثبطات تعتمد على عدة عوامل معتمدة على نوعية المثبطات وميكانيكية عملها.

أن سطح المعدن، نعومته وخشونته، والتركيب الكيميائي للمعدن وشكل المعدن لها تأثير على كفاءة عمل المثبط فضلا على العاملين الاساسين نوعية المثبط والمحيط. وفيما يلي اهم العوامل المؤثرة في كفاءة عمل المثبطات:

- درجة الحرارة.

- تركيز المثبط.

- حركة الوسط.

- تأثير الاكسجين. **[30]**

1.IV. الفولاذ كربوني:

الفولاذ الكربوني او الصلب الكربوني هو سبيكة معدنية تتكون بصورة رئيسية من الحديد ونسب ضئيلة من العناصر الاخرى مثل الكربون , النحاس ,المنغنيز ,السليكون ،وان خصائص الفولاذ تعتمد على كمية الكربون حيث ان معظم الفولاد الكربوني يمتلك محتوى كربوني اقل من 1 % الفولاذ الكربوني يستخدم في الكثير من التطبيقات الصناعية حيث يدخل في صناعة ،السيارات ،السفن، سكك الحديد ،صناعة المعدات الحربية وغيرها من الصناعات، بالإضافة الي استخداماته في صناعة الاجهزة المنزلية بسبب ما يتمتع به من ميزات منها الكلفة القليلة والمتانة القوية، ويستخدم ايضا في تصنيع اوعية التفاعل (reaction vessels) وصهاريج التخزين (storage tanks) في المنشآت البترولية.

يعرف المعهد الامريكي الصلب الكربوني على النحو التالي: «يعتبر الصلب صلبا كربونيا، عندما لا يكون مطلوبا حدا ادنى مضافا الى الحديد (AISI)والصلب وزن سبيكة الصلب من احد العناصر الكروم او الكوبالت او النيوبيوم او النيكل او التيتانيوم او التنغستن او الفاناديوم او اي عنصر اخر للحصول على خاصية مطلوبة في تلك السبيكة والا تتجاوز نسبة النحاس 0.40%، او ايضا لا يتجاوز محتوى المنجيز 1.65% ووالسيليكون 0.60%.». **[37]**

2.IV. أنواعه:

- الصلب المنخفض والمعتدل الكربون.

- الصلب متوسط الكربون.

- الصلب عالي الكربون.

- الصلب فائق الكربون. **[37]**.

- **التركيب الكيميائي للمعدن الفولاذ الكربوني X52:**

تمت دراستنا على قطعة فولاذ كاربوني X52 أسطوانية وصلت بسلك نحاسي ولفت بشمع من كل جوانب الأجزاء سفلية والذي هو سطح دراسة التركيبة الكيمائية للفولاذ الكاربوني X52 مقدرة بالنسبة المئوية الوزنية:

الجدول I.1: التركيب الكيميائي للمعدن الفولاذ الكربوني X52 المدروس. **[11]**

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Ai
0.1038	0.1261	0.971	<0.0021	0.0021	<0.0100	<0.005	<0.0050	0.0320
Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Sn	Fe	
0.0500 <	0.0100 <	0.0419	0.0025	0.005 <	<0.0500	0.0050 <	<98.7	

- **الخواص الفيزيائية للفولاذ الكاربوني X52 :**

الجدول I.2: الخواص الفيزيائية للفولاذ الكاربوني X52. **[38]**

درجة API 5L	قوة الغلة *دقيقة (Ksi)	قوة الشدة *دقيقة(Ksi)	العائد الي نسبة الشدة (اقصى حد)	استطالة *دقيقة %1
X52	52	66	0.93	21

- **الخواص الميكانكية للفولاذ الكاربوني X52 :**

الجدول I.3: الخواص الميكانيكية للفولاذ الكاربوني X52. **[38]**

Etat	Acier X	
	X52-A	X52-B
Re [MPa]	359	486
Rm [MPa]	455	610
A[%]	33.7	22.6
Re/Rm	0.789	0.796
HV	136.3	190
KVo°[J]	196	218

Re : قوة الخضوع [MPa]

Rm : قوة الانهيار [MPa]

KV : المرونة [J]

A : الاستطالة عند الكسر [%]

HV : صلابة فيكرز. [38]

1.2.IV. استخداماته:

ستخدم أنابيب الصلب أساسًا لتصنيع خطوط أنابيب لنقل النفط والغاز. شبكة أنابيب النفط والغاز هي القناة الأكثر ملاءمة وأمانًا التي تربط منطقة الموارد ومنطقة السوق. إن بنائه السريع لن يخفف فقط من ضغط النقل بالسكك الحديدية، بل سيساعد أيضًا في ضمان الإمداد لسوق بالنفط والغاز وتحسين درجة وأمن الطاقة في العالم **[37]**

2.2.IV. فوائده:

- استعماله في نقل الغاز والماء والنفط
- مقاوم لانتشار الشقوق
- رخص ثمنه
- مقاومته لضغوط المواد البترولية العالية
- مقاومته للصدى والتآكل ودرجات الحرارة العالية
- طول عمره وسهولة استخدماته
- سهل الانتاج وغير مكلف
- انابيب طويلة فعالية النقل. **[37]**

• مراجع الفصل الأول:

▪ مراجع بالعربية:

[2] م. أبو حسن وأحمد مالو 2014 شروط استخلاص الكولاجين من جلود كل من الأبقار والأغنام والدجاج والمقارنة بينها

[3] ح. وضاح معيبد. (2011). دراسة العوامل المؤثرة في استخلاص الجيلاتين. مجلة علوم المستنصرية, 22(6) , 93-104

[4] أ ب ت د. عفاف الجديلي، علوم الاطعمة التجريبية، صفحة 111،109،108. بتصرّف.

[10] دراسة تأثير التخزين على تحرر الدوكسيسكلين من الكبسولات الجيلاتينية الصلبة (2014)هبة الفاضل .http://mohe.gov.sy/master/Message/Mc/hiba%20fadel.pdf.

[13] الكريم عثمان. الجيلاتين ووقوع الاستحالة دراسة من المنظور الكيميائي تصنيعي ومن منظور فقهي تأصيلي.

[14] أ. محمد، الشاذلى، مشتهى الشيخ، معزة مدثر، مودة كمال، & السني حامد إبراهيم. (2017). استخلاص الجيلاتين من جلود الإبل، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

[16] بوقرة .ا، «مذكرة ماستر» مساهمة في الدراسة الفيتوكيميائية وتقدير الفعالية المضادة للتآكل وللبكتيريا لمستخلص نبات traganum nodatum، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، سنة 2013 م.

[17] دكتور عيسى مسعود بغني أساسيات هندسة التآكل 7029/2006 دار الكتب الوطنية – ليبيا سنة 2006م. ص(27-57) و ص (145-199) .

[18] م. دغموش ,«مذكرة دكتوراه» تحضير وتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض مركبات ثنائي ثيول ثيون واملاح المرافقة لتطبيق فعاليتها التثبيطية في دراسة تآكل المعادن، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، سنة 2014 م، ص (9 - 2).

[19] أحلام الجوجة« مذكرة ماجيستير» دراسة تآكل الحديد وكيفية الحماية منه باستخدام طرائق كيميائية و كهربائية، سوريا جامعة البعث . ص(27 -19) .

[20] الدكتور أ.سالم منصور، «هندسة التآكل والطرق الفنّية فَي التصدي له»، دار الراتب الجامعُة بُيروت.

[21] ز.غُيابة ، «مذكرة ماجستير كيمياء» "المساهمة في تحضير بعض المشتقات4-اريل-1,2-ثنائيثيول-3-ثيون و4- اريل 1,2-ثنائي -3- ون ودراسة فعالية تثبيطها لتآكل الفولاذ الكربوني 52X في وسط حامض ومائي وصناعي "،جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، سنة 2000م, ص46-20.

[22] خ.مقدم ,« مذكرة ماجستُر »"دراسة الاثر التثبيطي لبعض مركبات ثنائي ثيول ثيون المستبدلة في الوضعية 4و5 بمجموعة الكيل"، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ،سنة 2005 م، ص 23.

[23] أ.د . قحطان خلف محمد الخزرجي- عبد الجواد محمد أحمد الشريف "التآكل: أسبابه انواعه طرق الحماية منه"، الطبعة الاولى دار دجلة 2010 .

[24] د. قحطان خلف محمد الخزرجي، عبد الجواد محمد أحمد الشريف، "التآكل: أسبابه انواعه طرق الحماية منه"، جامعة بغداد، سنة 1988م.

[27] دكتور.عمر بن عبد الله الهزازي الكيمياء الكهربائية ، ص(807 - 800).

[28] مهند محمد بابكر محمد أحمد،« مذكرة ماجيستير » تقييم وتحكم نام الحماية الكاثودي لأنابيب النفط الخام جامعة البحر الاحمر، سنة 2019م، ص(19- 18).

[29] علم المواد التطيقي و التآكل اشكال التآكل (ص 45-37).

[30] ت. ي. نموسة «مذكرة دكتوراه »دراسة الاثر لتثبيطي لنباتات gallica pulicaria tamarix cripa zygophyllum album (لفولاذ كربوني 52 في وسط حامضي H_2SO_4) ،جامعة قاصدي مرباح ورقلة،سنة2018م.

[34] د. نصر الحايك، " مدخل إلى كيمياء السطوح"، نشر إبيليوس، سنة 1989.

[35].ش. قمو « مذكرة ماستر» مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للمثبط، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، سنة2001م ، ص25

[36]بن منين. ع ق« مذكرة دكتوراه » Etude de l’effet inhibitrice des extrais de plantes sur la corroison de l’acier CX52. ، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ،سنة 2017م.

- **المراجع بالفرنسية:**

[1] Gelatine Hend book Reinhard Schrieber P (1-6).(2007).

[5] Trance، G. (2011). Synthesis, characterization, and biological evaluation of gelatin-based scaffolds. ArXiv preprint arXiv: 1101.1651..

[6] Mariod، A. A.، & Fadul، H. (2013). Gelatin, source, extraction and industrial applications. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 12(2), P 135-147.

[7] Hudson, C. B. (1994). Gelatine—Relating Structure and Chemistry to Functionality. In Food Hydrocolloids (P 347-354). Springer, Boston, MA .

[8] ARIOUI, F. (2017). (Doctoral dissertation, Physicochemical and sensory quality of yogurt incorporated with pectin from peel of Citrus sinensis-Fatiha Arioui, Djamel Ait Saada & Abderrahim Cheriguene. Laboratory of Food Technology and Nutrition (LTAN), Department of Agronomy, University Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem 27000, Algeria.).

[9] Boran, G. (2010). Optimization of gelatin extraction from silver carp skin and textural, rheological, and sensory characteristics of extracted gelatin..

[11] Peggy Trozbridge Filippone "GelatinVarieties and Types" ،thespruceeats.،

[12] Elsanat, S. Y., Korish, M. A., & Ammar, A. K. Optimizing The Extraction Conditions of Gelatin Obtained from Chicken Processing By-Products.P44-43.

[15] Sukkwai، S.، Kijroongrojana، K.، &Benjakul، S. (2011). Extraction of gelatin from bigeye snapper (Priacanthus tayenus) skin for gelatin hydrolysate production. International Food Research Journal,

[25] Boumalek . Messaili . Systématique . Des Spermaphytes Botaniques. Office Des Publications Universitaires,1995 .

[26] Ehteram A. Noor King Abd El-Aziz university, Girls College of Education, Chemistry Department, Jeddah, KSA. E-mail: m7o7o7n@hotmail.com Temperature Effects on the Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acidic Solutions by Aqueous Extract of Fenugreek Leaves Int. J. Electrochem. Sci., 2 (2007) 996 – 1017.

[31] G.K.Gomaa , J. Chem . Technology , 2001 , 7(6) ,300-306.

[32] Youcef . Cheref . La Santé Au Naturel . Nouvelle édition.

[33] A. E. Bolzan, H. Asma , p. L . Schilardi , R. C. V. Piatti , R.C Salvarezza et A. J. Arvia , J. Electroanalytical 500 (1-2) , 533-542 Chemistry , 2000 , .

[37] Adel Abdu Al - Zahra Rashq Al – sadi (B.Sc. 2013). Iraq Al - Qadisiya University .

[38] Techniques FILIÉRE : Génie des Procédés OPTION : Génie Eléctrochimique Thème (Etude de l'efficacité inhibitrice des composés bases de Schiff vis - à - vis de la corrosion d'acier en milieu acide (HCI)) Université Ferhat ABBAS , Sétif 1 Faculté de Technologie Département de Génie des Procédés 2014 .

الفصل الثاني

طرق وتقنيات

كهروكيميائية المستخدمة

▪ **تمهيد:**

بعد ما تعرفنا في الفصل الاول على مادة الجيالتين بشكل عام، في هذا الفصل سنقوم بدراسة مختلف التقنيات الكهروكيميائية والاجهزة المستعملة.

▪ **نبذة تاريخية:**

الطرق الكهروكيميائية التي اقترحت وتم تجريبها واعطت نتائج مذهلة هي تلك التي طورت في روسيا في العقد الاخير أي في بداية عام2000 وتمثلت في:

الطريقة الامبيرومترية والتي اقترحت من طرف الباحث (Y.I.Yashin)

الطريقة البوتنسييومترية اقترحت من طرف الباحثة(H.Z.Braynina)وتمكنت من تطويرها والحصول على براءة اختراع.

الطريقة الكالومترية من طرف الباحث (G.K Budnikov)وتمكن هوالاخر من تطويرها والحصول على براءة اختراع.

هذه الأخيرة التي تطرق لها الأول مرة (S. Chevion) و (R.Kohen)في بكورة ابحاثهما حول مضادات الأكسدة في جسم الإنسان، وهذا لحل إشكالية تقدير الفعالية المضادة للأكسدة في بلازما الدم والأنسجة الحية حيث كانت العكارة تعيق عملية التقدير في الطرق الطيفية بالإضافة الى الزمن الكبير الذي تستغرقه هذه الطرق.

لقد كان هدف الباحثان هو إيجاد طريقة بسيطة وسريعة ودقيقة تمكنهم من تقدير الفاعلية المضادة للأكسدة في الأنظمة الحية وذلك لمتابعة المرضى وتشخيص حالتهم الصحية كما يمكنهم من اختبار الأدوية واثارها. وقد تمكنا من تطوير هذه الطريقة أكثر من مرة وتم تعميمها لتشمل أصناف أخرى من المواد المدروسة عدا الأنسجة الحية وبلازما الدم. فقد تم دراسة المركبات النقية والخلائط المعقدة والمواد الغذائية ومستخلصات النباتات مثل الشاي والقهوة وعدد كبير من النباتات العطرية والخضر مثل الفلفل والبصل والفواكه، حتى الالبان والخمور.

I .1. تعريف التقنيات الكهروكيميائية:

تعتبر طرق التحليل الكهروكيميائي من أكثر الطرق التحليلية الالية 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.

وتعد تجهيزاتها المستعملة في مجال الأدوية شاهدا على ذلك، حيث تتصف ببساطة عملها وإمكانية نقلها (Prtapiliti) بسهولة، وكذا رخص ثمنها، إضافة على علو المصداقية وعلو الحساسية المتحصل عليها نتيجة القياس بهذه التقنيات التحليلية.

اما الأقطاب العاملة المثالية والمستخدمة في التحليل الكهروكيميائي بوجه عام فتصمم لتصبح انتقائية أكبر قدر ممكن، وتصنع هذه الأقطاب من مواد رخيصة الثمن، ثابتة غير سامة وذات عمر زمني طويل يسهل من خلالها التعرف على كمية المادة الناتجة **[8]**.

ومن بين مختلف الطرق الكهروكيميائية المستخدمة للأكسدة المركبات، نذكر منها الفولطا متري الحلقي أو الكرونو امبيرو متري او الفولطا متري خطي .

- دراسة الممانعة (Impedance) لتردد المقاومة .

I .1.1. الفولطا متري الحلقي (cycliquevoltamétries):

الفولطامتري الحلقيcycliquevoltametres من أكثر التقنيات الكهروكيميائية استعمالا لدراسة التفاعلات الكهروكيميائية تعتمد على دراسة تغيرات التيار الناتج من تفاعل الأكسدة أو الإرجاع للمركبات المتفاعلة تحت تأثير المسح الحلقي لفرق الجهد بين القطبين في مجال محدد من الجهد مع تثبيت سرعة المسح **[4]**. فهي تسمح بتحديد وقياس كميا لعدد كبير من المركبات وأيضا دراسة التفاعل الكيميائي. ولقد اختيرت هذه الطريقة لدراسة انعكاسية الانتقال الإلكتروني لرسم منحنى (voltammograme)**[5]** حيث يتم مسح الجهد بصورة حلقية فتشكل قمة مصعدية ومع تفاعل الأكسدة يرجع لتشكل قمة مهبطية.

I.2.1. الكرونو امبيرو متري (chronoampérométrie) :

الكرونوامبيرومتري هي تقنية تعتمد على متابعة التغير في التيار الكهربائي بدلالة الزمن وذلك بثبيت قيمة الجهد عند قيمة محددة، هذه التقنية استخدمت لترسيب الجيلاتين على قطب العمل X52Acier والحصول على منحنى كثافة التيار بدلالة الزمن i=(t)f من خلال عملية الترسيب ،تهتم هذه الطريقة بشكل أساسي بتشكل اطوار جديدة على القطب، حيث تتم الاستجابة في وجود أنماط نشطة كهربائيا والتي تخضع لتفاعل الانتقال الإلكترونات عند معدل تحكم الانتشار في ظل هذه الشروط ،يتم التعبير عن التيار بدلالة الزمن وفق الدالة control **[6]**.

I.3.1. الفولطا متري الخطي :

من أكثر التقنيات الكهروكيميائية استعمالا لدراسة التفاعلات الكهروكيميائية تعتمد على دراسة تغيرات التيار الناتج من تفاعلات الارجاعي.

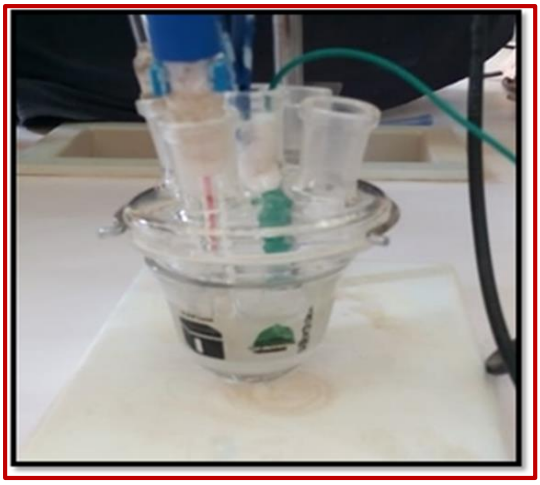
-اما دراسة الممانعة تمكننا من تحديد فعالية مثبط ما, وذلك بتعيين المقاومة الانتقالية في وجود المثبط وغيابه ومعرفة سعة الطبقة المضاعفة المتشكلة على سطح المعدن[7].

2.I. الاجهزة الكهروكيميائة المستخدمة:

هي أجهزة تستخدم مبادئ كيمياء الكهربائية أي التفاعلات كيميائية، تعرف التفاعلات الكهروكيميائية بأنّها عملية مرور تيار كهربائي بين مادتين تشتمل على نقل الإلكترونات، بحيث تكون إحدى المادتين صلبة والأخرى سائلة، ويكون حدوث التفاعل الكيميائي مصحوبًا 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:

1.2.I. الخلية الكهروكيميائية:

الخلايا الكهروكيميائية هي خلايا تقوم بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية أو العكس، عدد من تفاعلات الأكسدة والاختزال في الخلايا. من ضمن تلك الخلايا خلية جلفانية أو الخلية الفولتية المسميتان باسم صاحب كل منهما وهما العالمين لويجي جلفاني وإليساندرو فولتا. وقد قام هذان العالمان الإيطاليان بعدة تجارب وبحوث في التفاعلات الكيميائية وإنتاج التيار الكهربائي خلال القرن الثامن عشر. تتم دراسة السلوك الكهروكيميائية داخل خلية زجاجية غطاءها يحتوي على خمس ثقب ثلاث منها تسمح بدخول (إلكترود العمل، إلكترود المرجع، إلكترود المساعد) أما الثقبان الآخران فإحداهما يسمح بتزويد الوسط بالأكسجين، والثقب الأخر يكون لإضافة المواد



الصورة 1.II: صورة الخلية الكهروكيميائية

I.2.2. الأقطاب:

القطب المساعد:(AE)

هو عبارة عن سلك من البلاتين أو الفضة، من صفاته أنه يسمح بمرور التيار خلال الإلكتروليتي حيث يوضع بالتوازي مع قطب العمل للحصول على التجانس في المجال الكهربائي ولا يؤثر على سلوك التفاعل الكهروكيميائي ويعتمد تصرف هذه الأقطاب على ما يحصل على القطب العامل. حيث إن الجهد يقاس بواسطة القطب العامل والقطب المرجع في حين يقاس التيار المار بواسطة القطب العامل والقطب المساعد. **[1]**

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

القطب المرجع(RE):

يعتبر قطب المرجع من أهم مكونات الخلية الكهروكيميائية، هذا القطب يجب أن تكون له قيم ثابتة ومحددة، كما يسمح بتحديد جهد قطب العمل، وهذا مهم كونه يسمح بالتحقق من الفرق في الجهد بين القطبين. لو حظ أيضا انه من الضروري الإشارة إلى طبيعة القطب الكهربائي المستخدم في جميع القياسات الفولطا مترية، القطب المرجعي المستخدم مقارنة بقطب الهيدروجينالقياسي(E=0). **[2]**

الصورة II.3: قطب المرجع RE (ECS)

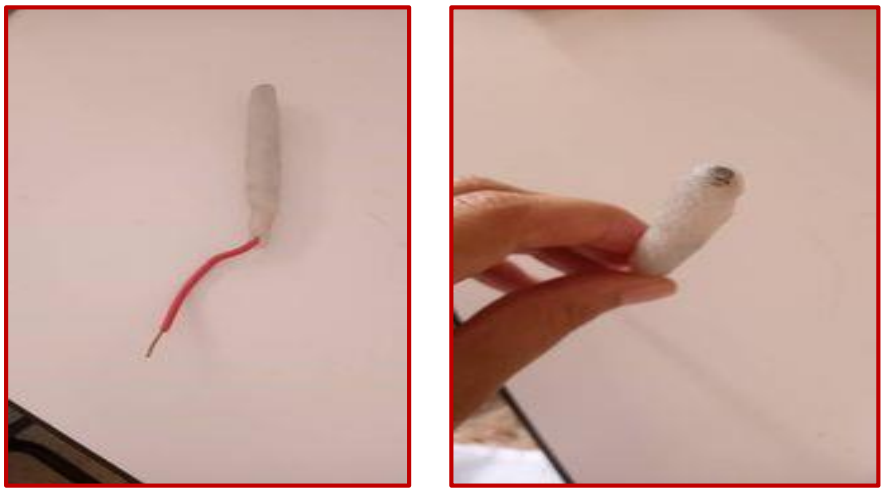
القطب العمل WE:

تُصنع هذه الأقطاب من أحد العناصر الحرة مثل Cu،Zn هذه الأقطاب تدخل في توازن كيميائي مع أيونات نفس العنصر الموجودة في المحلول الألكتروليتي، حيث يعتمد قياس جهد هذا القطب على تركيز ايوناته في ذلك المحلول.

من حيث المبدأ يمكن أن تصنيع الأقطاب من أي عنصر بشرط أن يُكون ذلك العنصر ايونات بسيطة في محلوله . ولكن عند التطبيق فهنالك صعوبات كثيرة فمثلاً . هنالك عناصر عالية الفعالية لا يمكن أن نصنع منها أقطاب بسبب حدوث التأثيرات الكيميائية على سطحها، كما إن هنالك بعض العناصر الصلبة يمتاز سطحها بأنه يكون غير متجانس عند تصنيع قطب ولذلك عند استعمالها ستكون التفاعلات غير منتظمة على سطحها وبالتالي عدم الوصول إلى التوازن الكيميائي.

لذا فهنالك أقطاب تكون شاسعة الاستعمال مثل قطب X52 acier تكون عبارة عن أقطاب خاملة وفعالة بنفس الوقت حيث هذه القطب يدعى بنصف الخلية أو أنصاف الخلايا .

- تم الاعتماد في هذه التجربة على قطب العمل X52 acier هو عبارة على اسطوانية وصلت بسلك نحاسي ولفت بشمع من كل الجوانب الا الجزء السفلي وهو سطح المدروس .

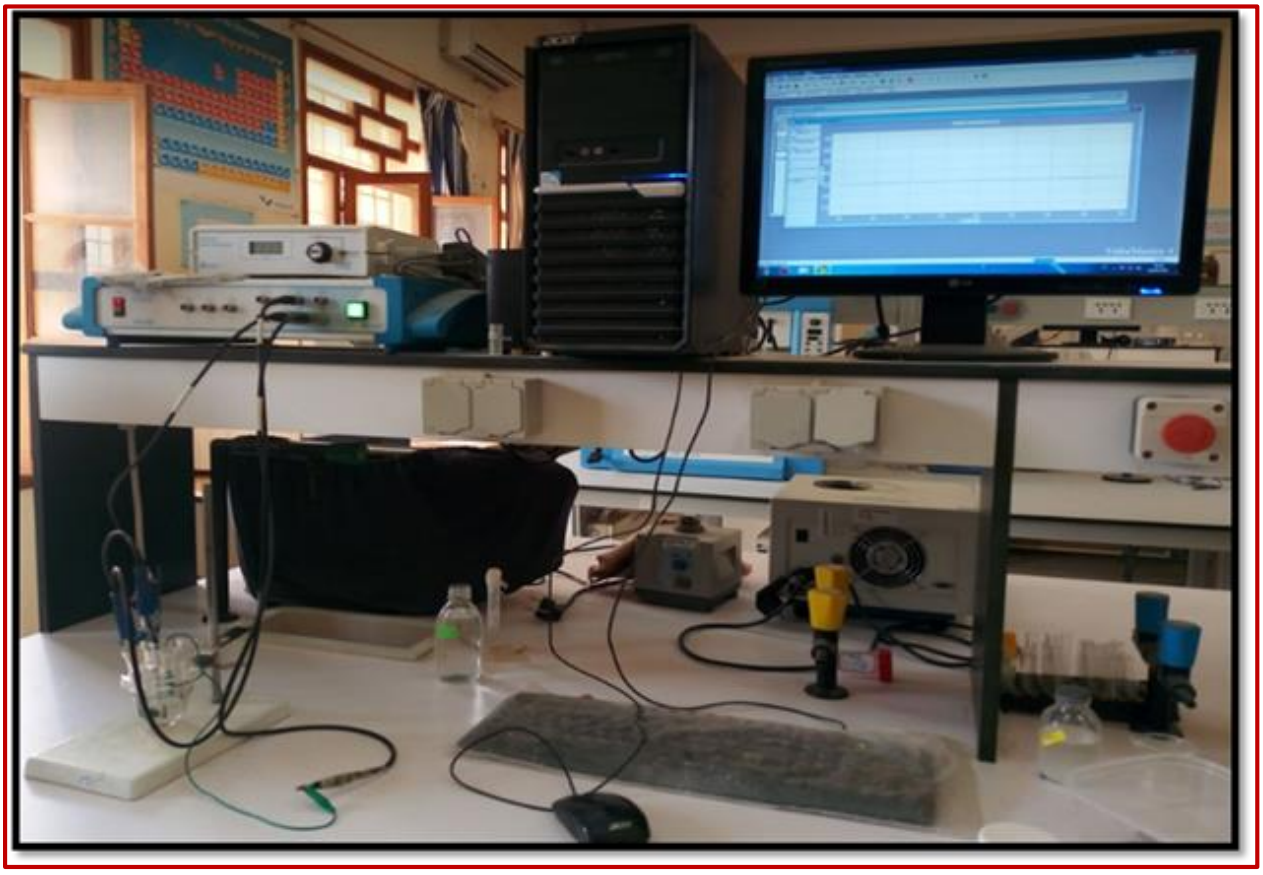


الصورة II.4: قطب العمل WE

3.I. التركيب التجريبي المستعمل:

تم انجاز التجربة الكهروكيميائية باستعمال(Voltabal PGG301 (galvanostar/potentiostat موصول بجهاز كمبيوتر لتسجيل البيانات وذلك باستعمال برنامج voltamaster4 والذي يسمح بحساب خصائص الكهروكيميائية ورسم المنحنيات والطباعة. هذه المعدات توصل بالخلية الكهروكيميائية المكونة من ثلاثة أقطاب. **[3]**

الصورة II.5: صورة لجهاز Voltabal PGG301.



الصورة II.6: صورة لجهاز Voltabal PGG301 موصول بجهاز الكمبيوتر.

❖ **المواد المستعملة:**

- الجيلاتين Galatine(تجاري ومصنع «غير تجاري»)
- الماء المقطر H_2O
- محلول حمض كلور الهيدروجين HCl
- مسحوق الهيدروكسيد الصوديوم NaOH
- مسحوق كبريتات الصوديوم Na_2SO_4

❖ **الادوات المستعملة:**

- جهاز الخلية
- جهاز الVolta Lab مدموج بالحاسوب
- اقطاب (المرجع ,العمل ,المساعد)
- ورق الpH
- ملعقة مخبرية
- ميزان
- مسخن
- انبوب مدرج
- بيشر مدرج
- اسلاك توصيل
- ورق الصنفرة

• مراجع الفصل الثاني:

▪ المراجع بالفرنسية:

[1] A Lounas. Préparation de l'électrode fer sous forme de couche mince. Etude de l'oxydation et de la réduction du fer dans différents milieux. These de Doctor at. Universite BADJI MOKHTAR-ANNABA. (2011).

[2] A. J. Bard. L. R. faulkner. electrochemical methods Fundamentals and Applications. John Wiley& sons, (2001).

[3] k. Abdo el Ali. G.Hossam. Préparation d'électrodes modifient par voie électrochimique. , Mémoire de Mastère. universitaire d-eloued, (2018).

[4] J P.Pulicani, étude du comportement électrochimique de composés polyfonctionnels et de dérives comportant un groupement xanthate , Thése de doctorat .Ecole Polytechnique.(2013)

[6] J. Wang. analytical electrochemistry. John Wilay& sons Hoboken. New Jersey. United State. (2006)

[8] R. A. Meyre ،Encyclopedia of Analytical chemistry ،Vol. 2 ،John Wiley ،Sons ،LTD ،New York , 2000.

▪ المراجع بالعربية:

[5] لقميري. س.« مذكرة ماجستير»" تحضير ودراسة الكتر وكيميائية وبنيوية للأمينات فيروسينيل مثيل امين -2-(3، 4)-نيتروبنزين "جامعة قاصدي مرباح ورقلة، سنة 2008م.

[7] بوقرة .ا ، « مذكرة ماستر » مساهمة في الدراسة الفيتو كيميائية وتقدير الفعالية المضادة للتآكل وللبكتيريا لمستخلص نبات traganum nodatum، جامعة قاصدي مرباح ورقلة ، سنة 2013 م.

الفصل الثالث

دراسة النتائج ومناقشتها

▪ تمهيد:

الطرق الكهروكيميائية تتميز كونها نوعية وكمية ونظرا لأهمية ظاهرة التآكل تم انجاز هذا البحث والمتمثل في حماية الفولاذ X52 باستعمال الجيلاتين كمثبط ودراسة ظاهرة تأكل قطب من الفولاذ محمي بطبقة من الجيلاتين محضرة بواسطة الطرق الكهروكيميائية كالفولطامتري الحلقي (voltamétrie cyclique) والكرونوامبيرمتري (chronoampérométrie) والممانعة (Impédance) في وسط حمضي مقارنة مع قطب من الفولاذ .

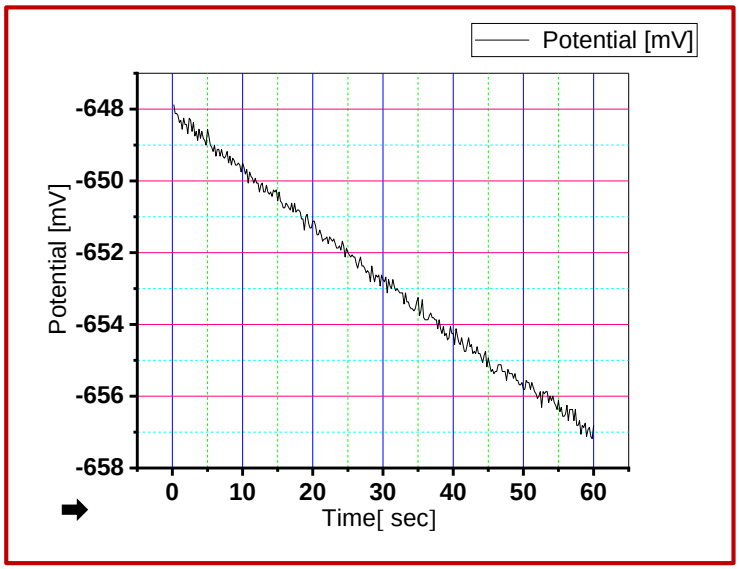
1.I. تثبيت الجيلاتين على القطب العمل فولاذ Acier 52X:

1.1.I. وسط قاعدي :هيدروكسيد الصوديوم NaOH:

- لتحديد قيمة الجهد الموافق لإرجاع مادة الجيلاتين نحدد جهد التوازن للمحلول الالكتروليتي الذي يحتوي على مادة الجيلاتين مذابة في محلول قاعدي بتركيز 1مول/ل. من خصائص هذا المحلول ان التركيز الكتلي لمادة الجيلاتين 1/100 غ مقارنة مع كتلة NaOH.

لقياس جهد التوازن نغمس قطب العمل (فولاذ X52) في الخلية بوجود القطبين المرجعي (ECS) والمساعد(Pt).

دون غلق الدارة أي (I=0 A) وباستعمال جهاز الفولطلاب الذي يربط بين الخلية الكيميائية وجهاز الكمبيوتر المزود ببرنامج voltamaster وذلك للحصول على منحنى تغير الجهد (E) بدلالة الزمن (t) بين قطب العمل والقطب المرجعي كما موضح في **الشكل (1.III).**

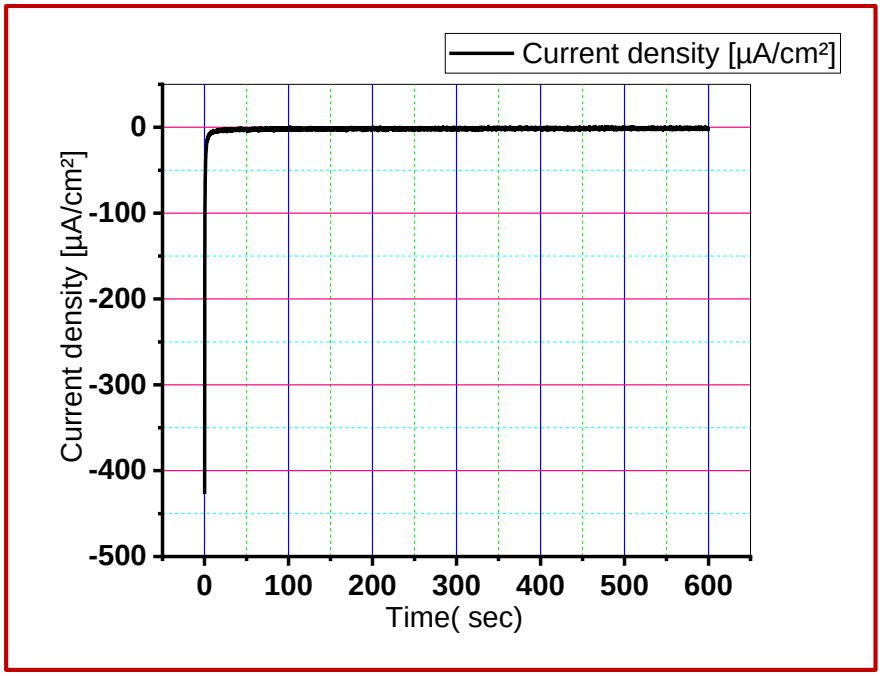


الشكل 1.III: جهد توازن جيلاتين على الفولاذ 52X بالنسبة للقطب المرجعي ECSبدلالة الزمن

- **الكرونوامبيرومتري**

يظهر **الشكل (1.III)** قيمة جهد التوازن لمدة دقيقة محصورة بين 648mV-و658mV-

انطلاقا من هذه القيم نقوم بغلق الدارة وذلك بتطبيق جهد اقل من جهد التوازن 1000mV-لارجاع الجيلاتين علي قطب الفولاذ X52 و تتبع تغير شدة التيار بدلالة الزمن وهدا ما يسمي chronoamperomètrie للحصول على **الشكل (2.III)**.

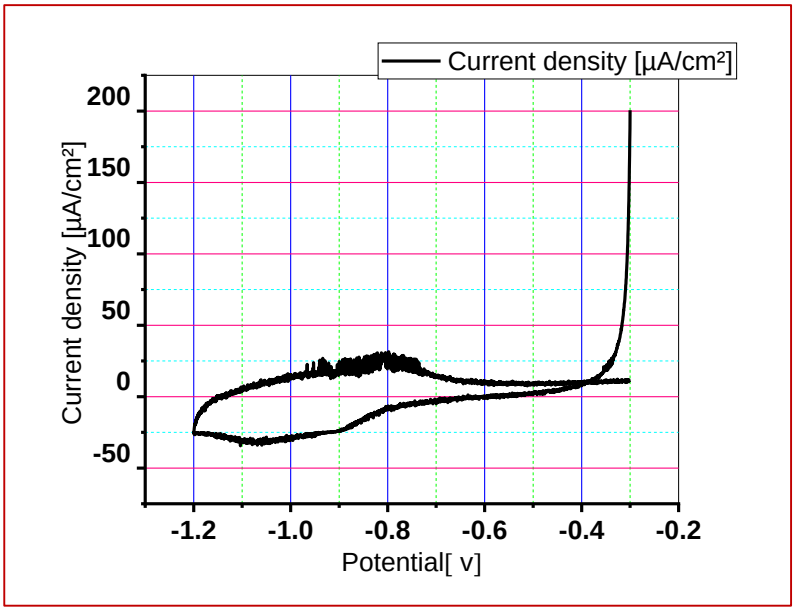


الشكل 2.III: منحنى الكرونوامبيرومتري i=f(t)الجهد E= -1000mV

- **الفولطا متري الحلقي**

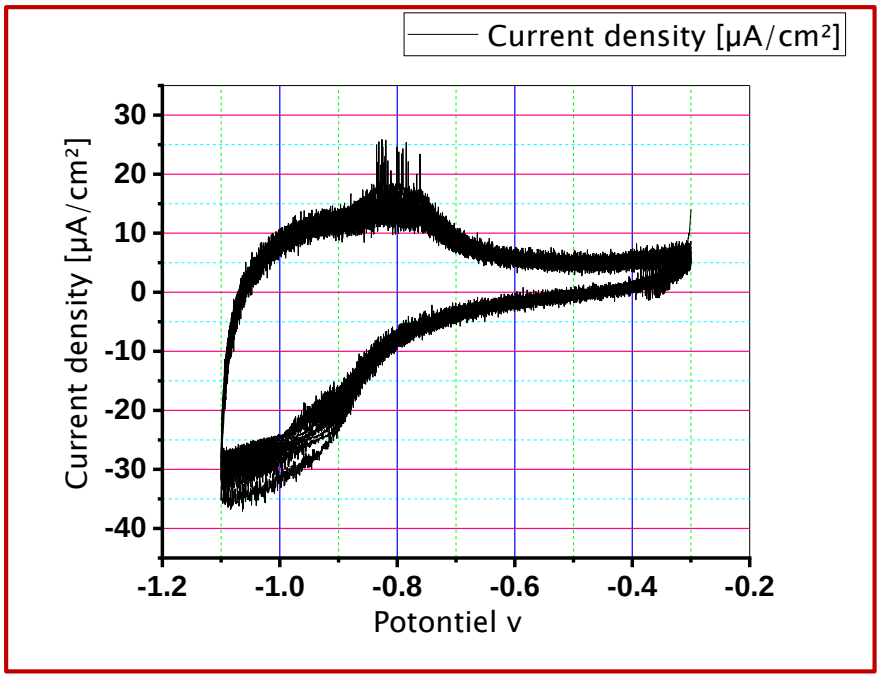
الطريقة الثانية لتثبيت الجيلاتين هي طريقة الفولطامتري الحلقي حيث نختار مجال مسح للجهد (200mV— 1200mV-) يحتوي جهد التوازن مادة الجيلاتين مع قطب العمل (648mV-) للحصول على **الشكل(3.III)**.

عند غلق الدارة والمسح بسرعة 30mV/sنلاحظ نتوء ارجاع عند 900mV- ونتوء ثاني عند 1100mV- كما يظهر على نفس الشكل نتوء اكسدة عند قيمة جهد 800mV-. انطلاقا من هذه النتائج المسجلة على الفولطا متري الحلقي نعيد التجربة وذلك بتكرير عملية المسح ذهابا و إيابا للحصول على عشر حلقات كما هو موضح في **الشكل (4.III)**.



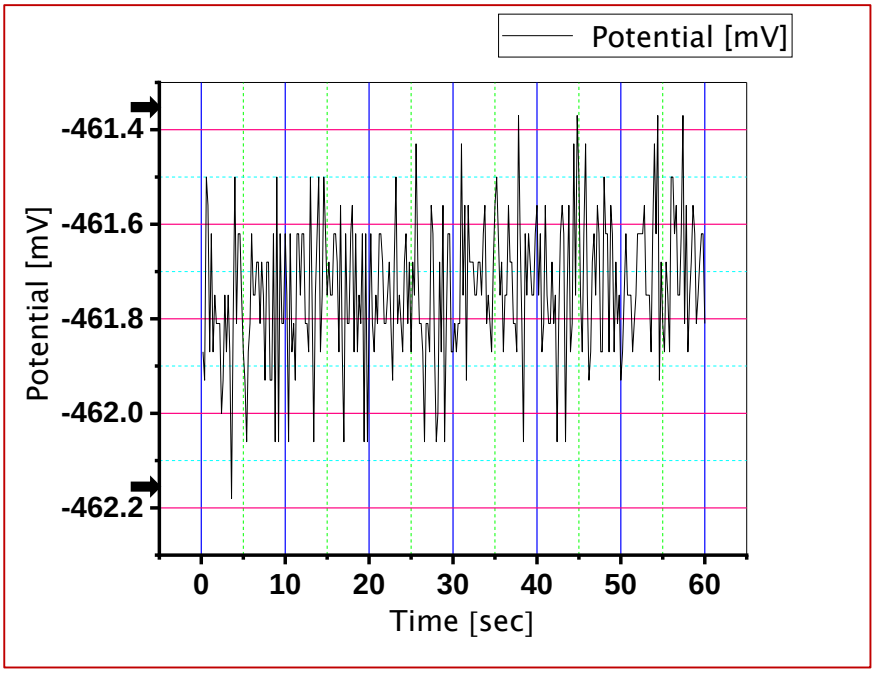
الشكل 3.III: الفولطا متري الحلقي عند المجال E=[-1200mV, -300 mV] و سرعة مسح 30

يظهر **الشكل (4.III)** عند المسح من 0.2V- الى 1.2V- زيادة في شدة التيار لنتوء (pic) الارجاع و عند المسح من 1.2V- الى 0.2V- تغير في شدة التيار لنتوء الاكسدة.

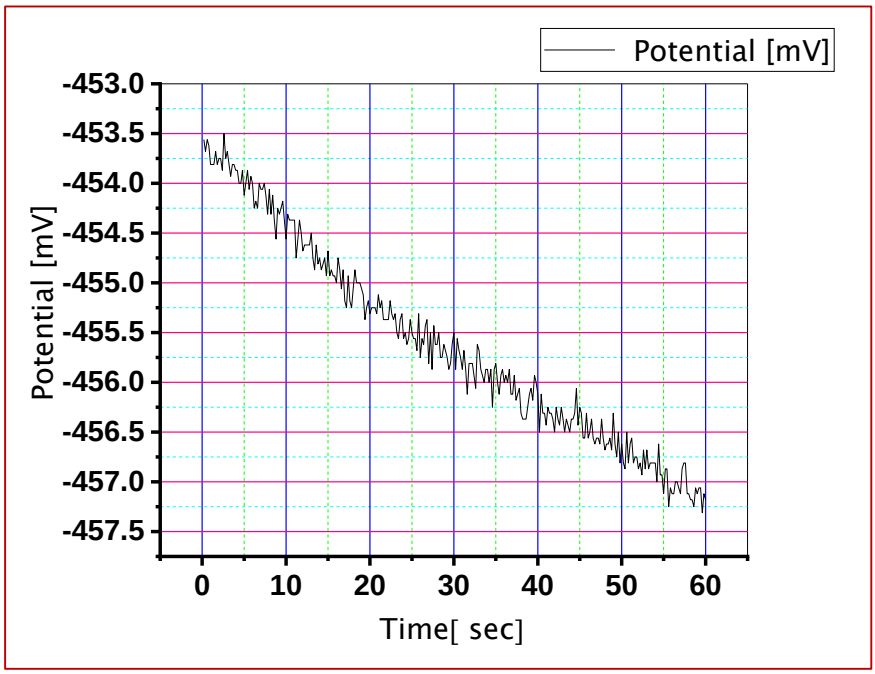


الشكل 4.III: تسجيل عشر حلقات لتوضع الجيلاتين على قطب acier X52 بسرعة المسح V=30mv/s

بعد تثبيت الجيلاتين على قطب الفولاذ بالطريقتين الكهروكيميائية ننتقل الى دراسة ظاهرة التآكل على سطح قطب العمل في وسط حمضي بتركيز 0.1مول/ل. للمقارنة بين القطبين الفولاذ والفولاذ/جيلاتين نغمس كل من القطبين في محلول من حمض كلور الهيدروجين وقياس جهد التوازن كما هو موضح في الشكلين



الشكل 5.III: منحنى لجهد التوازن بدلالة الزمن للقطب المعدل فولاذ/جيلاتين



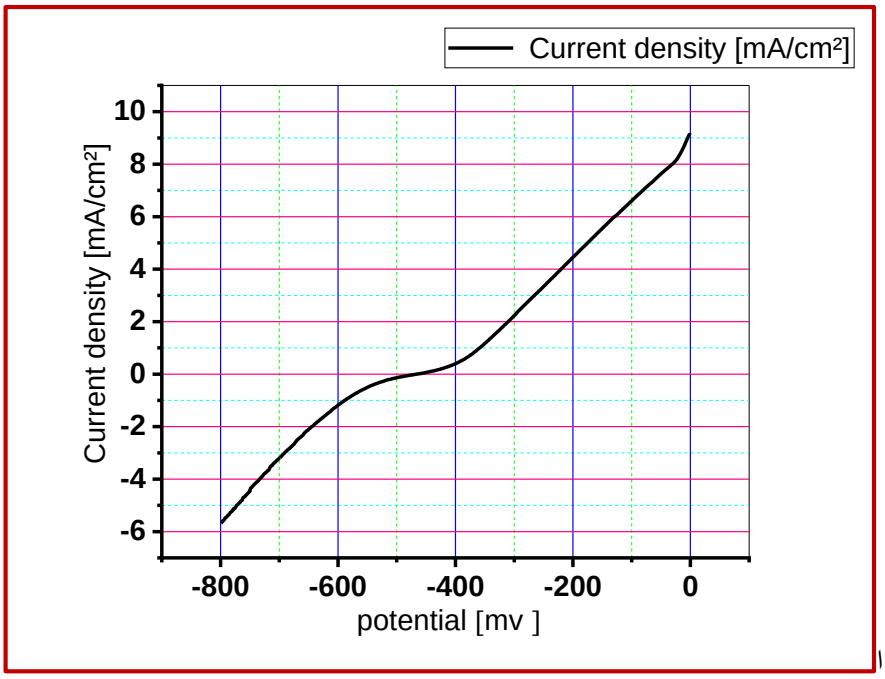
الشكل 6.III: منحنى لجهد التوازن بدلالة الزمن لقطب الفولاذ

من **الشكلين 6.III، 5.III** يظهر اختلاف فن قيمة جهد التوازن الفولاذ في الوسط الحمضي 453mV- الى 457mV- في حين ان جهد توازن للقطب المعدل الفولاذ/جيلاتين 461mV- الى 462mV-

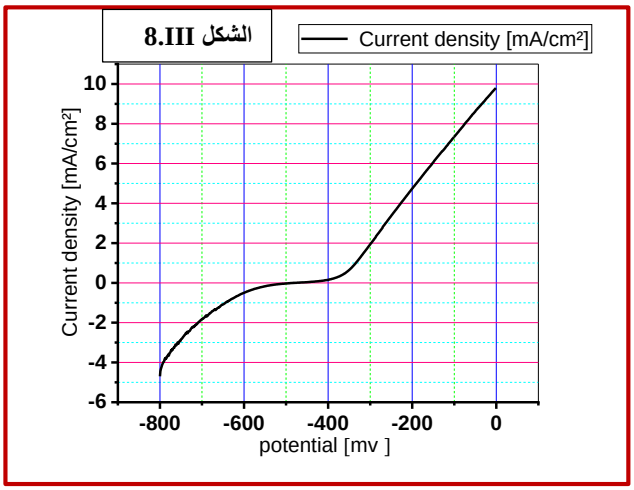
- الفولطا متري الخطي

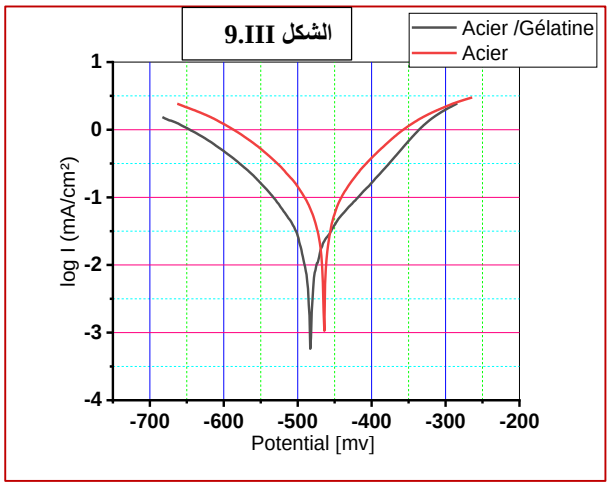
- منحنى التأين (polarisation):

للحصول على منحنى التأين او الاكسدة لقطب الفولاذ نختار سرعة المسح 10 mV/s ومجال المسح من 800mV-الى 0mV يشمل جهد التوازن القطب مع الوسط الحمضي (453mV-) كما يبينه **الشكل (7.III)**.



الشكل 7.III : اكسدة القطب المعدل فولاذ/جيلاتين [0mV ,- 800mV] عند سرعة مسح v=10mV/s





الشكل 8.III : اكسدة القطب فولاذ [0mV ,- 800mV] عند سرعة مسح v=10mV/s

الشكل 9.III: منحنى تفال للقطبين فولاذ/جيلاتين , فولاذ في وسط حمضي 0.1مول/ل

انطلاقا من منحنى الاستقطاب نتحصل منحنى (Tafel) الخاصة بالقطبين فولاذ /جيلاتين (acier/gélatine), فلاذ (acier) النتائج المستخلصة من منحنى تفال(Tafel) الشكل 9.III ملخصة في **الجدول (1.III)**.

الجدول 1.III: نتائج منحنى Tafel

Milieu HCl	E(i=0)	Rp	i corr :	Ba	Bc	Coef	Corrosion
Acier/Gélatine	**-483.1 mv**	903.24 ohm.cm²	**0.0144 mA/cm²**	79.5 mv	-63.0 mv	1.0000	168.7 µ m/γ
Acier	**-464.2 mv**	271.36 kohm.cm 2	**0.3434 mA/cm²**	204.4 mv	-233.9 mv	0.9993	0.004016 µm/γ

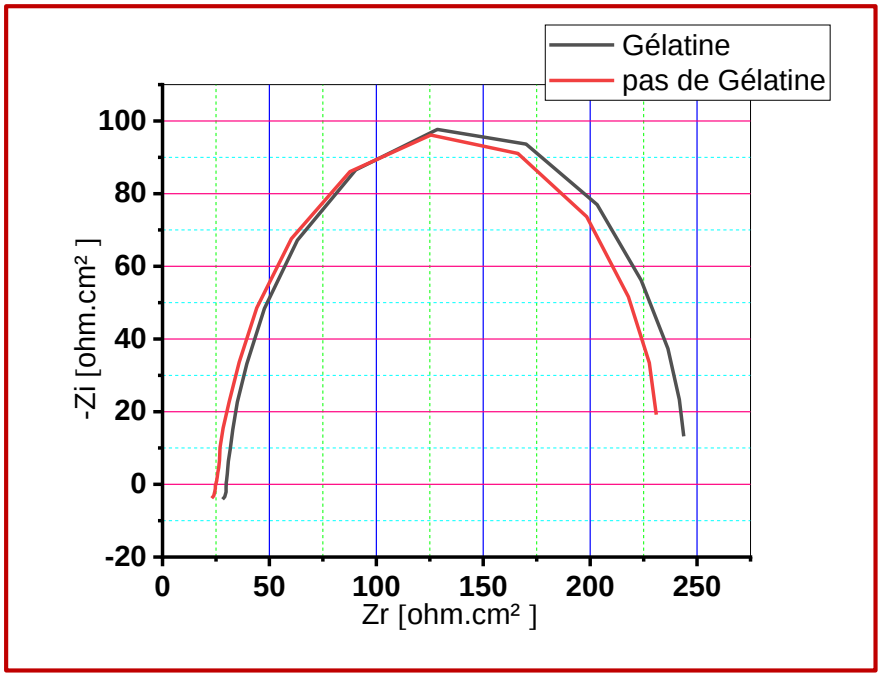
كما نلاحظ في منحني تفال ان قيمة الجهد بالنسبة للقطب المعدل اقل من قيمة الجهد للفولاذ مما يدل على ان الحماية كاثودية

- **معدل التآكل بالاعتماد على طريقة الاستقطاب:** يظهر الجدول قيم شدة التيار بوجود وغياب المثبط وباستعمال العلاقة نتحصل على معدل التآكل:

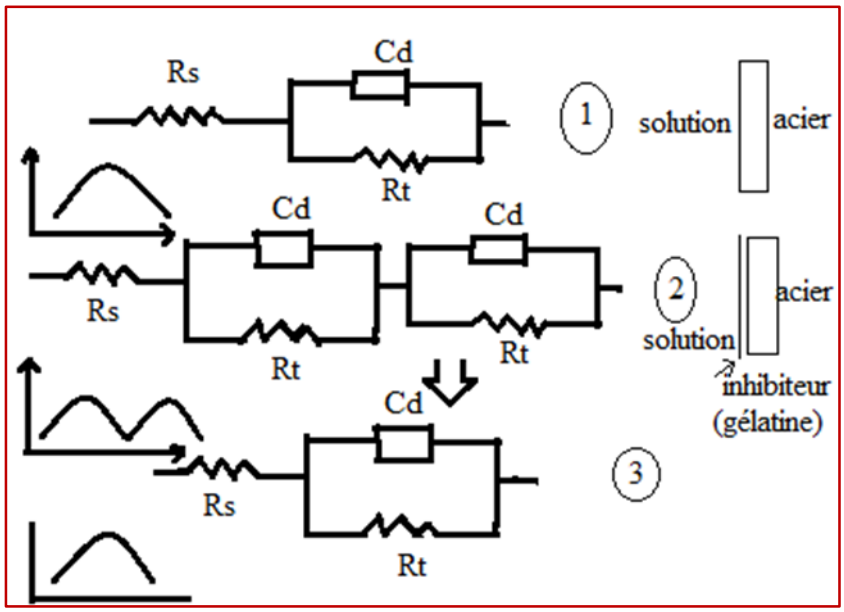
$$IE = \frac{Lc_{un} - Lc_{in}}{Lc_{un}} \mathbf{100\%} \qquad \text{بالتعويض} \qquad 0.9580 = \frac{0.3434 - 0.0144}{0.3434}$$

أي ان معدل الحماية يقدر ب 95.80 بالمائة.

يظهر **الشكل (10.III)** منحنى Nyquist لكل من قطب الفولاذ وقطب الفولاذ/جيلاتين نصف الدائرة حيث يمثل على شكل دارة كهربائية في **الشكل (11.III).**



الشكل 10.III: منحنى Nyquist لقطب فولاذ/جيلاتين وقطب الفولاذ



الشكل 11.III: التمثيل الكهربائي لظاهرة التآكل لقطب للفولاذ وقطب الفولاذ/ جيلاتين في وسط حمضي.

- **الدارة 1 :** تمثل قطب الفولاذ في وسط حمضي ممثل بمقاومة المحلول (Rs) مرتبطة على التسلسل مع مكثفة الطبقة الثنائية للسطح (Cd) (capacité de la double couche)المرتبطة على التوازي مع مقاومة انتقال الشحنة (Rt) (résistance de transfert de charge).

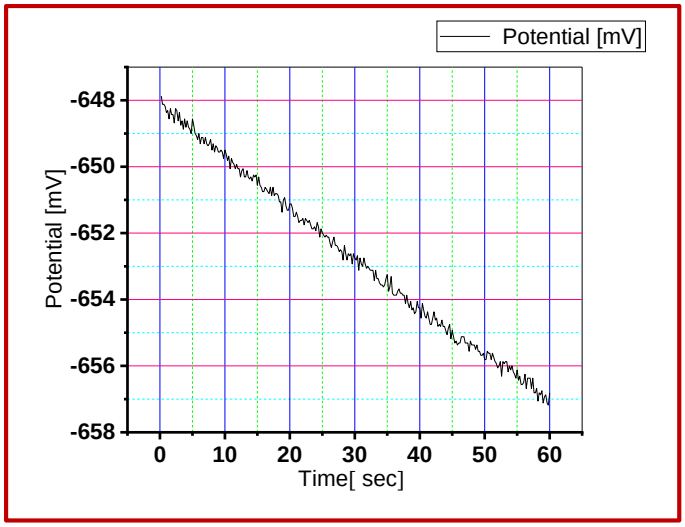
- **الدارة 2 :** تمثل قطب الفولاذ /جيلاتين في وسط حمضي ممثل بمقاومة المحلول (Rs) مرتبطة على التسلسل مع مكثفة ومقاومة تمثل توازن المحلول مع المثبط، ومكثفة ومقاومة تمثل توازن المثبط مع الفولاذ. هذا التمثيل اذا كان المثبط قليل الفعالية مما يؤد لظهور نصفي حلقتين.

- **الدارة 3 :** تمثل قطب الفولاذ /جيلاتين في وسط حمضي ممثل بمقاومة المحلول (Rs) مرتبطة على التسلسل مع مكثفة ومقاومة تمثل توازن المحلول / المثبط / الفولاذ. نظرا لفعالية المثبط يظهر نصف دائرة.

2.1.I. وسط ملحي: كبريتات الصوديوم. Na_2SO_4:

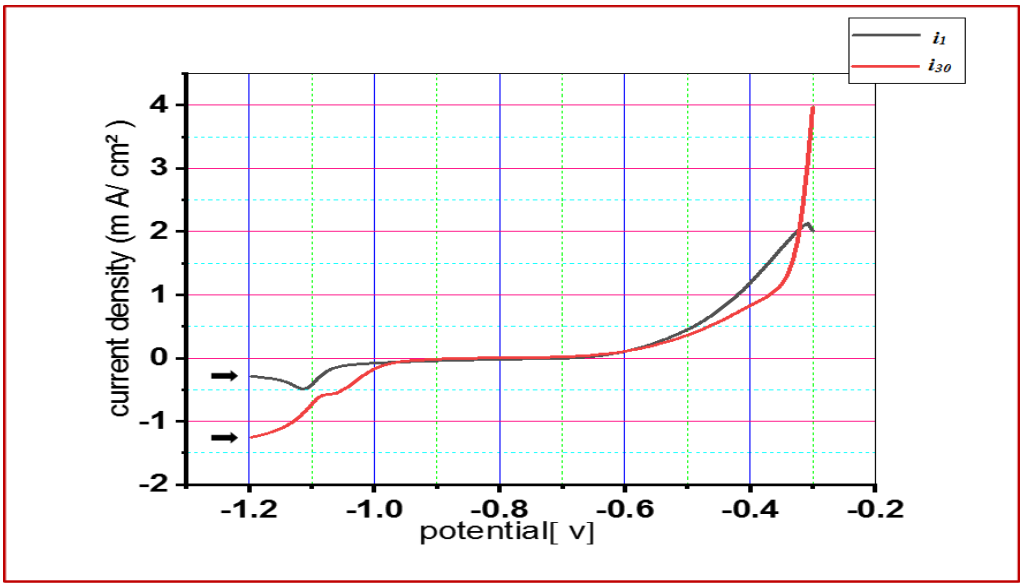
المحلول الالكتروليتي يحتوي على مادة الجيلاتين وكبريتات الصوديوم بتركيز 1مول/ل. من خصائص هذا المحلول ان التركيز الكتلي لمادة الجيلاتين 1/100 غ مقارنة مع كبريتات الصوديوم.

- **الشكل (12.III)** قياس جهد التوازن قطب الفولاذ مع المحلول الالكتروليتي (Na_2SO_4 , جيلاتين) تبين ان قيمة الجهد محصورة بين القمتين -648mV و-658mV



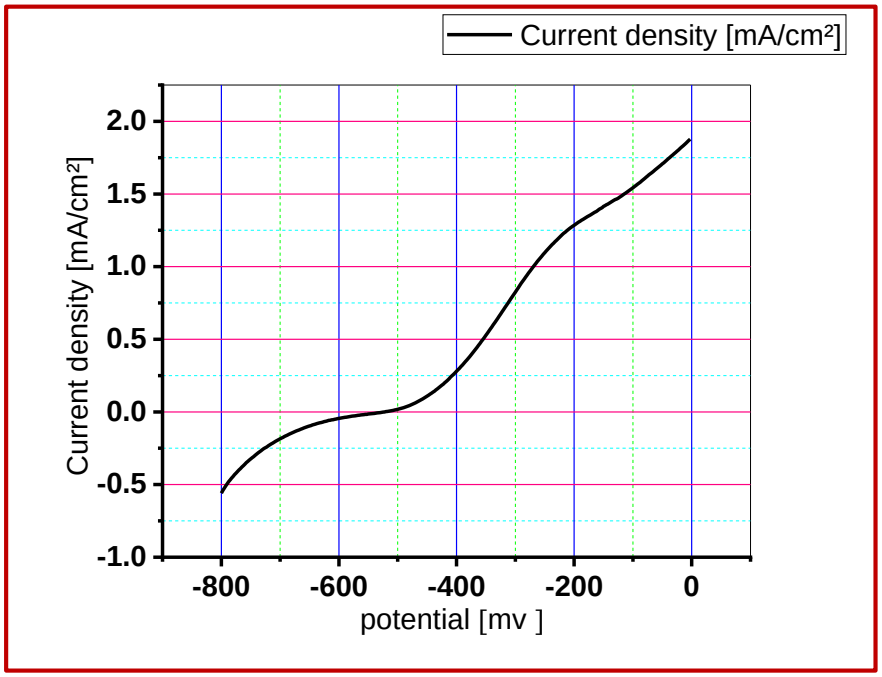
الشكل 12.III: منحنى الدارة المفتوحة(opc) لقياس جهد التوازن Na_2SO_4 تركيزه C=1mol/l لمدة t=60s.

- تثبيت الجيلاتين باستعمال الفولطا متري الخطي باختيار مجال المسح 200mV-الى 1200 mV- تحديد سرعة المسح 30 mV/s وتسجيل ثلاثون منحني كما يوضحه **الشكل 13.III** نلاحظ زيادة في شدة التيار i_1=0.3mA/cm² شدة التيار ترتفع بزيادة زمن الارجاع. i_{30}=1.2mA/cm²

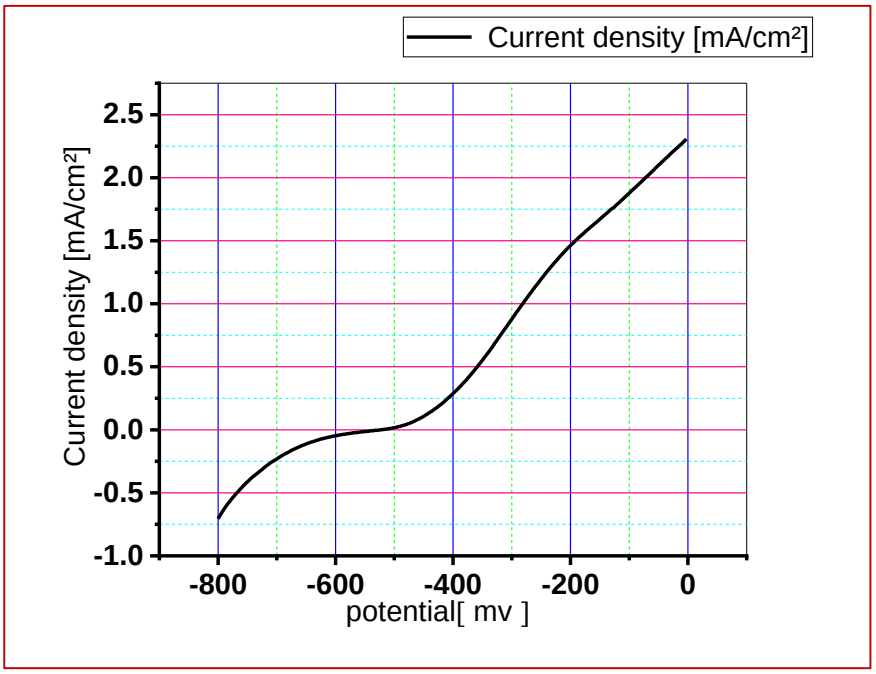


الشكل 13.III: فولطا متري خطي لإرجاع الجيلاتين 200mV-الى 1200mV- سرعة المسح 30mV/s منحنى1 و منحنى30

- منحنى الاستقطاب للقطبين فولاذ وفولاذ/جيلاتين ممثلين **الشكلين 15.III** و **14.III** اكسدة القطبين في وسط حمض كلور الهيدروجين 0.1 مول/ل عند غلق الدارة المسح يكون من قيمة الجهد 800mV- نحو قيمة الجهد 0mV لأكسدة القطبين بسرعة المسح 30mV/s .

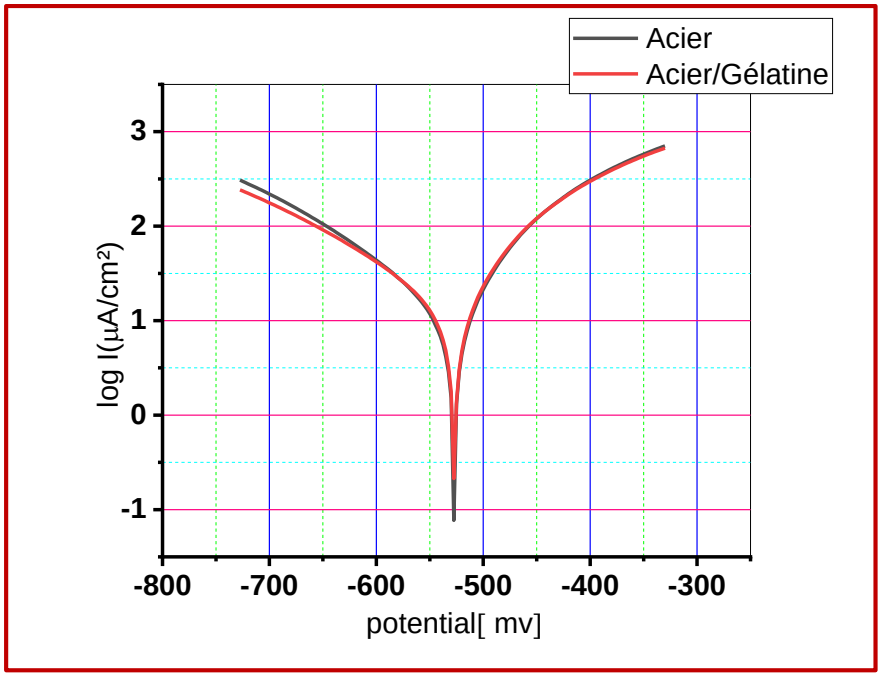


الشكل 14.III: منحنى استقطاب فولاذ/جيلاتين [0mv,-800mv]بسرعة مسح v= 30mv/s



الشكل 15.III: منحنى استقطاب فولاذ [0mv,-800mv]بسرعة مسح v = 30mv/s

منحنى تفال للقطبين مبين في **الشكل 16.III** كما ان نتائج هذين المخططين ملخصة في **الجدول 2.III.**



الشكل III.16: Tafel فولاذ/جيلاتين وفولاذ

الجدول III.2: نتائج منحنى Tafel

Milieu HCl	E(i=0)	Rp	i corr :	Ba	Bc	Coef	Corrosion
Acier/Gélatine	-527.2mv	1.56 kohm.cm²	22.3018 µA/cm²	106.6 mv	-192.6 mv	0.9999	260.89 µ m/γ
Acier	-527.5mv	1.67 kohm.cm²	12.1229 µA/cm²	76.9 mv	-129.1 mv	0.9998	141.7 µ m/γ

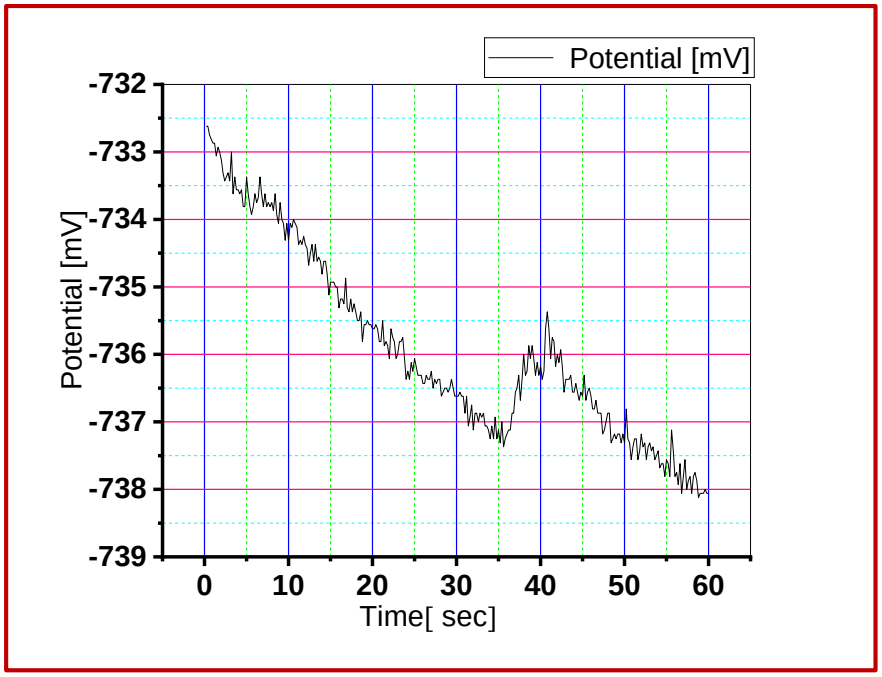
معدل التآكل بالاعتماد على طريقة الاستقطاب باستعمال قيم شدة التيار بوجود وغياب المثبط من العلاقة نتحصل على:

$$IE = \frac{Lc_{un} - Lc_{in}}{Lc_{un}} \mathbf{100\%} \quad \text{بالتعويض} \quad 0.4564 = \frac{22.3018 - 12.1229}{22.3018}$$

أي ان معدل الحماية يقدر ب 45.64بالمائة

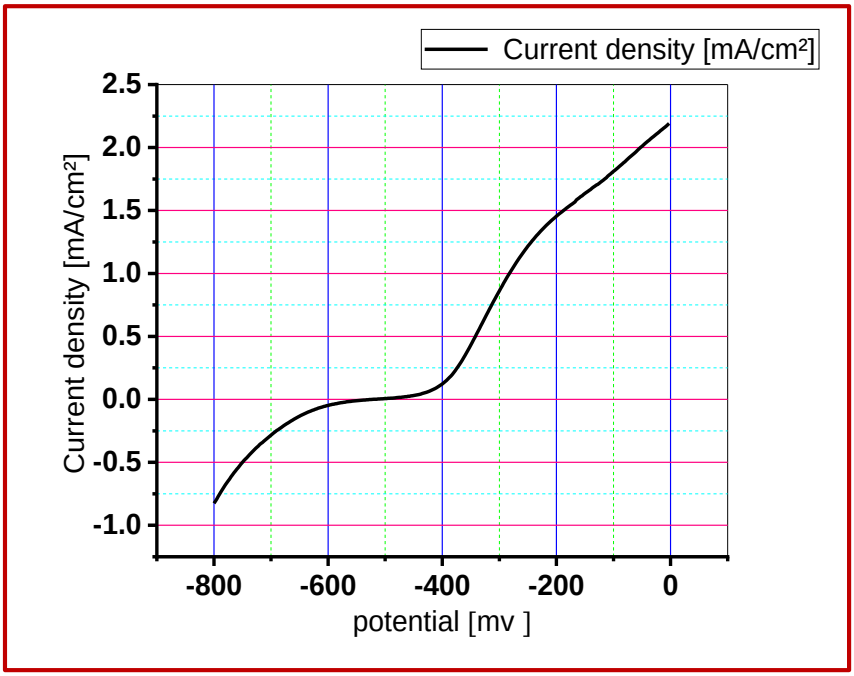
- نضاعف كتلة مسحوق الجيلاتين في المحلول الالكتروليتي اي بتركيزالكتلي اقل 1/50 مرة من كتلة كبريتات الصوديوم Na_2SO_4

نقيس جهد التوازن للمحلول الالكتروليتي (Na_2SO_4, جيلاتين) في و حالة دارة مفتوحة بدلالة الزمن من **الشكل III.17** يظهر -732mV و -739mV كما موضح :

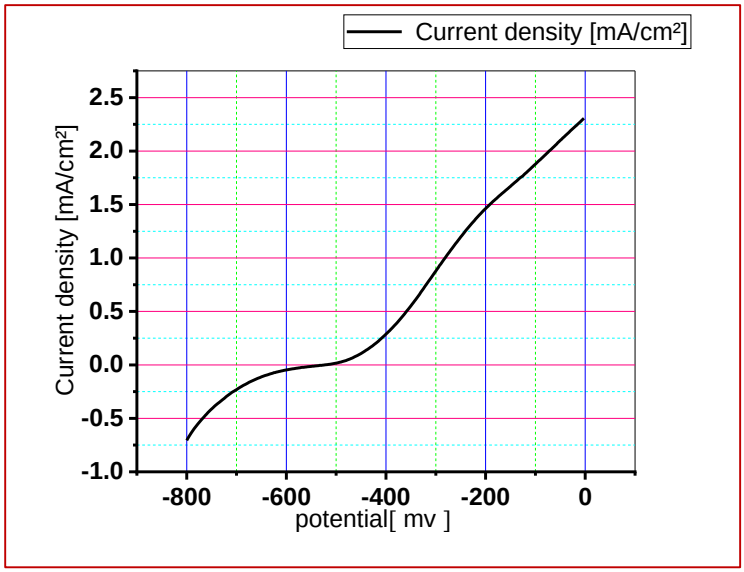


الشكل 17.III: منحنى جهد التوازن بدلالة الزمن لقطب الفولاذ (Gélatine $/Na_2SO_4$) لمدة t=60s.

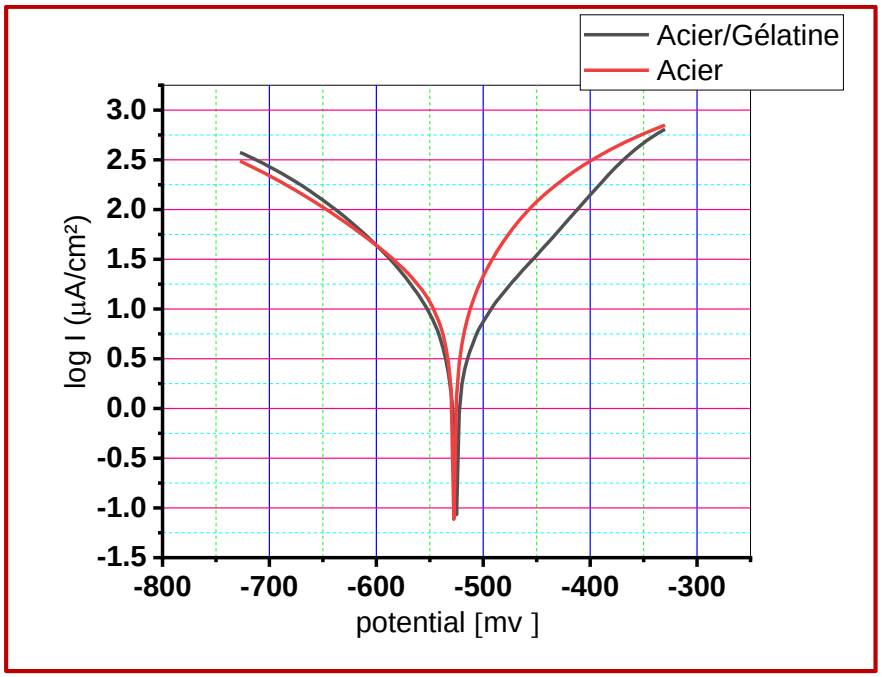
منحنى الاستقطاب للقطبين فولاذ و فولاذ/جيلافيتين ممثل **الشكلين 19.III** و **18.III .**



الشكل 18.III: منحنى فولاذ/جيلاتين في محلول 0.1 HCl مول/ل عند المجال [0mv , -800mv] بسرعة مسح V=30mv/s



الشكل 19.III: منحنى فولاذ في محلول HCl 0.1مول/ل عند المجال [0mv,-800mv]بسرعة مسح v=30mv/s



الشكل 20.III: Tafel للقطبين فولاذ/جيلاتين, فولاذ

الجدول 3.III: نتائج منحنى Tafel

Milieu HCl	E(i=0)	Rp	i corr :	Ba	Bc	Coef	Corrosion
Acier	-527.5mv	1.67 kohm.cm²	12.1229 µA/cm²	76.9mv	-129.1mv	0.9998	141.7 µ m/γ
Gélatine/ Acier	-525.3mv	3.13 kohm.cm²	4.2238 µA/cm²	82.5 mv	-70.2mv	1.0000	49.40 µ m/γ

من خلال نتائج منحنى تيفال (Tafel) المسجلة في الجدول : نجد معدل التآكل بالاعتماد على طريقة الاستقطاب باستعمال قيم شدة التيار في وجود وغياب المثبط من العلاقة نتحصل على:

$$IE = \frac{Lc_{un} - Lc_{in}}{Lc_{un}} \mathbf{100\%} \quad \text{بالتعويض} \quad \frac{12.1229 - 4.2238}{12.1229} = 0.6515$$

أي ان معدل الحماية يقدر ب 65.15بالمائة

خاتمة

الخاتمة:

التآكل ظاهر لا مفر منها لكن يمكن التحكم بها بعدة طرق مختلف من بينها استخدام المثبطات العضوية الصديقة للبيئة لحماية المعدن من التآكل بسب فعاليتها القوية واتساع تواجدها وعدم سميتها من خلال دراسة الفعالية التثبيطية للتآكل للمادة الجيلاتين في وسط حمض كلور الهيدروجين HCl بتركيز مختلفة، على ركيزة الفولاذ الكربوني X52، تم تقييم فعالية المثبط ومن خلال وتحليل النتائج التي توصلنا اليها في هذا البحث ومنحنيات شدة التيار ومنحنيات الجهد ومنحنيات الممانعة.

يمكن استخلاص النتائج التالية:

* تواجد طبقة من الجيلاتين على Acier X52 يقلل من سرعة التاكل

* تنخفض قيمة جهد التوزن (ECS) عند تواجد طبقة من الجيلاتين على Acier X52

* ارتفاع شدة التيار (I) خلال تثبت جيلاتين على Acier X52 وهذا يعني تغير سطح تلامس

* تقل سرعة التآكل كلما زادنا من كمية جيلاتين

* عند ارتفاع في سرعة المسح تزداد سرعة التآكل وتنخفض قيمة الجهد (ECS).

ملخص

الهدف من هذا العمل هو استعمال مادة الجيلاتين كمثبط.

أخذنا مادة الجيلاتين وقمنا بتثبيتها على القطب Acier X52 بعدة طرق كهرو كيميائية في وسط قاعدي. ثم درسنا التآكل القطب المعدل في محلول حامضي تركيزه 0.1 مول/ل..

الكلمات المفتاحية:

الجيلاتين. التآكل. Acier X52. فولط متري حلقي.

Résumé

Le but de ce travail est d’utilisée la gélatine en tant qu'inhibiteur.

Nous avons déposé la gélatine sur l'électrode Acier X52 selon plusieurs méthodes électrochimiques, dans un milieu alcalin. Ensuite, nous avons étudié la corrosion de l’électrode modifiée dans une solution, d'acide à 0,1 mol/l.

Les mots clés:

Gélatine. Corrosion. Acier X52. Voltamétrie cyclique.

Abstract

The aim of this work is to study gelatin as an inhibitor.

We have deposited gelatin to the Acier X52 electrode in several electrochemical methods, in alkaline medium. Then we studied the corrosion of modified electrode in acid solution 0.1mol/l.

Key words:

Gelatin. Corrosion. steelX52. Cyclic-voltmetrie.