

جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة  
علوم المادة



# مذكرة ماستر

علوم المادة  
فيزياء  
فيزياء مواد

رقم : أدخل رقم تسلسل المذكرة

إعداد الطالب:  
غالم أميرة

يوم : 18/06/2023

(دراسة تآكل سبائك  $Mg$  5%mass.  $Al$  المعالجة والغير معالجة حراريا في وسط حمضي  
(HCl) م بوجود مثبت طبيعياشو)

## لجنة المناقشة:

رئيس	جامعة محمد خيضر - بسكرة-	الرتبة	حز الله وهيبة
مناقش	جامعة محمد خيضر - بسكرة-	الرتبة	بن يحيى نوال
مؤطر	جامعة محمد خيضر - بسكرة-	الرتبة	زرمان سميرة

السنة الجامعية : 2022-2023

# الإهداء

أولا وقبل كل شيء أحمد الله عز وجل على أن وفقني في هذا العمل أما بعد: أهدي هذا العمل:

إلى نفسي التي عانت من أجل الوصول إلى هذه المرحلة.

إلى كل طالب علم يسعى لكسب المعرفة و تزويد رصيده المعرفي العلمي و الثقافي.

إلى من علمني أن الدنيا كفاح و سلاحها العلم والمعرفة، الذي لم يبخل علي بأي شيء، من سعى لأجل راحتي و نجاحي، أعظم و أعز رجل في الكون: أبي العزيز حفظه الله و أطال عمره.

إلى من ساندتني في صلاتها و دعائها، من سهرت الليالي تنير دربي، من تشاركني أفراحي و أحزاني، نبع العطف و الحنان، أجمل ابتسامة في حياتي، أروع امرأة في الوجود: أمي الغالية حفظها الله و أطال عمرها.

إلى رموز السند والعون، إخوتي علاء الدين وسعد أيوب حفظهما الله و أنار دربهما.

إلى الحب المتبادل الذي لا يفنى: أختاي إكرام وجهينة حفظهما الله

إلى أختي التي لم تلدها أمي ورفيقة دربي دنيا.

إلى الصديقة التي لا تكل و لا تمل من سماع قصصي: زوجة أخي شريفة حفظها الله.

إلى من وقف بجانبني وساندني لأحقق طموحي رفيق دربي المستقبلي رضا وعائلته الكريمة

إلى صديقات عمري وحبوبات قلبي: شيناز، جيهان، سامية.

و أمتن لكل من كان له فضل في مساعدتي ولو باليسير.

-أهدي هذا العمل المتواضع-

(عالم أميرة)

# شكر و تقدير

بسم الله الرحمن الرحيم اللهم صل وسلم على سيدنا محمد خير البشرية و خاتم الأنبياء والمرسلين وعلى آله وصحبه ومن اتبعه إلى يوم الدين تسليماً كثيراً.

الحمد والشكر أولاً وآخراً لله فاطر السماوات والأرض الذي أوصلنا إلى هذا المستوى المتقدم من العلم الذي طالما دعونا فاستجاب دعوانا واستخرنا فأرشدنا إلى الدرب الصحيح والذي وفقنا بفضل العظيم في إتمام هذه المذكرة.

أتقدم و بكل معاني التقدير و الاحترام بالشكر للأستاذة " زرمان سميرة" لتفضلها بالإشراف على هذا العمل، والتي كانت معي و قدمت من وقتها ورافقتني إلى آخر نقطة في إنجاز هاته المذكرة، متمنين لها دوام الصحة والعافية والتوفيق.

كما أتقدم بجميل الشكر و العرفان للجنة المشرفة على تقييم هذا العمل الأستاذتان "حرز الله وهيبة" والأستاذة " بن يحيى نوال"، وأخص بالذكر الأستاذة "العلمي" لمساهمتها في هذا العمل، كما لا ننسى أن نتقدم بأرقى و أثن عبارات الشكر و العرفان كل أساتذة قسم العلوم الدقيقة كلا باسمه ومقامه .

شكراً وبكل معنى تحمله هاته الكلمة بين طياتها لعائلتنا من الكبير إلى الصغير، ولكل من ساعد ولو بمجرد سؤال عن أحوالنا في إنجاز هذا العمل.

الفهرس

I.....	إهداء.....
II.....	شكر و عرفان .....
III.....	الفهرس.....
VI.....	قائمة الأشكال.....
VIII.....	قائمة الجداول.....
1.....	المقدمة العامة.....
2.....	قائمة المراجع.....
الفصل الأول: الدراسة النظرية	
3.....	مدخل.....
3.....	I-1- تعريف التآكل.....
3.....	I-2- أهمية دراسة ظاهرة التآكل.....
3.....	I-3- العوامل المؤثرة على ظاهرة التآكل.....
5.....	I-4- أنواع التآكل .....
5.....	I-4-1- التآكل المنتظم .....
5.....	I-4-2- التآكل الموضعي .....
6.....	I-4-3- تآكل الجهد .....
6.....	I-4-4- التآكل الحبيبي .....
7.....	I-4-5- التآكل الغلفاني .....
7.....	I-4-6- التآكل بالحك أو الإلتماس .....
8.....	I-4-7- التآكل بالتعرية .....
8.....	I-5- الحماية من التآكل .....
8.....	I-5-1- الاختيار المناسب للمواد .....
9.....	I-5-2- التغطية .....
10.....	I-5-3- التصميم الهندسي الملائم .....
10.....	I-5-4- الحماية المصعدية والمهبطية .....
11.....	I-5-5- الحماية باستعمال المثبطات .....
11.....	I-5-5-1- تعريف المثبط .....
11.....	I-5-5-2- تقسيم المثبطات .....
12.....	I-5-5-2-1- حسب وسط عملها .....
13.....	I-5-5-2-2- حسب آلية التفاعل .....
13.....	I-5-5-2-3- حسب طبيعتها .....

14.....	6-I- المثبطات الطبيعية
14.....	7-I- الألمنيوم
15.....	8-I- المعالجة الحرارية المتجانسة
15.....	9-I- بعض الدراسات السابقة
17.....	قائمة المراجع

الفصل الثاني: الطرق والأجهزة المستعملة

21.....	تمهيد
21.....	1-II- الطرق والأجهزة المستعملة
21.....	1-1-II- العينات المدروسة
21.....	2-1-II- تحضير العينات المدروسة
21.....	1-2-1-II- عملية الصقل الميكانيكي
22.....	2-2-1-II- المعالجة الحرارية للعينات
22.....	1-2-2-1-II- المعالجة الحرارية المتجانسة
23.....	2-2-2-1-II- المعالجة الحرارية للشيخوخة
23.....	2-II- تحضير المحاليل
23.....	1-2-II- تحضير محلول حمض الهيدروكلوريك HCl
23.....	2-2-II- تحضير الثوم
24.....	2-2-II- أ- تحضير مستخلص الثوم (مستخلص المثبط) بالطريقة الحرارية
25.....	2-2-II- ب- تحضير مستخلص الثوم (مستخلص المثبط) بطريقة الإيثانول
25.....	3-II- دراسة سرعة التآكل باستعمال تقنية الكتلة الضائعة
25.....	1-3-II- معدل التآكل
25.....	2-3-II- تقنية الكتلة الضائعة
26.....	4-II- طريقة العمل
26.....	1-4-II- في غياب المثبط
27.....	2-4-II- في وجود المثبط
27.....	3-5-II- وجود المثبط المستخلص بطريقة الإيثانول بتغيير درجة الحرارة
28.....	قائمة المراجع

الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها

29.....	مدخل
29.....	1-III- دراسة العينات الغير معالجة
29.....	1-1-III- دراسة العينات الغير معالجة حراريا بالمحلول الحمضي (HCl) بدون مثبط
30.....	2-1-III- دراسة تأثير العينات الغير معالجة حراريا بالمحلول الحمضي (HCl) بوجود المثبط
30.....	1-2-1-III- المثبط المحضر بطريقة الإيثانول في الإيثانول

33.....	III-1-2-1-1 المثبط المحضر بطريقة التسخين .....
36.....	III-2-2-1-2 دراسة العينات المعالجة حراريا (عملية التجانس) (homogénéisation) .....
36.....	III-1-2-2-1 دراسة تآثر العينات المعالجة حراريا (معالجة المتجانسة) بالمحلول الحمضي (HCl) بغياب المثبط .....
38.....	III-2-2-2-2 دراسة تآثر العينات المعالجة حراريا (معالجة المتجانسة) بالمحلول الحمضي (HCl) في وجود مثبط (المحضر بالإذابة في الإيثانول وبالتسخين).....
39.....	III-3-3-3-3 دراسة العينات المعالجة حراريا بعملية التعتيق عند درجة حرارة 200 درجة .....
40.....	III-4-4-4-4 مقارنة النتائج المحصل عليها لمختلف العينات المدروسة .....
41.....	III-5-5-5-5 دراسة التأثير درجة الحرارة على العينات المعالجة حراريا بالتجانس و الغير المعالجة .....
43.....	III-6-6-6-6 تحديد طاقة التنشيط .....
46.....	III-7-7-7-7 أنواع متساوي الإمتزاز .....
47.....	III-1-7-7-1 حساب تغطية السطح $\theta$ .....
50.....	III-8-8-8-8 تحديد نوع إمتزاز المثبط .....
51.....	III-1-8-8-1 معلمات الإمتزاز الديناميكي الحراري .....
54.....	قائمة مراجع الفصل الثالث .....
56.....	الخاتمة العامة .....
57.....	الملخص .....

## قائمة الأشكال

## الفصل الأول: الدراسة النظرية

- الشكل 1.I. تأثير PH على مقاومة المعادن للتآكل ..... 4
- الشكل 2.I. التآكل المنتظم ..... 5
- الشكل 3.I. التآكل النخر ..... 6
- الشكل 4.I. التآكل التصدع ..... 6
- الشكل 5.I. التآكل الشعبي ..... 6
- الشكل 6.I. تشققات تآكل الجهد ..... 6
- الشكل 7.I. التآكل الحبيبي ..... 7
- الشكل 8.I. التآكل الغلفاني ..... 7
- الشكل 9.I. التآكل بالحك ..... 7
- الشكل 10.I. التآكل بالتعرية ..... 8
- الشكل 11.I. الرسم البياني لفقدان الوزن من الفولاذ الطري في غياب وجود مستخلص الثوم ..... 16

## الفصل الثاني: الطرق والأجهزة المستعملة

- الشكل 1.II. الصقل الميكانيكي لعينة ..... 22
- الشكل 2.II. الفرن الكهربائي ..... 23
- الشكل 3.II. العينات قبل إدخالها للفرن ..... 23
- الشكل 4.II. مسحوق الثوم (المثبط) ..... 24
- شكل 5.II. تحضير مستخلص الثوم بالطريقة الحرارية ..... 24
- الشكل 6.II. صورة فوتوغرافية للميزان الإلكتروني بدقة 0.0001 ..... 25
- الشكل 7.II. قياس أبعاد العينة بالقدم القنوية ..... 26
- الشكل 8.II. بداية تآكل العينة في غياب المثبط ..... 27
- الشكل 9.II. دراسة تأثير درجة الحرارة على تآكل العينات في وجود المثبط ..... 27

## الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها

- الشكل 1.III. تغيرات سرعة التآكل بدلالة الزمن في حالة غياب المثبط لعينات غير معالجة حراريا ..... 30
- الشكل 2.III. معدل تآكل العينات غير المعالجة حراريا في وجود المثبط (الإذابة في إيثانول) بدلالة الزمن ..... 32
- الشكل 3.III. تغيرات معدل التآكل بدلالة التركيز العينات الغير معالجة حراريا في وسط حمضي لمدة 24 ساعة وفي وجود المثبط طريقة الإذابة في الإيثانول ..... 33
- الشكل 4. III. تغيرات معدل التآكل بدلالة الزمن للعينات المغمورة في وجود المثبط المحضر بطريقة التسخين ..... 35
- الشكل 5.III. تغير معدل التآكل بدلالة تركيز المثبط المحضر بطريقة التسخين خلال 24 ساعة ..... 36
- الشكل 6.III. نتائج غمر العينات المعالجة حراريا بالمعالجة لمتجانسة (homogénéisation) في غياب مثبط ..... 37

- الشكل III.7. تغير معدل التآكل بدلالة الزمن للعينات المعالجة بعملية التجانس في وجود مثبت (الإذابة في الإيثانول والتسخين) ..... 39
- الشكل III.8. أعمدة تكرارية لتغيرات معدل التآكل العينات معالجة حراريا بالتجانس و التعتيق وغير المعالجة في وجود المثبط (الإذابة في الإيثانول والتسخين) بتركيز %15 ..... 41
- الشكل III.9. تغيرات كفاءة التثبيت بدلالة درجة الحرارة بالكلفن ..... 42
- الشكل III.10. منحنى Arrhenius للعينات المعالجة حراريا (Homogeneisation) في وسط حمضي في وجود المثبط ..... 43
- الشكل III.11. منحنى Arrhenius للألمنيوم الغير معالج حراريا في وسط حمضي في وجود المثبط محضر بطريقة الإذابة في الإيثانول ..... 44
- الشكل III.12. منحنى Arrhenius للألمنيوم المعالج حراريا (Homogeneisation) في وسط حمضي في وجود المثبط ..... 45
- الشكل III.13. منحنى Arrhenius للألمنيوم الغير معالج حراريا في وسط حمضي في وجود المثبط ..... 45
- الشكل III.14. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Langmuir ..... 47
- الشكل III.15. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Freundlich ..... 48
- الشكل III.16. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Frumkin ..... 48
- الشكل III.17. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Flory Huggins ..... 49
- الشكل III.18. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج El-Alwad ..... 49
- الشكل III.19. منحنى تغيرات  $K_{ads}$  بدلالة مقلوب درجة الحرارة  $\frac{1}{T}$  ..... 53



## قائمة الجداول

## الفصل الأول: الدراسة النظرية

الجدول I.1. تأثير إضافة نسب من النيكل والكروم لتآكل المعدن ..... 9

## الفصل الثاني: الطرق والأجهزة المستعملة

الجدول II.1. النسب المنوية الكتلية للعناصر المكونة لسبيكة الألمنيوم- ماغنيزيوم ..... 21

## الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها

الجدول III.1. تأثير الغمر في محلول حمضي (HCl) بدون مثبت لعينات غير معالجة حراريا ..... 29

الجدول III.2. نتائج غمر العينات غير المعالجة حراريا في وسط حمضي في وجود المثبط محضر بطريقة الإذابة في

الإيثانول ..... 31

الجدول III.3. نتائج غمر العينات الغير معالجة حراريا في وسط حمضي لمدة 24 ساعة وفي وجود المثبط طريقة

الإذابة في الإيثانول بتركيز مختلفة ..... 32

الجدول III.4. غمر العينات غير المعالجة حراريا في وجود تراكيز للمثبط محضر بطريقة التسخين ..... 34

الجدول III.5. نتائج غمر العينات الغير معالجة حراريا لمدة 24 ساعة مع تراكيز مختلفة في وسط حمضي في وجود

المثبط محضر بطريقة التسخين ..... 35

الجدول III.6. نتائج غمر العينات المعالجة حراريا بالمعالجة المتجانسة (homogénéisation) في غياب مثبت ... 37

الجدول III.7. نتائج غمر العينات المعالجة حراريا بالمعالجة المتجانسة (homogénéisation) في وجود مثبت

(المحضر بالإذابة في الإيثانول وبالتسخين) بتركيز 15% و 11.11% ..... 38

الجدول III.8. نتائج غمر عينات عملية التعتيق عند درجة حرارة 200 درجة في وجود مثبت (بالإذابة في الإيثانول

والتسخين) بتركيز 15% ..... 40

الجدول III.9. المقارنة بين نتائج غمر العينات (غير المعالجة معالجة - المعالجة بعملية التجانس و بالتعتيق في

وجود مثبت (الإذابة في الإيثانول والتسخين) بتركيز 15% ..... 40

الجدول III.10. تغير كفاءة التثبيط في وجود المثبط المستخلص بطريقة الإيثانول بتركيز 15% بدلالة درجة

الحرارة ..... 42

الجدول III.11. المعلمات الديناميكية الحرارية المحسوبة لإمتزاز ..... 46

الجدول III.12. قيم معامل الارتباط لمعادلات متساوي الحرارة ..... 50

الجدول III.13. قيم طاقة جيبس  $\Delta^{\circ}G_{ads}$  ومعامل الإمتزاز  $K_{ads}$  ..... 51

الجدول III.14. قيم معامل الإمتزاز  $K_{ads}$  ..... 52

الجدول III.15. قيم معلمات الإمتزاز الديناميكي الحراري للمثبط بدلالة درجة الحرارة ..... 53

المقدمة

العامّة

## المقدمة العامة

يعيش سكان الدول الصناعية في مجتمعات قائمة على المعادن. حيث تستخدم أنواع مختلفة من الفولاذ في الهياكل السكنية والتجارية، الجسور، السيارات، قطارات الركاب، عربات السكك الحديدية، السفن، الأرصفة، خطوط الأنابيب وخزانات التخزين، وفي بناء المحركات. كما يتم استخدام سبائك الألمونيوم في مجموعة متنوعة من الصناعات تتراوح بين إطارات الطائرات إلى حاويات الأطعمة المعلبة إلى التطبيقات الإلكترونية. و يستخدم النحاس في أنابيب المياه والموصلات الكهربائية والأسطح المزخرفة [1].

يوجد 85 معدن في الجدول الدوري، ومهما كان الاستخدام النهائي تميل جميع المعادن الشائعة إلى التفاعل مع بيئاتها بدرجات مختلفة وبمعدلات مختلفة [2]. وبالتالي فإن التآكل هو ظاهرة طبيعية وهو هجوم مدمر للمعدن من خلال بيئته بحيث يتسبب في تدهور خصائص المعدن وبذلك يصبح خطرا على الإنسان وغير قابل للاستعمال مما يتطلب استبداله من جديد [3]، هذا الذي يؤثر على الإقتصاد لهذا تم دراسة هذه الظاهرة والبحث عن مثبتات تكون ملائمة لها وخواصها وكذلك محيطها من أجل حماية المعادن [4]، خاصة تحت الظروف الحالية ونظرا لتلوث محيطنا قام الباحثون باقتراح وتجربة بعض المثبتات المستخلصة من مواد طبيعية لضمان عدم حدوث أو ظهور أي مضاعفات على البيئة المحيطة بنا من بين ما تم استعماله: إكليل الجبل، الشاي الأخضر، جذور البلوط وغيرها.

ارتأينا القيام بهذا البحث للتعرف على هذه الظاهرة و تأثير المثبت الطبيعي (الثوم) عليها نظرا لأهميتها البالغة. قسمنا هذا البحث بالإضافة إلى هذه المقدمة إلى ثلاثة فصول كما يلي:

تضمن الفصل الأول الجانب النظري والذي تطرقنا فيه إلى ظاهرة التآكل وأنواعه وطرق الحماية منه والمثبتات وتصنيفاتها. و قدمنا من خلاله بعض النتائج لأعمال أنجزت في هذا المجال حتى تكون مرجعا وسندا لنا لتفسير بعض النتائج المحصل عليها.

بينما في الفصل الثاني عرفنا بالأجهزة والعينة المستعملة و البروتوكولات المتبعة لانجاز هذا العمل.

في الفصل الثالث قمنا بتقديم وتحليل النتائج المتحصل عليها باستعمال تقنية الكتلة الضائعة مع التعرض لتأثير مجموعة من العوامل من تركيز المثبت ودرجة الحرارة وزمن الغمر على عملية تآكل عينات ألمنيوم-مغنيزيوم 5%، والتوصل لنوع المثبت المستعمل.

وختمنا بحثنا هذا بخاتمة جمعنا فيها أهم النتائج المتوصل إليها

## مراجع المقدمة العامة

### لمراجع بالعربية:

[2] د. قحطان خلف محمد الخزرجي، عبد الجواد محمد أحمد الشريف التآكل: 'أسبابه أنواعه طرق الحماية منه ' جامعة بغداد 1988.

[3] د. محمد إسماعيل علي الدرمللي، الكيمياء الكهربائية، الفصل الثامن عشر: التآكل والسيطرة عليه، دار العلم والإيمان للنشر والتوزيع

### المراجع باللاتينية:

[1] E. McCafferty , Introduction to Corrosion Science , Springer, 4 janvier 2010.

[4] Alfred Samuel. Bradford, Corrosion Control , Springer US , 6 décembre 2012.

الفصل الأول

الدراسة النظرية

## مدخل:

تعتبر ظاهرة التآكل من أكثر الظواهر التي تتعرض لها المعادن خطراً، وإذا تركت دون مجابقتها فإنها بالتأكيد ستتبع بكوارث وخيمة سواء في الاقتصاد الوطني نظراً لتآكل العتاد أو استنزاف الطاقة و الوقت كذلك ولكي يحدث التآكل في منشأة أو جزء من المعدن ، يجب أن تتوفر العوامل التي تستدعي هذا التآكل ، وبذلك فإن عملية الحماية من التآكل تتمثل في إيقاف على تلك الأسباب أو أحدها [1].

### I - 1- تعريف التآكل:

بدأ الناس في استخدام مصطلح "التآكل" لوصف التفاعل بين المعادن والبيئة في نهاية القرن السابع عشر. و مصطلح "التآكل" مشتق من الكلمة اللاتينية *corodere* والتي تعني "تآكل". [2].

عبارة عن أكسدة معدن معرض لعوامل طبيعية أو مواد كيميائية، وبشكل أدق التآكل عبارة عن تفاعل كيميائي (تفاعل أكسدة وإختزال ارجاع) تحدث على سطح المعدن عندما يكون المعدن متصلاً بالوسط المسبب للتآكل مثل الهواء أو المحاليل المائية وغيرها. ويمكن تعريفه بأنه تلف أكسيدي لمعدن ما [3].

### I - 2 - أهمية دراسة ظاهرة التآكل:

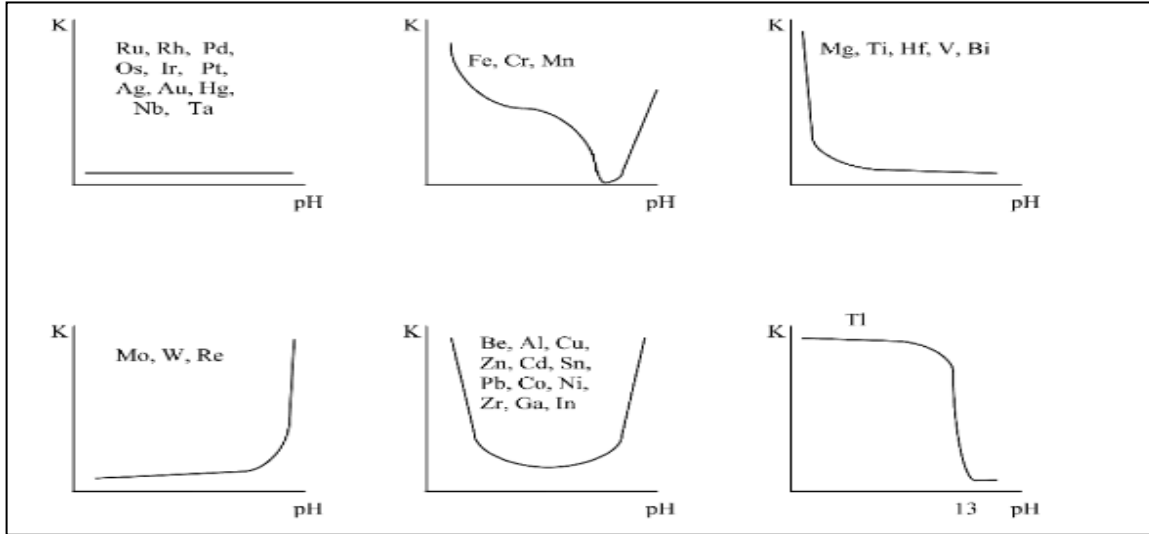
- اقتصادياً تتمثل في تقليل الفاقد من المواد المعدنية المتآكلة مثل أنابيب البترول والمياه والخزانات المعدنية والأجزاء المعدنية المكونة للألات والسفن وغيرها.
- تحقيق الأمن للإمكانات والبنىات التي عند تعرضها للتآكل قد تنهار محدثة عواقب كبيرة وكوارث مثل أواني الضغط العالي والغلايات، الحاويات المعدنية للمواد المشعة ،مكونات الطائرات وغيرها .
- حماية مخزون العالم من المعادن التي قد يتم خسارته بسبب التآكل وبالتالي الحفاظ على المخزون من الطاقة والماء المستخدمين في عملية إعادة تصنيع وتشكيل ما فقد من المعادن.

### I - 3- العوامل المؤثرة على ظاهرة التآكل

من أجل الحفاظ على المعادن من التآكل لا بد من التعرف على العوامل التي تؤثر على هذه الظاهرة والتي بذلك قد تزيد أو تبطي من سرعة العملية والتوصل كذلك للنتيجة بسلوك تآكل المعادن في ظل ظروف معينة، فقد نقوم في كثير من الأحيان بتغيير هذه العوامل حسب الحاجة [2]. ومن أبرز هذه العوامل ما يلي:

- **PH الوسط:** تلعب حامضية الوسط دوراً كبيراً في التأثير على تآكل المعادن، كما أن

تأثيرها يختلف من معدن إلى آخر كما يبين الشكل (1)



الشكل 1.I. تأثير PH على مقاومة المعادن للتآكل

• تأثير المواد المذابة في الماء على التآكل

يختلف المحتوى الكيميائي لمياه الشرب (الشرب أو الصنبور) ومياه البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات والمياه الجوفية. القاسم المشترك لجميع أنواع المياه هذه هو الأس الهيدروجيني المحايد تقريباً (عادة ما بين 5.5 إلى 8.3)، ووجود المواد العضوية وغير العضوية، والغازات المذابة. التغيرات الطفيفة في المحتوى الكيميائي للأنواع في الماء قد تسبب تغيرات جذرية في معدل تآكل المعادن. كما أن بعض الأنواع من الأملاح المذابة في الماء تؤثر بشكل مباشر على عملية التآكل [2].

• طبيعة المعدن:

وتتعلق بالمواد التي تتكون منها السبيكة، بالإضافة إلى معالجتها الحرارية والميكانيكية [4].

• تأثير الزمن:

مدة التأثير الضغط و مدة تأثير درجة الحرارة قد تلعب دورا فعالا في هذه الظاهرة [4].

• تأثير درجة الحرارة

ومن المعروف أن هناك علاقة طردية بين درجة الحرارة و معدل التآكل [4].

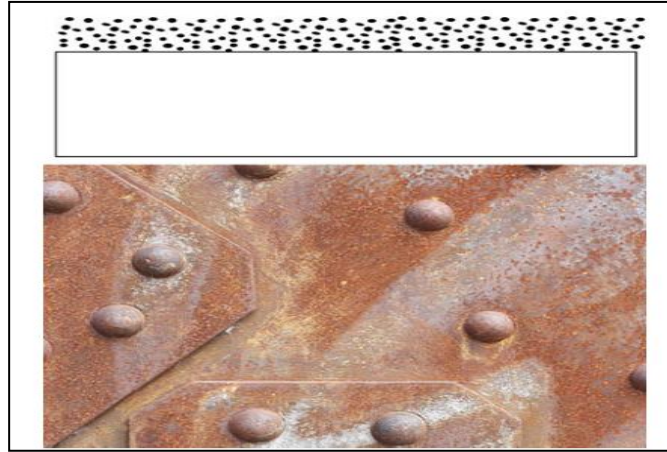
• شروط العمل

و تتعلق بحالة سطح السبيكة، ووجود المثبط [4].

I -4- أنواع التآكل

I -1-4- التآكل المنتظم

هو تآكل يحدث بنفس المعدل إلى حد كبير على السطح المكشوف بالكامل للمعدن وهو التآكل الأكثر انتشارا والأكثر أمانا، وهو أكثر شيوعا في المنشآت المعرضة للتآكل الجوي أو التآكل في مياه البحار [5].

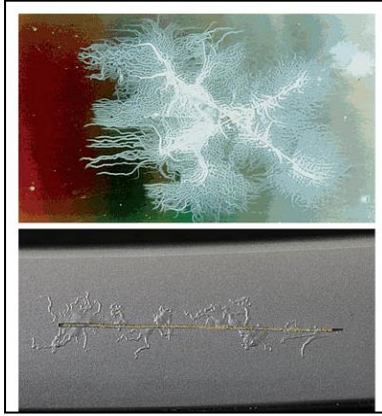


الشكل I.2. التآكل المنتظم

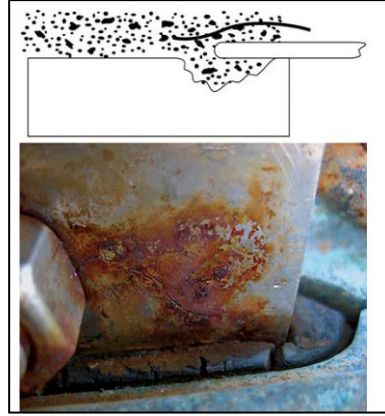
I -2-4- التآكل الموضعي

عادة ما يشار إلى التآكل الموضعي على أنه تآكل يوجد به هجوم مكثف على المواقع المحلية على سطح معدني حيث تكون عبارة عن نقطة أو منطقة محدودة. و يرتبط التآكل الموضعي بالانهيار المحلي للواقى على سطح الهيكل المعدني . ومن أنواعه تآكل النخر، التآكل الشعبي وتآكل التصدع.[6]

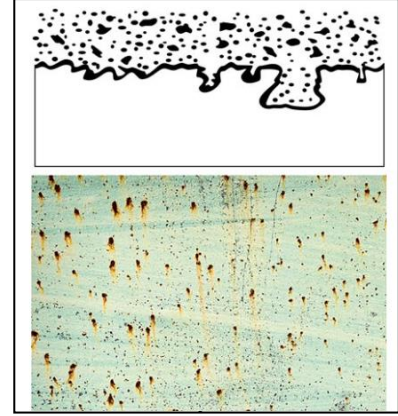




الشكل 5.I. التآكل التشعبي



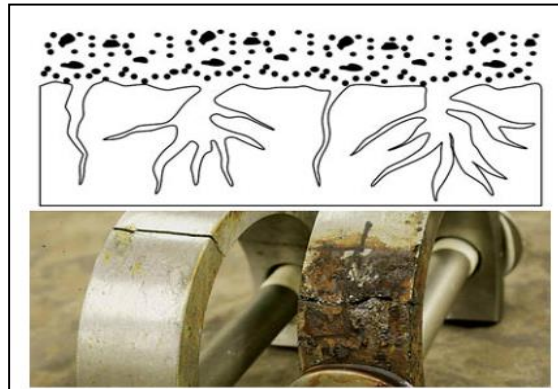
الشكل 4.I. التآكل التصدع



الشكل 3.I. التآكل النخر

### I - 4-3- تآكل الجهد

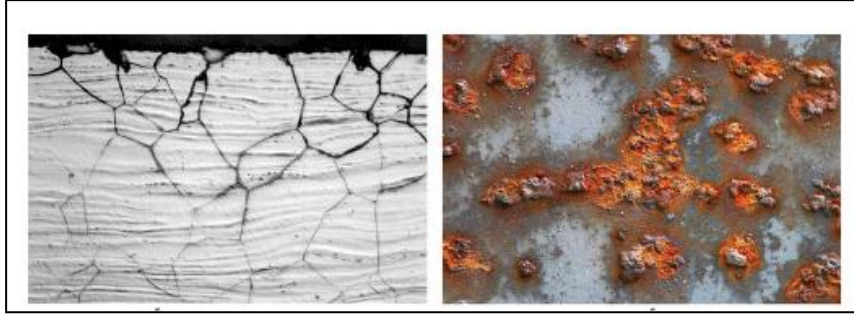
تظهر هذه التشققات بسبب التأثير المشترك للإجهاد الميكانيكي والمحيط. و ينتج الإجهاد عن الحمل المطبق أو الإجهاد المتبقي في المعدن عن عملية التصنيع أو كليهما [7].



الشكل 6.I. تشققات تآكل الجهد

### I - 4-4- التآكل الحبيبي

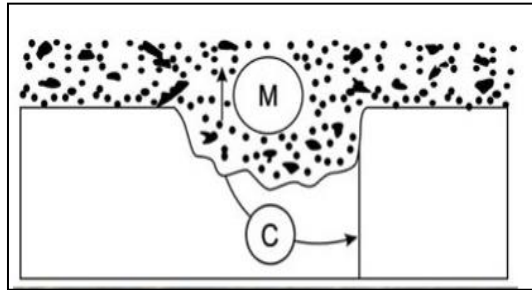
يعرف التآكل بين الحبيبات بأنه تآكل موضعي عند حدود الحبيبات أو بجوارها، مع تآكل قليل نسبياً للحبيبات. يؤدي في أحسن الأحوال إلى فقدان الليونة والقوة، وفي أسوأ الأحوال إلى تدمير سريع للغاية للمعدن. في معظم الحالات، يرتبط التآكل الحبيبي بوجود طور مختلف عن المعدن الأساسي في سلوكه الكهروكيميائي عند حدود الحبوب. عادة ما يتم تقييم مدى التآكل بين الخلايا الحبيبية من خلال فحوصات المعادن للسطح والمقطع العرضي للعيونة المتأكلة ويتم قياسه من خلال عمق الاختراق على طول حدود الحبوب. يمكن أيضاً تقييمه من خلال قياسات القوة والليونة [8].



الشكل 7.I. التآكل الحبيبي

### I- 4-5- التآكل الغلفاني

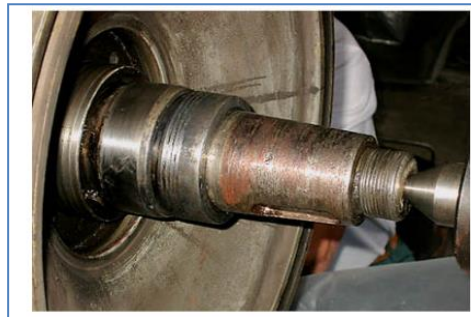
هو التآكل المتسارع للمعدن بسبب التلامس الكهربائي مع معدن أكثر نبلا فتتشكل مزدوجة غلفانية بين المعدنين ويلعب أحد المعدنين دور القطب الموجب والآخر القطب السالب [9].



الشكل 8.I. التآكل الغلفاني

### I- 4-6- التآكل بالحك أو الإلتماس

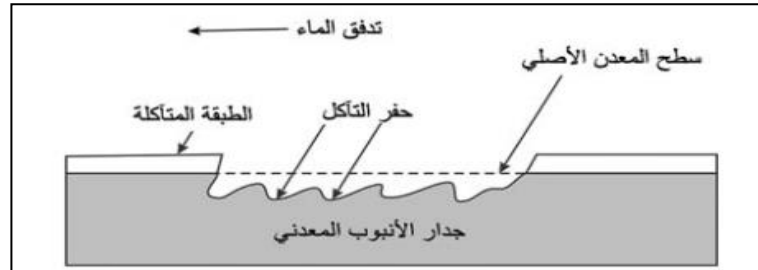
وهو تآكل سريع، ويحدث عند نقاط التلامس بين سطوح المعدن المحملة بأحمال كبيرة و التي تتعرض لحركة اهتزازية صغيرة مثل المحركات [10].



الشكل 9.I. التآكل بالحك

I- 4-7- التآكل بالتعرية

حركة السريعة للسوائل ضمن الأنابيب تسبب اقتلاع أجزاء من الطبقة السطحية أو الترسبات التي تشكل حماية من التآكل. وهذا ما يسمى بتآكل التعرية. [10]



الشكل 10.I. التآكل بالتعرية

I- 5- الحماية من التآكل

إن تآكل المعادن مكلف جدا و كذلك عملية إعادة تصنيعها والتي تستهلك مخزون المعادن والطاقة، هذا الذي يؤثر سلبا على الاقتصاد. لذلك عمد العلماء على إيجاد طرق تساهم في الحفاظ على المنشآت و الهياكل المعدنية كمنطحات السحاب والجسور والسفن وغيرها من التآكل [11]. ومن أهم هذه الطرق ما يلي:

I- 5- 1- الإختيار المناسب للمواد

يؤثر التآكل على المعادن بشكل متفاوت، حيث ان هناك بعض المعادن التي تقاوم التآكل بشكل أفضل من غيرها إلا أنها باهضة الثمن لهذا يتم استعمالها في القطع الأكثر أهمية.

لهذا يتم اختيار المعادن الأكثر مقاومة للتآكل والأقل تكلفة من أجل استعماله ، حيث يفضل الاختيار وفق ما يلي:

• المعادن الأكثر مقاومة للأحماض

هناك علاقة بين سرعة التآكل و PH الوسط، إذ أنها تختلف من معدن لآخر كما وضنا في

الشكل (1.I) .

● التعديل في بنية المادة

يتم مزج بعض المواد مع معادن لزيادة مقاومتها للتآكل، حيث أن إضافة الكروم أو النيكل للفولاذ يزيد من مقاومته للتآكل [1].

**الجدول 1.I. تأثير إضافة نسب من النيكل والكروم لتآكل المعدن**

Ni%	معدل التآكل، mm/y	Cr%	معدل التآكل، mm/y
0	0.9	0	0.9
3	0.1	0.25	1.25
5	0.075	5	0.525
9	0.05	9	0.04
		12	0

**2-5-I- التغطية**

و تتم بتشكيل طبقة رقيقة من العازل بين المعدن والوسط الخارجي وتنقسم لثلاثة أنواع هي:

● التغطية بمعدن

يتم تغطية المعدن المطلوب بمعدن آخر بهدف حمايته من استمرار التآكل وينقسم لقسمين: تغطية مصعدية وتغطية مهبطية [12].

● الطلاءات العضوية

بداية يتم معالجة سطح المعدن من الصدأ والمواد العالقة ثم يطلّى بطبقة أساسية لمنع التآكسد وبعده بطبقة أو عدة طبقات من الدهان مثل الورنيشات، الأكيهات والبويات المانعة للتآكل. وبهذه الطريقة يمنع الغطاء مرور الماء والهواء للمعدن وحدوث التآكل. ويتصف هذا الغطاء بكونه غير مقاوم لدرجات الحرارة العالية [13].

● الطلاءات اللاعضوية

وتتميز بمقاومتها الجيدة للحرارة والمواد الكيميائية، ويكون عادة عبارة عن طبقة من الخزف أو الزجاج أو الأكاسيد المعدنية، إلا أن هذا النوع من الطلاء سريع الانكسار وغير مقاوم للصدمات [13].

I-5-3- التصميم الهندسي الملائم

الاختيار الأمثل للتصميم الهندسي قد يقلل من نسبة تآكل المعدن، فاستعمال الوصلات بين المعادن و البراغي يزيد من معدل التآكل، بينما اللحام وعزل المعادن المختلفة يقلل منه بالإضافة لتصغير المساحات المعرضة للتآكل [14].

I-5-4- الحماية المصعدية والمهبطية

● الحماية المصعدية

و تتم هذه الطريقة بجعل المعدن يلعب دور مصعد في كهروليت الذي يكون عادة حمض الكبريت المخفف فتتكون طبقة مسامية، ومن أجل إغلاق هذه المسامات وجعل المعدن مغلفا بطبقة رقيقة وعازلة يتم تركه ليغلي في الماء [14].

● الحماية المهبطية

وتكون بجعل المعدن مهبطا بدل مصعد، و تعتمد هذه الطريقة على تغيير جهد المعدن لتقليل من تآكله [3]، وتنقسم إلى نوعين:

- الحماية المهبطية بالاعتماد على تيار خارجي: ويكون ذلك بتوصيل المعدن بالقطب السالب للمولد فيلعب دور المهبط، بينما يوصل القطب الموجب بمعدن آخر (حديد، رصاص، غرافيت،...) ويكون مصعدا ويبدأ في التآكل حاميا بذلك المعدن المطلوب [3].
- الحماية المهبطية بمساعد التضحية : وفي هذه الطريقة يتم توصيل المعدن المطلوب بمعدن آخر يكون جهده الكهربائي سالبا أكثر من الوسط، وبذلك يتشكل تيار كهربائي يلعب فيها المعدن المطلوب دور المصعد بينما يتم التضحية بالمعدن الآخر (مهبط). [3]

5-5-I- الحماية باستعمال المثبطات

رغم كثرة الطرق الموجودة لحماية المعادن من التآكل إلا أن طريقة استعمال المثبطات وخاصة الطبيعية منها لتقليل الضرر على الطبيعة، تعد من أفضل الطرق لمكافحة التآكل.

1-5-5-I- تعريف المثبط

هو مادة عند إضافتها إلى بيئة بتركيز صغير تقلل من تآكل المعدن، تعترض تدفق الشحنات المسؤولة عن التآكل، وتقلل من الأبخرة الحمضية الناتجة عن التفاعل المفرط بين الحمض والمعدن الأساسي. فهي تقلل التآكل إما عن طريق العمل كحاجز عن طريق تكوين طبقة كثيفة أو إعاقه العملية الكاثودية أو الأنودية أو كلا العمليتين [14]، ويحسب مردود التثبيط بالعلاقات التالية:

$$Cr = 8.76 \times 10^3 \frac{mi - mf}{S \rho t} \dots\dots\dots(1.I)$$

$$R\% = \frac{Cr_0 - Cr}{Cr_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2.I)$$

$Cr$  : معدل التآكل في وجود مثبط.

$Cr_0$  : معدل التآكل في غياب مثبط

$mf$  : الكتلة النهائية للعينة بعد الغمر

$mi$  : الكتلة الابتدائية للعينة قبل الغمر.

$R\%$  : مردود التثبيط

2-5-5-I- تقسيم المثبطات

يتم تقسيم المثبطات حسب ما يلي:

- وسط استعمالها.

- تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية الجزئية .

- حسب آلية التفاعل(التثبيط).

- طبيعتها.

I-5-5-2-1- حسب وسط عملها

I-5-5-2-1- أ- مثبطات الأوساط السائلة

• مثبطات الأوساط المائية: يوجد مثبطات يتم استعمالها في الأوساط المعتدلة وأخرى يتم استعمالها في الأوساط الحمضية هذه الأخيرة تستعمل لحماية المعدن من الهجوم الكيميائي [14].

• الأوساط العضوية: يتم استعمال كميات صغيرة معتبره من مثبطات التآكل في الوقود والزيوت التشحيم المحركات لحمايتها من التآكل [14].

I-5-5-2-1- ب- مثبطات الأوساط الغازية

هذا النوع من المثبطات يقوم بحماية الأجهزة ذات الحساسية العالية والدقيقة وكذلك القطع الإلكترونية [15].

I-5-5-2-1- ج- تأثيرها على التفاعلات الكهروكيميائية

• المثبطات المصعدية

هي مركبات عضوية تعمل على تغطيه الأجزاء الأنودية في المعدن كما تعمل على تخفيض شدة التيار المصعدي وسحب كمون التآكل نحو الاتجاه الموجب [10].

• المثبطات المهبطية

هي مركبات عضوية تعمل على تخفيض شدة التيار المهبطي وسحب كمون التآكل نحو الاتجاه السالب [10].

• المثبطات المختاطة

هي مركبات عضوية مصعدية ومهبطية في آن واحد تعمل على تخفيض شدة التيار المهبطي والمصعدي [10].

I-5-5-2-2- حسب آلية التفاعل (التثبيط)

وتنقسم إلى ما يلي:

• بالإمتزاز

وهي مركبات عضويه يتم إضافتها إلى الوسط فيحدث لها ما يعرف بالإمتزاز على مستوى السطح الفاصل بين المعدن والوسط فتعرض تفاعله مع الوسط وتستخدم عادة في الأوساط الحامضية وهناك نوعان من الامتزاز: الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي [15].

• بالترسيب

وتتكون في هذه الحالة رواسب تتموضع على سطح المعدن وتكون إما رواسب لأملاح معدنية أو مواد عضويه قليلة الذوبان في الوسط مما ينقص سرعه التآكل [15].

• الخمولية

تتشكل رواسب خاملة كيميائيا تجاه الوسط بسبب تفاعله مع المثبطات الموجودة على سطح المعدن وهذا يؤدي الى حدوث خمول للمعدن ونقص في سرعه التآكل. والمثبطات في هذه الحالة تتأثر بحمضية الوسط [7].

• إزالة العنصر الأكال

يتم ازاله العنصر المساعد على التآكل وذلك بتفاعله مع المثبط، مثال هذا استعمال كبريتيد الصوديوم كمثبط [7].

I-5-2-3- حسب طبيعتها

• المثبطات العضوية

غالبا ما تكون على شكل سلاسل كربونية تتضمن مراكز فعالة مثل تتمركز على سطح المعدن فتكون طبقة حماية له ضد التآكل. ولها نوعان مثبطات عضويه انودية ومثبطات عضويه كاثودية ويختلف تأثيرها نظرا لنوع التآكل و المواقع الفعالة التي تتضمنها [7].

• المثبطات غير العضوية



تكون مركبات معدنية لا تحتوي في بنائها على كربون، وتستعمل الأملاح البلورية عادة في الأوساط القاعدية، بينما تستعمل التي تحمل أيون اليود في الأوساط الحامضية غالباً [7].

### I-6- المثبطات الطبيعية (الخضراء)

تعتبر المواد المستخلصة من النباتات من بين أحسن المواد المثبطة للتآكل سواء من الجانب المادي أو من الجانب العملي إذ يمكن أن يرجع تثبيط تآكل المنتجات الطبيعية إلى مواد كيميائية نباتية التي تحتوي على مواد مثبطة للتآكل مثل قلويات، كربوكسيليكسيد، كيتونات، كحول، أحماض أسكوربيك، حمض التانينات، البوهيدرات، البروتينات، الفلافونويد، الأصباغ العضوية، المركبات الفينولية، الأحماض الأمينية، ومنتجات التحلل الحمضي. مقتطفات من مثبطات طبيعية مثل مستخلصات الأوراق والقشور والفواكه والجذور تتضمن خلائط من المركبات العضوية التي تحتوي على ذرات النيتروجين والكبريت والأكسجين في مجموعات وظيفية (O-H، C=C، C=O، N-H، C=O) بالإضافة إلى روابط متعددة، وحلقات عطرية تعمل مثل مثبطات مثيرة للإعجاب في بيئة تآكل [16].

### I-7- الألمنيوم

أصبح الألمنيوم ثاني أكثر العناصر المعدنية وفرة على وجه الأرض، منافساً اقتصادياً في التطبيقات الهندسية [17].

على الرغم من أنه عنصر وفير جداً، إلا أن الألمنيوم لا يوجد أبداً نقياً في الطبيعة. بدلا من ذلك يتم العثور عليه دائما مع عناصر أخرى. وأهم مصدر للألمنيوم هو نوع من الصخور يسمى البوكسيت، والذي يزودنا بأكثر من 99 بالمائة من المعدن. البوكسيت هو اسم لخليط من المعادن (جيبسيتي، دياسبور، بوهيميت) يحتوي على الألمنيوم والأكسجين والماء. يقع البوكسيت بشكل رئيسي في المناخات الاستوائية وشبه الاستوائية. توجد أكبر كمية من البوكسيت في أستراليا، ولكن توجد كميات كبيرة أيضا في البرازيل وغينيا وجامايكا. [18]

يتميز الألمنيوم وسبائكه (أخف بثلاث مرات من الفولاذ) بخصائص جيدة جدا من الموصلية الكهربائية والحرارية، فهي مقاومة بشكل طبيعي لتآكل الهواء والماء مما يجعله مناسباً لصناعة السيارات والطائرات كما أنه 100% قابلة لإعادة التدوير [19].

العدد الذري للألمنيوم هو 13. النظير الرئيسي هو  $^{27}\text{Al}$  مستقر، تتمتع جميع النظائر الأخرى بنصف عمر قصير ووفرة هذه النظائر ضئيلة. تتكون نواة النظير المستقر من 14 نيوترونا و 13 بروتوناً. ويتم توزيع 13 إلكترونات على النحو التالي  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  [17].

### 8-I- المعالجة الحرارية المتجانسة

يمكن تحسين خصائص سبائك الألومنيوم بشكل كبير خاصة بالمعالجات الحرارية. والتي تحتاج إلى أن يتم تنفيذها في معدات محددة تتطلب على وجه الخصوص الدقة العالية لدرجات حرارة المستعملة [20].

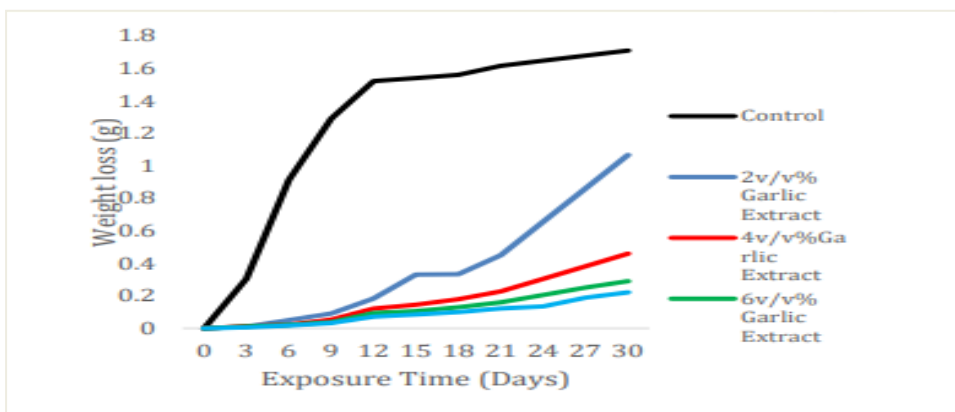
تساهم المعالجة الحرارية المتجانسة في الحفاظ على الصفائح أو القضبان المصبوبة في درجة حرارة عالية نسبياً (غالباً ما بين 450 و 610 درجة مئوية) ولفترات طويلة من الوقت (بشكل عام من 6 إلى 48 ساعة)، من أجل تسهيل تحولها أو تحسين خصائص المنتجات التي تم الحصول عليها [21].

لقد توسعت هذه العلاجات على نطاق واسع في السنوات الأخيرة، لدرجة أنها في الوقت الحاضر منتشرة للغاية وتميل إلى أن تصبح معمة ليس فقط في حالة سبائك الألومنيوم ولكن أيضاً في حالة الألومنيوم غير المعالج [20].

### 9-I- بعض نتائج الدراسات السابقة

1- اثبتت الدراسة [22] التي أجريت بمستخلص الثوم مثبط على النحاس فعاليته في محلول  $HNO_3$  (1M) وهذا باستخدام تقنية فقدان الوزن. حيث كشفت القيم السلبية لـ  $\Delta G$  أن امتصاص المثبطات على سطح المعدن يكون تلقائياً. علاوة على ذلك قيم  $\Delta E_a$  و  $\Delta H$  دعمت عملية التآكل الملاحظة على البنية السطحية للعينات المدروسة. كما تم تعزيز كفاءة الحماية بزيادة تركيز المانع حيث بلغت أعلى قيمة 87.9% عند 400 جزء في المليون من مستخلص الثوم.

2- يوضح الشكل (11.I) الرسم البياني لفقدان الوزن من الفولاذ الطري في غياب وجود مستخلص الثوم. من الرسم البياني يظهر الفولاذ الطري في حالة عدم وجود مستخلص الثوم بأعلى خسارة وزن 1.71 جرام. عند إضافة 2% من مستخلص الثوم ظهر انخفاض كبير في فقدان الوزن من 1.71 جرام إلى 1.07 جرام. ولوحظ أن إضافة مستخلص الثوم يؤدي إلى نقصان فقدان الوزن حيث أن التركيز 8% من مستخلص الثوم يظهر أقل خسارة وزن. هذا السلوك يدل على أن المزيد من جزيئات مكونات مستخلص الثوم تتكاثف على سطح الفولاذ الطري وبالتالي تشكل فيلم يحمي الفولاذ الطري من التآكل [23].



الشكل 11.I. الرسم البياني لفقدان الوزن من الفولاذ الطري في غياب وجود مستخلص الثوم

- 3- حسب دراسات حول معدل التآكل للحديد الصلب الكربوني المغمور في ماء الآبار في غياب وجود المثبط. يتضح أن المستخلص المائي للثوم هو مثبط جيد للحديد الصلب الكربوني في مياه الآبار. 2 مل من الثوم يظهر ارتفاع معدل الكفاءة إلى 50%، و مع زيادة تركيز مستخلص الثوم يزداد أيضاً. أي بتركيزات أعلى يعمل الثوم على تسريع منع التآكل. كما وجد أن العنصر النشط في مستخلص مائي من الثوم هو الأليسين الذي يتكون من مجموعة  $S = O$  و  $S$  [24].
- 4- كما تبين الدراسة الموضحة في الجدول (1.I) سابقاً أن إضافة النيكل والكروم تقلل من تآكل المعادن.
- 5- أثبتت المستخلصات النباتية فعالية كمثبطات خضراء لتنشيط تآكل سبيكة الفولاذ الكربوني في الوسط الحامضي إذ أن المستخلص القطبي لمذيب الميثانول والمستخلص الغير قطبي لمذيب الهكسان يقومان بعمل مثبطات تآكل فعالة. بالمقارنة بين المثبتين عند درجة حرارية 303K ، حيث تم الوصول إلى أن كفاءة التنشيط للمستخلص القطبي أعلى من كفاءة التنشيط للمستخلص الغير قطبي. ووجد أن نتائج عملية الإمتزاز لهذه الدراسة تطابق أيزوثيرمات لانكماير [25].

- [1] غانم ليث، الحماية من التآكل، هندسة التصنيع والإنتاج، 17 ديسمبر 2019.
- [3] د. محمد إسماعيل علي الدرمللي، الكيمياء الكهربائية، الفصل الثامن عشر: التآكل والسيطرة عليه، دار العلم والإيمان للنشر والتوزيع
- [4] بن منين عبد القادر، دراسة تأثير مثبت مستخلص جذور النباتات على تآكل الفولاذ CX5 ، مذكرة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2017.
- [5] جغبال سعاد، دراسة فعالية مثبت مستخلص الزعفران على تآكل سبيكة الألمنيوم في أوساط مختلفة، مذكرة تخرج ماستر ، جامعة محمد خيضر-بسكرة، 2022.
- [7] صالح نبيل، تثبيط تآكل الفولاذ C45 في وسط كلوريد الصوديوم بواسطة العسل الطبيعي، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2021 .
- [10] د. قحطان خلف محمد الخزرجي، عبد الجواد محمد أحمد الشريف التآكل: أسبابه أنواعه طرق الحماية منه ' جامعة بغداد 1988.
- [12] د. قحطان خلف الخزرجي، معجم هندسة المعادن، دار دجلة، 2009.
- [13] أحمد زكي حلمي، مواد التصنيع: المواد والمعادن الحديدية وغير الحديدية وغير المعدنية، دار العلوم للنشر والتوزيع، 2017.
- [25] سجي أحمد عبد الكريم عبد الرحيم عبد الرضا، تثبيط التآكل لسبيكة الفولاذ الكربوني في الوسط الحامضي باستخدام مستخلص جذور نبات زهرة النيل، مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة كربلاء، مذكرة الماجستير في علوم الكيمياء، 2021.

- [2] Alec. Groysman , corrosion for everybody, November 21, 2009.
- [6] Mike Yongjun Tan, Localized Corrosion in Complex Environments , Wiley , 4 janvier 2023.
- [8] Xiaoge Gregory Zhang , Corrosion and electrochemistry of zinc , Springer US , 1996.
- [9]Robert Baboian , Galvanic and Pitting Corrosion--field and
- [11]Alfred Samuel. Bradford, Corrosion Control , Springer US , 6 décembre 2012.
- [14]Ambrish. Singh, corrosion inhibitor , IntechOpen, August 2019.  
Laboratory Studies , American Society for Testing and Materials, 1976
- [15]Shima. Ghanavati Nasab, Mehdi. Javaheran Yazd, Abolfazl Semnani, Homa Kahkesh, Navid Rabiee, Mohammad Rabiee, Mojtaba Bagherzadeh, Natural Corrosion Inhibitors , Springer International Publishing, 31 mai 2022.
- [16]V. S. Sastri , Green Corrosion Inhibitors , Wiley, 14 février 2012.
- [17] L. F. Mondolfo, Aluminum Alloys Structure and Properties , Elsevier Science, 2013.
- [18] Heather Hasan ,Aluminum, Rosen Publishing Group,2006.
- [19] Kavian. Cooke, Aluminium Alloys andComposites,IntechOpen,2020.
- [20] Martial. Renouard, Influence des traitements thermiques d'homogénéisation en cours de fabrication sur la facilité d'élaboration et

la valeur d'usage des alliages légers , Rev. Met. Paris, Volume 47,  
Number 10, Octobre 1950.

[21] Roger . DEVELAY, Traitements thermiques d'homogénéisation  
Traitements thermiques des alliages d'aluminium, 10 janv. 1986.

[22] Nawras Saad Mohamed Ramadan , Zainab Wajdi Ahmed, Effect of  
garlic extract as corrosion inhibitor for copper in acidic medium,  
Department of Chemistry College of Education for Pure Sciences, Ibn–  
AL-Haitham University of Baghdad, Baghdad, Iraq

[23] Akindele Ayoola Alfred, Ikumapayi Catherine Mayowa, Mitigating  
Corrosion in Mild Steel Using Garlic (Allium Sativum) as Corrosion  
Inhibitor in HCl Medium, Journal of Multidisciplinary Engineering  
Science and Technology (JMEST) ISSN: 2458-9403 Vol. 7 Issue 8,  
August – 2020.

[24] panel Punniyakotti Parthipan , Punniyakotti Elumalai , Jayaraman Nar  
enkumar , Laura L. Machuca , Kadarkarai Murugan , Obuli  
P. Karthikeyan , Aruliah Rajasekar , Allium sativum (garlic extract) as a  
green corrosion inhibitor with biocidal properties for the control of MIC  
in carbon steel and stainless steel in oilfield environments , International  
Biodeterioration & Biodegradation, Volume 132, August 2018.

الفصل الثاني

الطرق والأجهزة

١١ - ١٢

**تمهيد:**

في هذا الفصل أردنا تبيان منهجية العمل المتبعة وطرق تحضير العينات (ميكانيكيا وحراريا) والمحاليل المدروسة، كما انه قمنا بشرح من خلاله الأساليب والطرق المستعملة في تقنية الكتلة الضائعة للحصول على النتائج بشكل جيد.

**II-1-1- الطرق و الأجهزة المستعملة**

نبدأ أولا بالتعريف بالسبيكة المستعملة في هذا البحث و الطرق المتبعة في عملية تحضيرها، مع التطرق إلي التعريف بالوسائل و الأجهزة المستعملة في هذه الدراسة.

**II-1-1- العينات المدروسة:**

السبيكة المستعملة في هذا البحث هي سبيكة ألومنيوم-5% وزن مغنيزيوم (AL-5Mg)، تعرضت لعملية التطريق (في مصنع السمارة قسنطينية) وهذا من اجل تحسين الخصائص الميكانيكية. المكونات الوزنية لهذه السبيكة موضحة على الجدول التالي :

**الجدول II-1 - النسب المئوية الكتلية للعناصر المكونة لسبيكة الألومنيوم- ماغنيزيوم**

العنصر	Al	Mg	Fe	Mn	Ca	Si	Zn	Cu
%الوزن	88.97	4.95	1.56	0.4	0.08	2.64	0.04	0.07

قطعت عينات من هذه السبيكة على شكل أسطواناني بسمك يتراوح 0.5cm و قطر يتراوح بين 1.2 و 1.4 و أخرى متوازية الأضلاع بأحجام مختلفة.

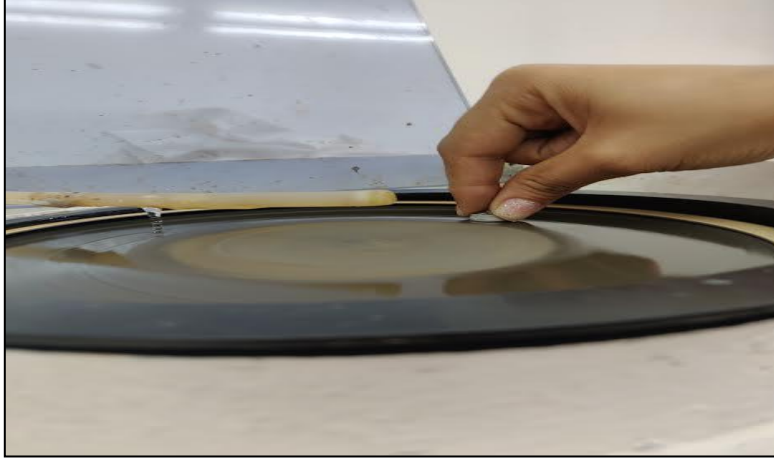
**II-2-1- تحضير العينات المدروسة:**

**II-2-1-1- عملية الصقل الميكانيكي:**

تم صقل العينات بالاعتماد على آلة الصقل الميكانيكي تحت تدفق الماء على ورق كاشط ذي الأرقام التالية:



240-400-800-1000-1200-2000 حتى الحصول على سطح لامع، وبعد الانتهاء من كل مرحلة تنظف العينات جيدا بالماء المقطر ثم الإيثانول لتجنب بقاء الشوائب على السطح ثم تجفف باستخدام مجفف الشعر وتحفظ في علبة.



الشكل II.1. الصقل الميكانيكي لعينة

### II-2-2-1-2- المعالجة الحرارية للعينات

قمنا بمعالجة بعض العينات حراريا مع المحافظة على البعض في حالتها العادية، وهذا من اجل معرفة الأثر الحراري على سلوك هذه السبيكة.

### II-2-2-1-1- المعالجة الحرارية المتجانسة (Homogénéisation):

بعد تشغيل الفرن الحراري الكهربائي (NABERTHERM 30-3000°C) الممثل في شكل(II.3)، وانتظار وصول درجة حرارته إلى 430 درجة مئوية، وضعت العينات بعد وضعها في أنبوب اختبار شكل(II.3) داخل الفرن الحراري الكهربائي لمدة ستة ساعات حتى نضمن حدوث تجانس البنية المهجرية و ذوبان الأطوار التي قد تكون موجودة من قبل. بعد هذه المدة نقوم مباشرة بعملية السقاية في ماء مثلج للحصول على محلول صلب مفرط التشبع في درجة حرارة الغرفة اي محلول صلب غير متوازن .

## II-1-2-2-2- المعالجة الحرارية للشيخوخة أو التعتيق (vieillessement)

أدخلت بعض العينات بعد وضعها في أنبوب اختبار مغلق داخل الفرن الحراري لمدة 24 ساعة، عند درجة حرارة 200 درجة مئوية ، و هذا من اجل تكوين بنية مجهرية مختلفة تحتوى على طور مترسب متوازن  $Al_3Mg_2$  [1]. ومن ثم دراسة مدى تأثير هذه السبيكة في المحلول الأكال، و مدى فعالية المثبط عند إضافته للمحلول الأكال.



الشكل II.3. العينات قبل إدخالها للفرن



شكل II.2. الفرن الكهربائي

## II-2- تحضير المحاليل:

### II-2-1- تحضير محلول حمض الهيدروكلوريك HCl:

تم تحضير محلول حمض الهيدروكلوريك بتمديد 37% من الحمض بالماء المقطر للحصول على HCl بمولارية 1مول في اللتر. وذلك بوضع حجم 87ml من حمض HCl في 1l من الماء المقطر.

### II-2-2- تحضير الثوم:

- ❖ تنقية الثوم من الشوائب والأجزاء الميتة.
- ❖ تجفيف الثوم بوضعه لمدة أسبوعين في الظل.
- ❖ الطحن الجيد بواسطة الخلاط الكهربائي للحصول على مسحوق ناعم.
- ❖ التصفية بواسطة قطعة قماش.
- ❖ وزن 10g من مسحوق الثوم بالميزان الإلكتروني الشكل (II.4).



الشكل 4.II. مسحوق الثوم (المثبط)

II-2-2-أ- تحضير مستخلص الثوم (مستخلص المثبط) بالطريقة الحرارية (الطريقة 1):

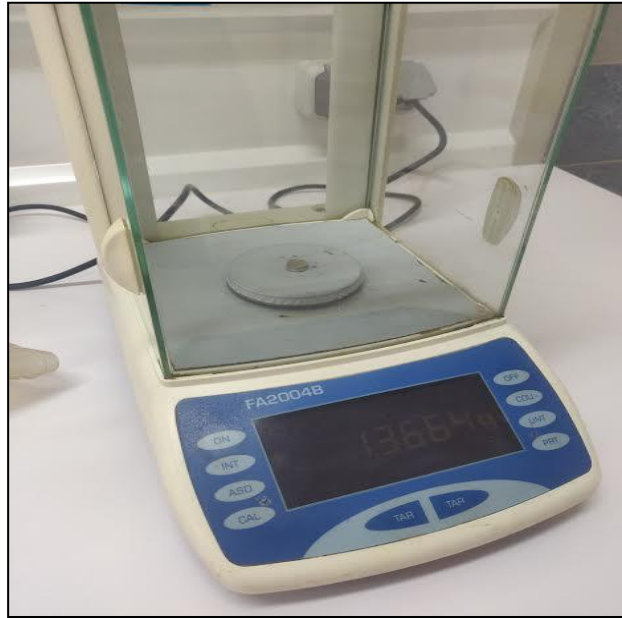
نأخذ 5g من الثوم المطحون جيدا وتنقع في 500ml من الماء المقطر ثم نقوم بالتسخين والرج لمدة ساعتين مع مراقبة درجة الحرارة بحيث لا تتجاوز  $60^{\circ}\text{C}$  بعدها يبرد المستخلص ويرشح وبعد جفاف الرشاحة المستخلصة يتم وضعها في 250ml من الماء المقطر ثم ترج وتسخن لمدة نصف ساعة ويغطى ويترك لمدة 24 ساعة، بعدها يخلط المحلولين الناتجين [1]، نزن بعدها الرشاحة النهائية بعد جفافها تماما بالميزان الإلكتروني للحصول على الكتلة المذابة في المحلول شكل(5.II) .



شكل 5.II. تحضير مستخلص الثوم بالطريقة الحرارية

II-2-2-ب- تحضير مستخلص الثوم (مستخلص المثبط) بطريقة الإذابة في الإيثانول (طريقة 2):

نأخذ 5g من الثوم المطحون جيدا توضع في 350ml من الماء المقطر و150ml من الإيثانول يرج المحلول لمدة ساعة ثم يترك بضعة أيام حتى يتبخر الإيثانول بعدها يرشح وتترك الرشاحة حتى تجف ويتم وزنها بالميزان الإلكتروني.



الشكل II.6. صورة فوتوغرافية للميزان الإلكتروني بدقة 0.0001

### II-3-3-دراسة سرعة التآكل باستعمال تقنية الكتلة الضائعة:

#### II-3-3-1- معدل التآكل:

يعرف معدل التآكل انه انتقال الكتلة من المعدن عبر وحدة المساحات بدلالة وحدة الزمن [2].

#### II-3-3-2- تقنية الكتلة الضائعة:

هي طريقة تتميز بسهولة التنفيذ ولا تحتاج لمعدات كبيرة، ويتم فيها تحديد سرعة التآكل (معدل التآكل) مباشرة وتعتمد على الفرق في وزن العينة حيث نقوم بوزن العينة قبل الغمر وبعد الغمر في الوسط الأكال [3].

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

$V_{corr}$ : سرعة التآكل (g/cm<sup>3</sup>.h)

$\Delta m$ : التغير في الكتلة قبل وبعد الغمر (g)

$S$ : مساحة السطح المغمور ( $\text{cm}^2$ )

$t$ : زمن الغمر (h)

$$\Delta m = m_f - m_i$$

قمنا بقياس أبعاد العينات حتى يتم معرفة مساحة السطح المغمور وذلك بإستعمال القنوية الشكل

(7.II)



الشكل 7.II. قياس أبعاد العينة بالقنوية

## II-4- طريقة العمل:

### II-4-1- في غياب المثبط:

نأخذ وزن العينة ونحسب مساحتها قبل غمرها في المحلول الحمضي مع تغطية الأجزاء التي لا نريدها أن تتعرض للهجوم العدواني بعازل، ثم يتم غمسها في 40ml من المحلول الحمضي وبعد مدة زمنية معينة يتم إخراج العينة من المحلول، تنظيف بفرشاة لتفادي الشوائب وتغسل بالماء المقطر والإيثانول يتم تجفيفها ثم وزنها مرة ثانية لتحديد مقدار الخسارة في الكتلة.

### II-5-2- في وجود مثبط:

نعيد نفس العملية السابقة لكن مع إضافة المثبط للوسط بتركيز مختلفة.



الشكل 8.II. بداية تآكل العينة في غياب المثبط

### II-5-3-وجود المثبط المستخلص بطريقة الإيثانول بتغيير درجة الحرارة:

تم وضع العينات الغير معالجة والمعالجة حراريا بالتسخين المتجانس في حمض الهيدروكلوريك ووجود المثبط بنسبة 15% فوق مسخن حراري بدرجة حرارة  $40^{\circ}\text{C}$  ثم بدرجة حرارة  $80^{\circ}\text{C}$ ، مع دراسة فقدان الكتلة للعينات.



الشكل 9.II. دراسة تأثير درجة الحرارة على تآكل العينات في وجود المثبط

### المراجع بالعربية:

- [2] جغبال سعاد، دراسة فعالية مثبت مستخلص الزعفران على تآكل سبيكة الألمنيوم في أوساط مختلفة، ، مذكرة ماستر جامعة محمد خيضر بسكرة ، 2022.
- [3] مغني نور الهدى- وأنيس نور الهدى، تثبيط تآكل الفولاذ C45 في وسط حمض الهيدروكلريك Hcl بواسطة مستخلص مائي من قشور البرتقال، مذكرة ماستر جامعة محمد خيضر بسكرة، 2021.
- [4] نعامي كلثوم، دراسة تأثير بعض المستخلصات النباتية على تثبيط تآكل الفولاذ الكربوني في وسط حمض، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2020.

### المراجع باللاتينية

- [1] M.Bernole,J.Raynal et R.Graf ;J.Microsc ,8,p,831,(1969).

الفصل الثالث:

النتائج و مناقشاتها



**تمهيد:**

في هذا الفصل سنقوم بعرض النتائج المتحصل عليها من غمر العينات في وسط حمضي من حمض الهيدروكلوريك في وجود وغياب المثبط المدروس والمحضر بطريقتين (بالتسخين وبالاذابة في الإيثانول) مع تغيير بعض العوامل : تركيز المثبط، زمن الغمر ودرجة الحرارة، ثم نقوم بمناقشتها على ضوء ما ورد في دراسات قبلية. تم الاعتماد على تقنية الكتلة الضائعة من أجل استنساخ النتائج بشكل جيد، وكذلك دراسة معدل التآكل مع تحديد آلية التثبيط.

**III-1-1-دراسة العينات الغير معالجة**

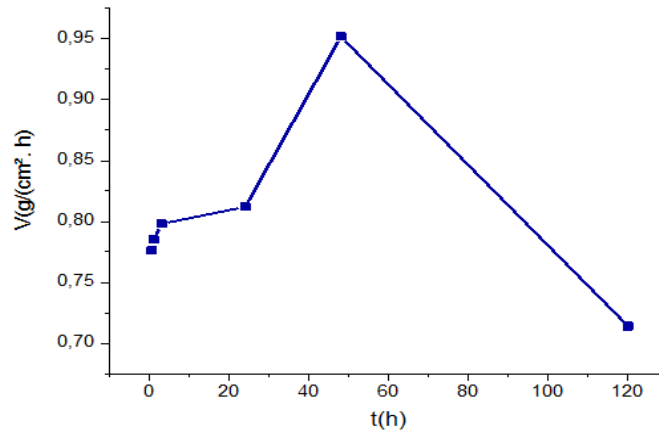
من اجل معرفة مدى مقاومة العينات للتآكل بدون أي معالجة حرارية، في الوسط الحمضي المستعمل لوحده أو بعد إضافة المثبط المختار قمنا بعدة تجارب من اجل الوصول للفروق الذي قد تظهر حيث أننا سنشرع في تقديمها و مقارنتها لاحقا مع النتائج المتحصل عليها.

**III-1-1-دراسة العينات الغير معالجة حراريا بالمحلول الحمضي (HCl) بدون مثبط :**

قمنا بغمر عينات غير معالجة حراريا في المحلول الحمضي بدون مثبط لأزمنة مختلفة، و النتائج المتحصل عليها مقدمة في الجدول التالي:

**الجدول 1.III. تأثير الغمر في محلول حمضي (HCl) بدون مثبط لعينات غير معالجة حراريا**

t(h)	$\Delta m(g)$	$V(g/cm^2.h).10^{-3}$
0.5	0.0812	0.776
1	0.0895	0.785
3	0.0984	0.798
24	0.1008	0.812
48	0.1029	0.952
120	0.0966	0.714



الشكل 1.III. تغيرات سرعة التآكل بدلالة الزمن في حالة غياب المثبط لعينات غير معالجة حرارياً

من خلال نتائج الجدول (1.III) والمنحنى الشكل (1.III) يمكن القول بأنه كلما زادت مدة الغمر زادت سرعة التآكل في غياب المثبط حتى تبلغ ذروتها عند الزمن 48 ساعة، ثم تبدأ هذه السرعة في التناقص بالنسبة للزمن 120 ساعة. بالنسبة إلى سطح المعدن يكون في البداية نشطاً تجاه الوسط الأكال، مما ينتج عنه سرعة قصوى للتآكل، ثم نلاحظ أنه يبدأ في النقصان، يعود ذلك إلى بطء سرعة التفاعل بين المعدن والوسط مع استمرار زمن التعرض بسبب تشكل غشاء أو طبقات من مخلفات التآكل على سطح المعدن المستخدم والتي تعيق استمرار عملية التآكل تعرف هذه الظاهرة بظاهرة الخمود حيث تتشكل طبقة واقية [1-2].

كما يمكن ملاحظة أن سرعة التآكل في الأزمنة الأولى تكون ضعيفة و هذا قد يكون راجع لوجود طبقة الاوكسيد الواقية التي تتشكل بشكل مباشر على سطح الالومينيوم وسبائكه [3].

### III-1-2- دراسة تأثير العينات الغير معالجة حرارياً بالمحلول الحمضي (HCl) بوجود المثبط :

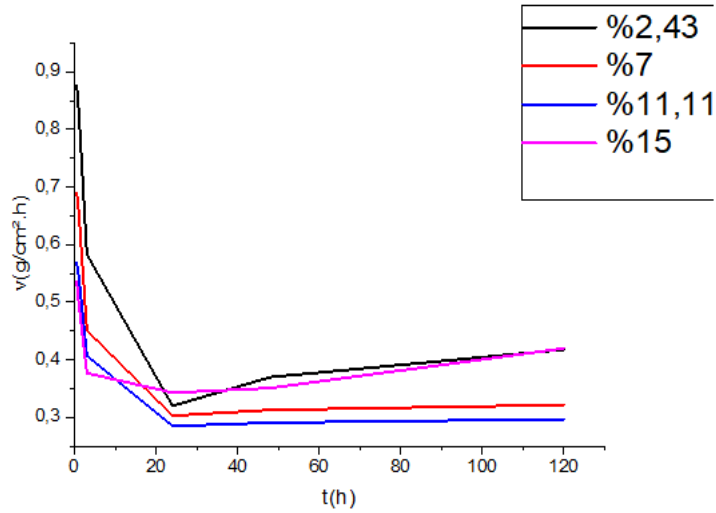
تم غمر العينات الغير معالجة حرارياً في وسط حمضي في وجود المثبط المحضر بطريقتين (الإذابة في الإيثانول ومحضر بالتسخين) مع تغيير تركيز المثبط وكذلك زمن الغمر. و نهدف من هذا الوصول إلى معرفة أي الطريقتين ذات أكثر فعالية في عملية التثبيط.

### III-1-2-1 المثبط المحضر بطريقة الإذابة في الإيثانول

قمنا بغمر العينات في المحلول المحضر بطريقة الإذابة في الإيثانول لأزمنة و تركيز مختلفة ، النتائج المتحصل عليها مقدمة في الجدول (2.III).

الجدول 2.III. نتائج غمر العينات غير المعالجة حرارياً في وسط حمضي في وجود المثبط محضر بطريقة الإذابة في الإيثانول:

التركيز C في HCl من 40ml	t(h)	$\Delta m(g)$	$v(g/cm^2.h).10^{-4}$	E%
2.43%	0.5	0.0913	0, 877	88,6984536
	1	00.898	0, 831	89,4140127
	3	0.0887	0,583	92,6942356
	24	0.0704	0,32	96,0591133
	48	0.0789	0.37	96,1134454
	120	0.0878	0, 418	94,1456583
7%	0.5	0.089	0, 691	91,0953608
	1	0.0877	0, 656	91,6433121
	3	0.0865	0, 451	94,3483709
	24	0.0701	0,303	96,2684729
	48	0.0774	0.313	96,7121849
	120	0.078	0.322	95,4901961
11.11%	0.5	0.0873	0, 569	92,6675258
	1	0.0868	0, 544	93,0700637
	3	0.0855	0,407	94,8997494
	24	0.0697	0,285	96,4901478
	48	0.0760	0.291	96,9432773
	120	0.1031	0.297	95,8403361
15%	0.5	0.0987	0,536	93,0927835
	1	0.0912	0,497	93,6687898
	3	0.0892	0,377	95,2756892
	24	0.0881.	0.343	95,7758621
	48	0.0890	0.351	96,3130252
	120	0.0920	0.420	94,1176471

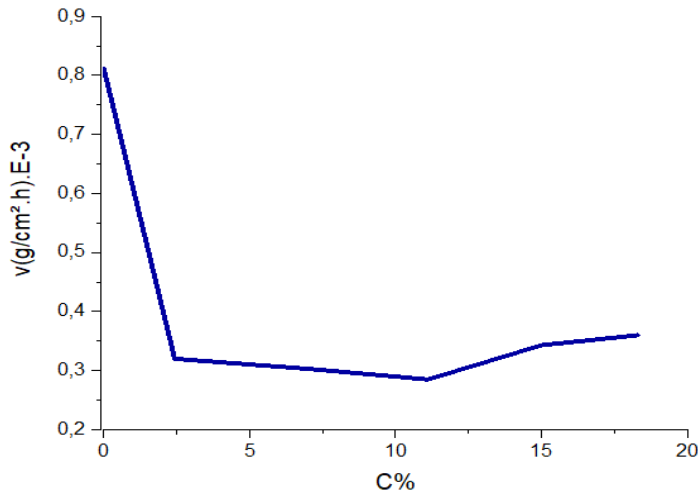


الشكل III.2. معدل تآكل العينات غير المعالجة حراريا في وجود المثبط (الإذابة في إيثانول) بدلالة الزمن

برفع قيم تركيز المثبط المحضر بالإذابة في الإيثانول توصلنا للنتائج المدونة في الجدول (2.III) ومن خلال هذه النتائج يمكن القول أن سرعة التآكل تبدأ في التناقص بشكل ملحوظ مع زيادة التركيز وبمرور الوقت تصل لأقل قيمه بعد 24 ساعة من الغمر الشكل(2.III)، ثم تبدأ بالزيادة بعد مدة 24 ساعة، ويعود ذلك لتكوين طبقات واقية على سطح.

الجدول III.3. نتائج غمر العينات الغير معالجة حراريا في وسط حمضي لمدة 24 ساعة وفي وجود المثبط طريقة الإذابة في الإيثانول بتركيز مختلفة.

التركيز في HCl من 40ml	t(h)	$\Delta m(g)$	$v(g/cm^2.h).10^{-3}$	E%
0	24	0.0972	0.812	/
2.43%	24	0.0704	0,032	96,0591133
7%	24	0.0701	0,0303	96,2684729
11.11%	24	0.0697	0,0285	96,4901478
15%	24	0.0881	0.0343	95,7758621
18.3%	24	0.0892	0.0360	95,5665025



الشكل 3.III. تغيرات معدل التآكل بدلالة التركيز العينات الغير معالجة حراريا في وسط حمضي لمدة 24 ساعة وفي وجود المثبط طريقة الإذابة في الإيثانول

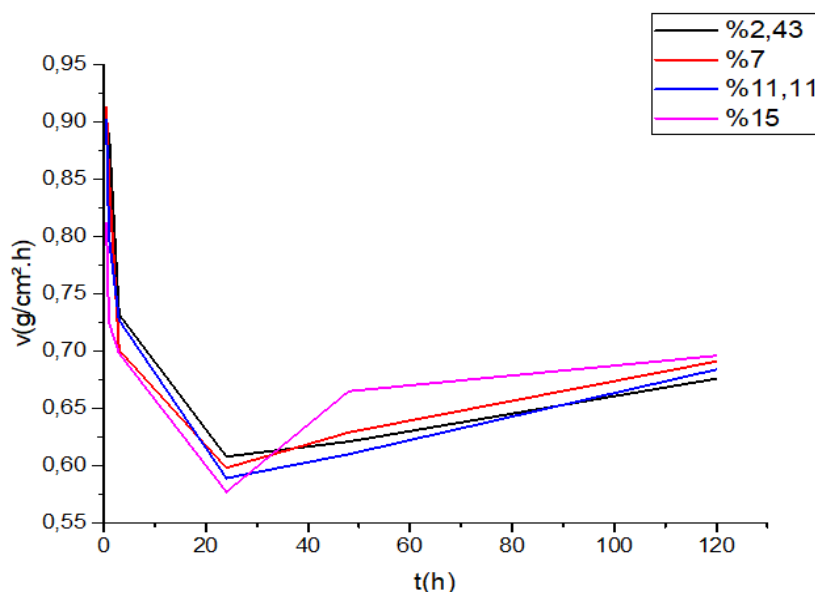
بتغيير تراكيز المثبط المستخلص بطريقة الإذابة في الإيثانول مع تثبيت زمن الغمر نلاحظ تناقص ملحوظ في السرعة بزيادة التركيز. كما يلاحظ أن التركيز 11.11% أعطى أحسن نتيجة من بين التراكيز الموجودة حيث وصل لأقل سرعة تآكل و أعلى مردود كما يبين الجدول (3.III) والشكل (3.III)

### III-1-2-1-III المثبط المحضر بطريقة التسخين

قمنا بدراسة تأثير عملية غمر عينات غير معالجة حراريا بوجود المثبط المحضر بطريقة التسخين بزيادة نفس قيم التركيز من هذا المثبط في نفس الكمية من محلول حمض الهيدروكلوريك، و النتائج المحصل عليها مدونة في الجدول (III. 4).

الجدول III. 4. عمر العينات غير المعالجة حراريا في وجود تراكيز للمثبط محضر بطريقة التسخين:

C	t(h)	$\Delta m(g)$	$v(g/cm^2.h).10^{-4}$	E%
2.43%	0.5	0.144	0, 925	88,0798969
	1	0.131	0,891	88,6496815
	3	0.102	0, 732	90,8270677
	24	.0.094	0,608	92,5123153
	48	0.099	0.621	93,4768908
	120	0.10	0, 676	90,5322129
7%	0.5	0.138	0, 913	88,2345361
	1	0.127	0, 853	89,133758
	3	0.101	0,701	91,2155388
	24	0.0931	0.598	92,635468
	48	0.095	0.629	93,3928571
	120	0.1006	0.691	90,3221289
11.11%	0.5	0.142	0.903	88,3634021
	1	0.134	0.80	89,8089172
	3	0.129	0.727	90,8897243
	24	0.0912	0.589	92,7463054
	48	0.0933	0.610	93,592437
	120	0.0994	0.684	90,4201681
15%	0.5	0.097	0.812	89,5360825
	1	0.089	0.725	90,7643312
	3	0.0841	0.698	91,2531328
	24	0.0812	0.577	92,8940887
	48	0.0911	0.665	93,0147059
	120	0.0965	0.696	90,2521008

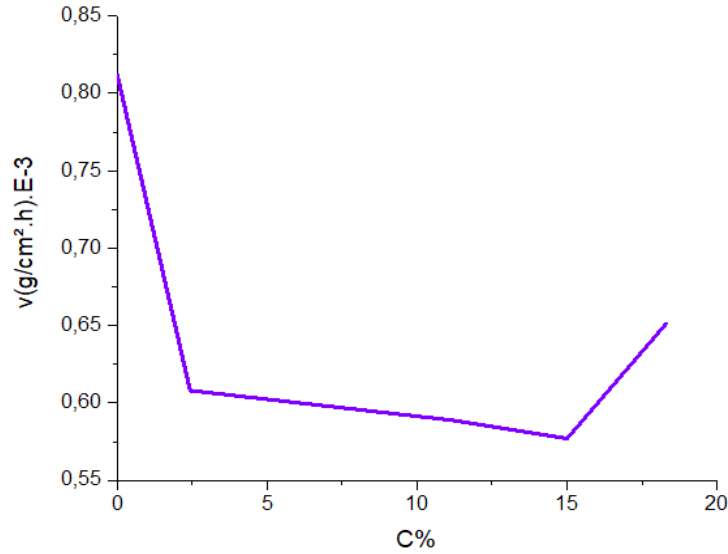


الشكل III.4. تغيرات معدل التآكل بدلالة الزمن للعينات المغمورة في وجود المثبط المحضر بطريقة التسخين.

من تحليل نتائج الجدول (4.III) والشكل (4.III) يكمن القول أن الزمن 24 ساعة أعطى اعلي مردود من اجل مختلف التراكيز. ومن خلال هذه نتائج الجدول (4.III) يمكن القول أن سرعة التآكل تبدأ في التناقص بشكل ملحوظ مع زيادة التركيز وزيادة زمن الغمر، حيث تصل لأقل قيمه بعد 24 ساعة من الغمر ويعود ذلك لتكوين طبقات واقية على سطح العينات [1]، ثم تبدأ بالزيادة بعد مدة 24 ساعة. منحني الشكل (4.III) يبين التناقص الملحوظ في السرعة متبوع بزيادة بعد الزمن 24 ساعة.

الجدول III.5. نتائج عمر العينات الغير معالجة حراريا لمدة 24 ساعة مع تراكيز مختلفة في وسط حمضي في وجود المثبط محضر بطريقة التسخين

التركيز C في HCl من 40ml	t(h)	$\Delta m(g)$	$v(g/cm^2.h).10^{-4}$	E%
0	24	0.0972	8.12	92,5123153
2.43%	24	0.094	0,608	92,635468
7%	24	0.0931	0.598	92,7463054
11.11%	24	0.0912	0.589	92,8940887
15%	24	0.0812	0.577	91,9827586
18.3%	24	0.0910	0.651	92,5123153



### الشكل 5.III. تغير معدل التآكل بدلالة تركيز المثبط المحضر بطريقة التسخين خلال 24 ساعة

من الشكل (5-III) يمكن القول أن تركيز 15% من المثبط المستخلص بطريقة التسخين في المحلول يقدم أقل معدل تآكل مقارنة مع التراكيز الموجودة وذلك خلال 24 ساعة من الغمر.

من خلال نتائج الجدول (3-III) والجدول (5-III) نلاحظ أن العينات المغمورة في حمض الهيدروكلوريك في وجود المثبط المستخلص بطريقة الإذابة في الإيثانول يظهر كفاءة تثبيط أحسن من العينات التي تم استخدام المثبط المستخلص بطريقة التسخين فيها وذلك قد يكون راجعا لكون الحرارة تساهم في كسر الروابط الموجودة في المستخلص مائي من الثوم هو الأليسين والذي يتكون من مجموعة S و S = O الموجودة في المثبط، فيقلل من وجودها وهي بدورها التي تساهم في عملية تثبيط تآكل المعدن [4].

### III-2- دراسة العينات المعالجة حراريا (عملية التجانس) (homogénéisation) :

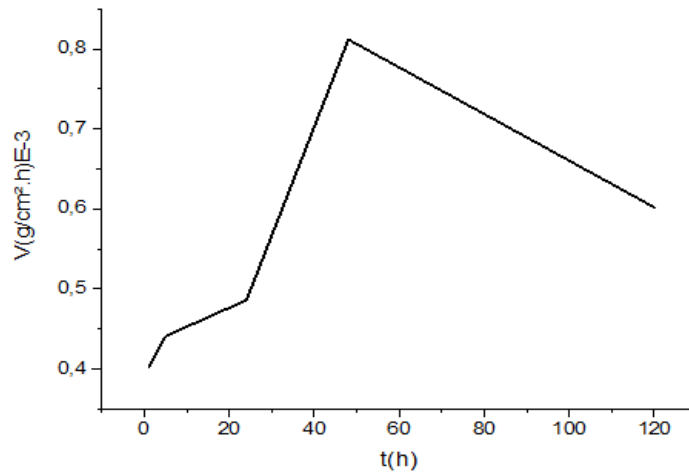
#### III-2-1- دراسة تأثير العينات المعالجة حراريا (عملية التجانس) بالمحلول الحمضي (HCl) بغياب المثبط :

لدراسة تآكل العينات المعالجة حراريا بالمعالجة المتجانسة و مقارنتها مع العينات الغير معالجة، قمنا بغمر هذه العينات في المحلول الحمضي في غياب المثبط من أجل إيجاد الفرق الذي يحدث المثبط عليها لاحقا.



الجدول 6.III. نتائج غمر العينات المعالجة حرارياً بالمعالجة المتجانسة (homogénéisation) في غياب مثبط

t(h)	$\Delta m(g)$	$V(g/cm^2 \cdot h) \cdot 10^{-3}$
1	0.0008	0.402
5	0.0012	0.441
24	0.0104	0.486
48	0.0709	0.812
120	0.1003	0.703



الشكل 6.III. نتائج غمر العينات المعالجة حرارياً بالمعالجة المتجانسة (homogénéisation)

( في غياب مثبط

من خلال نتائج الجدول (6.III) والمنحنى الشكل (6.III) يمكن القول بأنه كلما زادت مدة الغمر زادت سرعة التآكل في غياب المثبط حتى تبلغ ذروتها عند الزمن 48 ساعة، ثم تبدأ هذه السرعة في التناقص بالنسبة للزمن 120 ساعة. بالنسبة إلى سطح المعدن يكون في البداية نشطا تجاه الوسط الأكال.

مما ينتج عنه سرعة قصوى للتآكل، ثم نلاحظ أنه يبدأ في النقصان، يعود ذلك إلى بطء سرعة

التفاعل بين المعدن والوسط مع استمرار زمن التعرض [1].

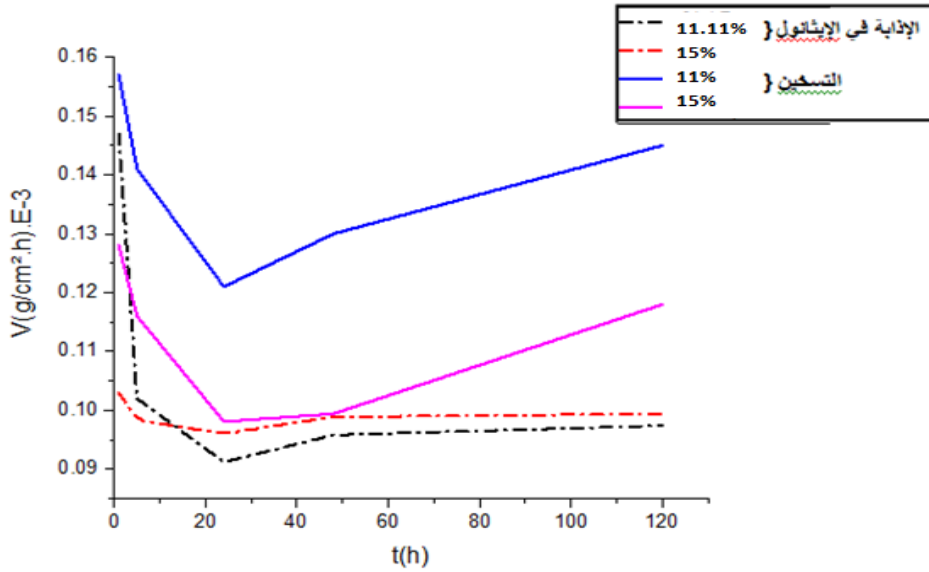
III-2-2- دراسة تاثر العينات المعالجة حرارياً بالتجانس بالمحلول الحمضي في وجود مثبط (المحضر

بالإذابة في الإيثانول وبالتسخين) (HCl):

من أجل دراسة أثر المعالجة الحرارية المتجانسة على تآكل السبيكة في الأوساط المدروسة، وبعد المعالجة الحرارية للعينات قمنا بغمرها في الأوساط المدروسة وبتراكيز معينة من المثبط المحضر بالطريقتين السابقتين (الإذابة في الإيثانول و التسخين)

**الجدول 7.III. نتائج غمر العينات المعالجة حراريا بالمعالجة المتجانسة (homogénéisation) في وجود مثبط (المحضر بالإذابة في الإيثانول وبالتسخين) بتراكيز 15% و 11.11%**

t(h)	طريقة تحضير المثبط	التركيز في 40ml من HCl	$\Delta m(g)$	$v(g/cm^2.h).10^{-3}$
1	الاذابة في الايثانول	11.11%	0.0064	0.147
		15%	0.0012	0.103
	بالتسخين	11.11%	0.0011	0.157
		15%	0.0007	0.128
5	الاذابة في الايثانول	11.11%	0.0057	0.102
		15%	0.0009	0.0984
	بالتسخين	11.11%	0.0008	0.141
		15%	0.0002	0.116
24	الاذابة في الايثانول	11.11%	0.0041	0.0912
		15%	0.0007	0.0960
	بالتسخين	11.11%	0.0006	0.121
		15%	0.0001	0.0981
48	الاذابة في الايثانول	11.11%	0.0105	0.0958
		15%	0.0095	0.0989
	بالتسخين	11.11%	0.0074	0.130
		15%	0.0097	0.0994
120	الاذابة في الايثانول	11.11%	0.1109	0.0974
		15%	0.0717	0.101
	بالتسخين	11.11%	0.0950	0.145
		15%	0.0603	0.118



الشكل

### 7.III

تغير معدل التآكل بدلالة الزمن للعينات المعالجة بعملية التجانس (homogénéisation) في وجود مثبت (الإذابة في الإيثانول والتسخين)

من نتائج الجدول (7.III) والشكل (7.III) يمكن القول أن سرعة التآكل تبدأ في التناقص بشكل ملحوظ بمرور الوقت، حيث تصل لأقل قيمة بعد 24 ساعة من الغمر بالنسبة لجميع التراكيز ويعود ذلك لتكوين طبقات واقية على سطح العينات. ثم تبدأ بالزيادة بعد مدة 24 ساعة [5].

ويلاحظ أن استعمال المثبط المستخلص بطريقة الإيثانول و بتركيز 11.11% في المحلول يعطي أقل سرعة تآكل للعيينة المعالجة بعملية التجانس.

### III-3- دراسة العينات المعالجة حرارياً بعملية التعقيم عند درجة حرارة 200 درجة:

ان عملية التعقيم لها أهمية جيدة من الناحية الميكانيكية حيث أنها تمنح السبائك خصائص ميكانيكية عالية وهذا نتيجتا لتشكل طور في حالة توازن ترموديناميكي. [6]

لكن من جهة أخرى وجود هذا الطور يجعل هذه السبائك معرضة بشكل كبير للتآكل الغلفاني مما يقلل من استخداماتها.

من اجل ذلك أردنا اختبار مدى مقاومة هذه العينات المعالجة بعملية التعقيم للتآكل في هذا الوسط الحمضي بوجود المثبط المحضر بالطريقتين خلال زمن 24 ساعة والنتائج مدونة على الجدول (8.III).

الجدول 8.III. نتائج غمر عينات عملية التعتيق عند درجة حرارة 200 درجة في وجود مثبط (بالإذابة في الإيثانول والتسخين) بتركيز 15%

t(h)	طريقة تحضير المثبط	$\Delta m(g)$	$v(g/cm^2.h).10^{-3}$
24	بالإذابة في الإيثانول	0.00971	0.275
24	بالتسخين	0.00815	0.494

من الجدول (8.III) نجد أن العينات المعالجة بدرجة حرارة 200 درجة مئوية (بالتعتيق) تصل لأقل سرعة تآكل في وجود المثبط المستخرج بطريقة الإذابة في الإيثانول.

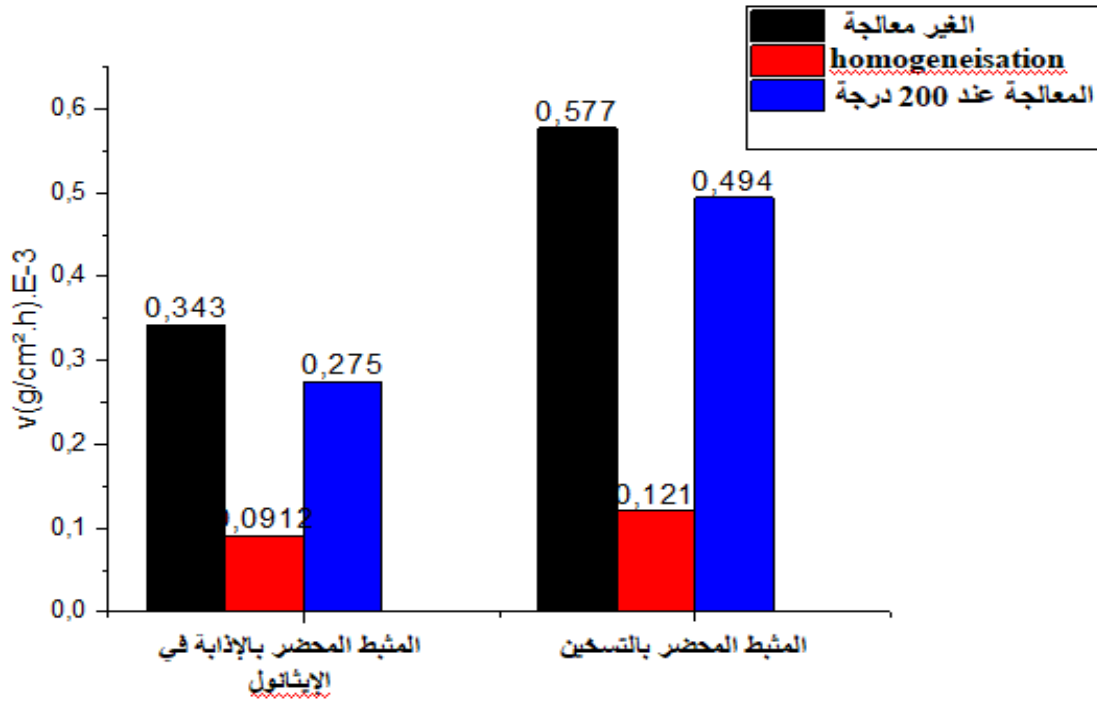
#### III-4- مقارنة النتائج المحصل عليها لمختلف العينات المدروسة

نتائج الغمر عند زمن 24 ساعة لمختلف العينات المدروسة ممثلة في الجدول 9.III. في المحلول الحمضي في وجود المثبط (الإذابة في الإيثانول والتسخين) بتركيز 15%.

يمكن القول أن المعالجة الحرارية لها دور فعال في ظاهرة التآكل و المثبط المحضر بالإذابة في الإيثانول يعطي أقل سرعة للتآكل مما يفسر دور البنية المجهرية في عملية مقاومة التآكل.

الجدول 9.III. المقارنة بين نتائج غمر العينات (غير المعالجة معالجة - المعالجة بعملية التجانس و بالتعتيق في وجود مثبط (الإذابة في الإيثانول والتسخين) بتركيز 15%

العينات	طريقة تحضير المثبط	t(h)	$\Delta m(g)$	$v(g/cm^2.h).10^{-3}$
الغير معالجة	الإذابة في الإيثانول	24	0.0881	0.343
	بالتسخين	24	0.0812	0.577
معالجة بعملية التجانس	الإذابة في الإيثانول	24	0.0041	0.0912
	بالتسخين	24	0.0006	0.121
معالجة بعملية التعتيق	الإذابة في الإيثانول	24	0.00971	0.275
	بالتسخين	24	0.00815	0.494



الشكل 8.III . أعمدة تكرارية لتغيرات معدل التآكل العينات معالجة حراريا بالتجانس و التعتيق وغير المعالجة في وجود المثبط (الإذابة في الإيثانول وبالتسخين) بتركيز 15%

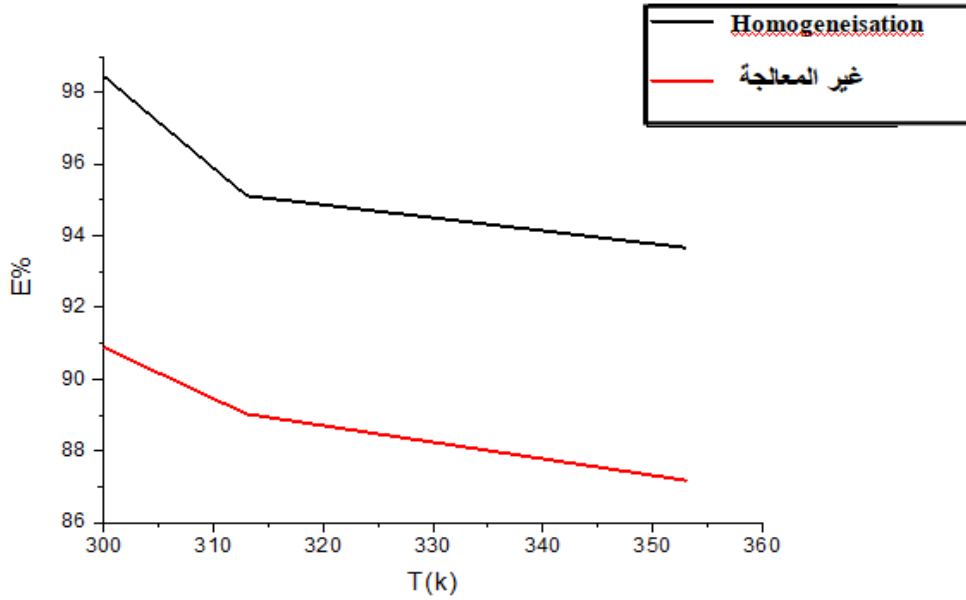
نلاحظ من الأعمدة التكرارية في الشكل ( 8.III ) والجدول ( 9.III ) أن سرعة التآكل أقل بالنسبة للمجموعة التي استعملنا فيها المثبط المستخلص بطريقة الإذابة في الإيثانول، كما يلاحظ أن العينات المعالجة بطريقة المعالجة الحرارية بعملية التجانس تعطي أحسن النتائج، تتبعها العينات المعالجة حراريا بعملية التعتيق وبالنسبة للعينات الغير معالجة تعطي أكبر معدلات التآكل.

### III-5- دراسة مدى تأثير درجة الحرارة على فعالية المثبط

بهدف معرفة أثر و مدى فعالية المثبط عند تغير درجة حرارة الوسط على تآكل العينات المعالجة حراريا بالتجانس و الغير معالجة. قمنا بغمرها في وسط حمضي يحتوي على المثبط المستخلص بطريقة الإذابة في الإيثانول بتركيز 15%، لمدة ساعة عند درجات الحرارة التالية: 300K، 313K و 353K ، فحصلنا على النتائج المدونة في الجدول ( 10.III ) .

الجدول 10.III تغير كفاءة التثبيط في وجود المثبط المستخلص بطريقة الإيثانول بتركيز 15% بدلالة درجة الحرارة.

العينات	T(K)	$\Delta m$ (g)	$v(g/cm^2.h).10^{-3}$	E%
Homogénéisation	300	0.0064	1.47	98.45
	313	0.0638	2.17	95.12
	353	0.1045	3.603	93,67
غير المعالجة	300	0.0912	4.97	90.89
	313	0.1025	7.14	89.03
	353	0.1863	11.46	87.18



الشكل 9.III. تغيرات كفاءة التثبيت بدلالة درجة الحرارة بالكلفن

يلاحظ من الجدول (10.III) والشكل (9.III) أنه مع ارتفاع درجة الحرارة يظهر انخفاض كفاءة التثبيت يرجع هذا الانخفاض إلى عدم استقرار جزيئات المثبط والتي بدورها تقلل من التفاعل بين سطح العينة وجزيئات المثبط [5].

### 6-III-تحديد طاقة التثبيت:

انطلاقاً من المعادلة التالية لأرينونيوس تم حساب طاقة التثبيت.

معادلة Arrhenius:

$$\log(v_{corr}) = \frac{-Ea}{2.303RT} + \log(A) \dots \dots \dots (III.1)$$

R: ثابت الغازات المثالية (8.31J/mol.K)

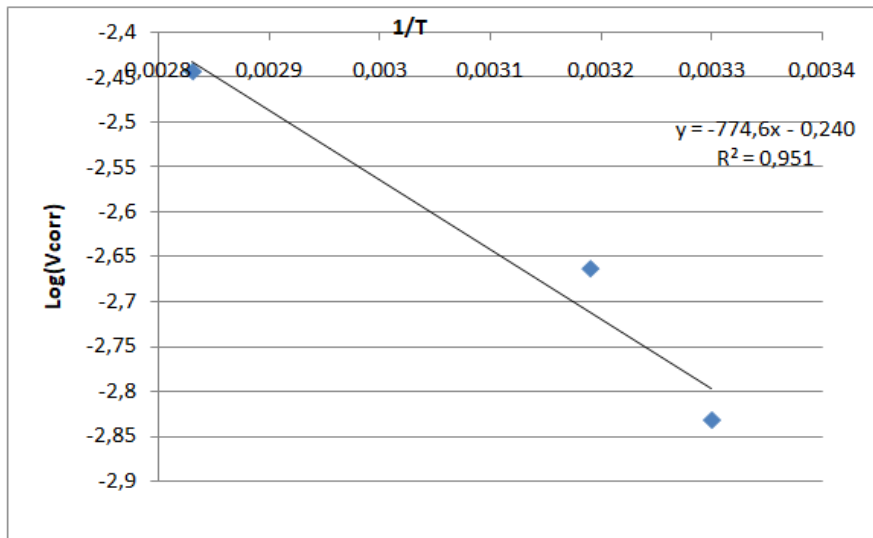
T: تمثل درجة الحرارة المطلقة (K)

A: معامل ما قبل الأسّي

برسم منحنى  $\log(V_{corr})$  بدلالة  $1/T$  انطلاقا من النتائج المدونة على الجدول (10.III) كما

هو موضح في الشكل (10.III) والشكل (11.III) ، نتحصل على خط ميله  $\frac{-Ea}{2.303RT}$  ، وتقاطعته مع

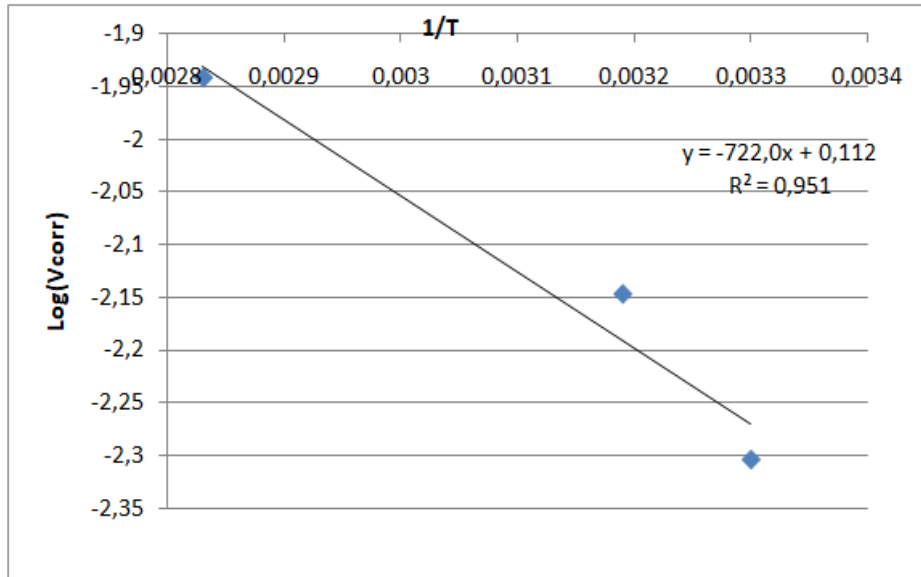
محور الترتيب يمثل  $\log(A)$ .



الشكل

**10.III. منحنى Arrhenius للعينات المعالجة حراريا (Homogénéisation)**

في وسط حمضي في وجود المثبط المحضر بالإذابة في الايثانول  $\text{Log}(V_{corr})=f(1/T)$



الشكل 11.III. منحني Arrhenius للعينات الغير معالجة حراريا في وسط حمضي في وجود المثبط المحضر بالإذابة في الايثانول  
 $\text{Log}(V_{\text{corr}})=f(1/T)$

تم تلخيص المعلمات الديناميكية الحرارية المحسوبة لإمتزاز في الجدول أدناه. كما تم تحديد قيم أنتالبي التنشيط  $\Delta H^{\circ}_{\text{ads}}$  انتروبي التنشيط  $\Delta S^{\circ}_{\text{ads}}$  لتآكل العينات من الصيغة البديلة لقانون Arrhenius:

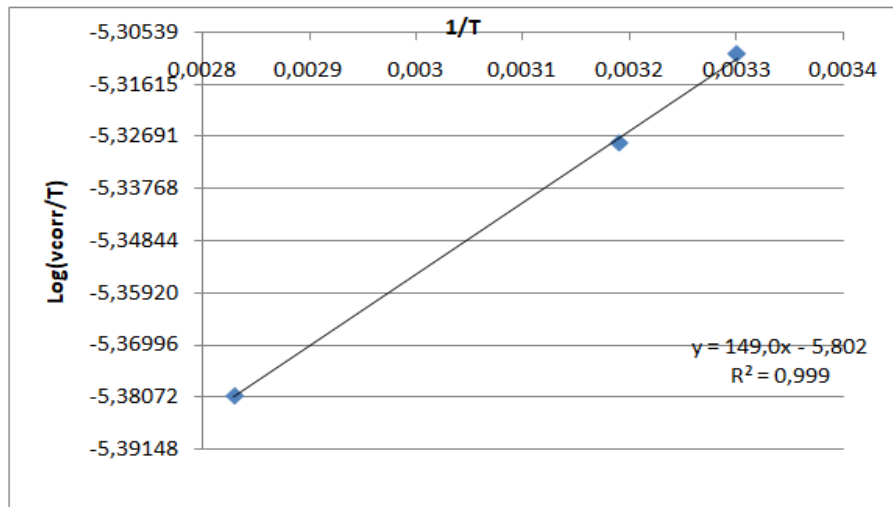
$$\log\left(\frac{V_{\text{corr}}}{T}\right) = \frac{-\Delta H^{\circ}_{\text{ads}}}{2.303RT} + \frac{\Delta S^{\circ}_{\text{ads}}}{2.303RT} + \log\left(\frac{R}{N_A h}\right) \dots\dots\dots(III.2)$$

حيث:

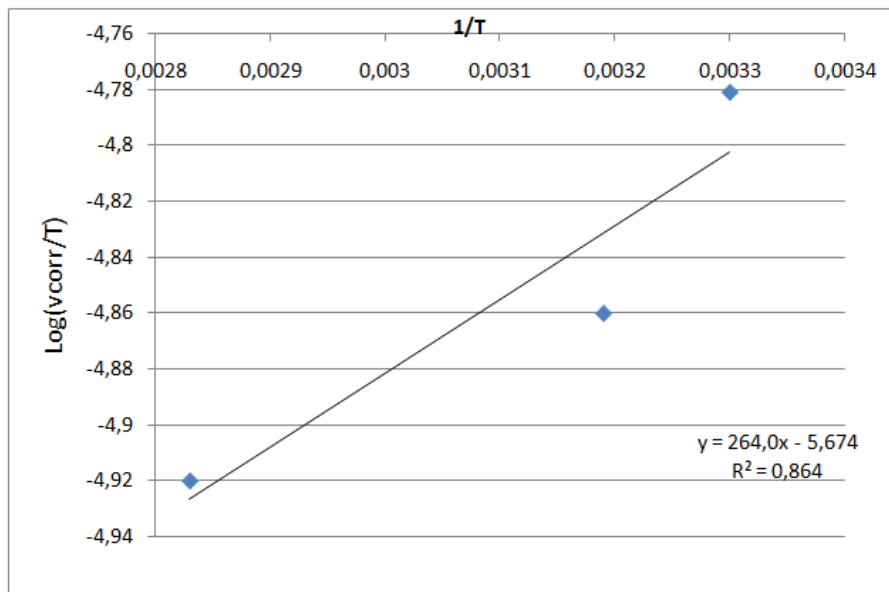
$N_A$ : ثابت أفوغادرو ( $10^{23} \times 6.0123$ )

$h$ : ثابت بلانك ( $6.63 \times 10^{23}$  J.s)





الشكل 12.III. منحنى Arrhenius للعينات المعالجة حرارياً (Homogénéisation) في وسط حمضي في وجود المثبط المحضر بالإذابة في الايثانول  
 $\text{Log}(V_{\text{corr}}/T)=f(1/T)$



الشكل 13.III. منحنى Arrhenius للعينات الغير معالجة حرارياً في وسط حمضي في وجود المثبط المحضر بالإذابة في الايثانول  
 $\text{Log}(V_{\text{corr}}/T)=f(1/T)$

الجدول 11.III. المعلمات الديناميكية الحرارية المحسوبة لإمتزاز

العينات	Ea(KJ.mol <sup>-1</sup> )	ΔHa(KJ.mol <sup>-1</sup> )	ΔS(J.mol <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )
بعملية التجانس	14.82	-2.85	-308.17
غير المعالجة	13.82	-5.05	-274.12

يمكننا إستنتاج ما يلي من النتائج السابقة:

نلاحظ من قيم طاقة التنشيط زيادة القوة الوقائية فيما يخص حالة العينات المعالجة حراريا بالتجانس أكثر من العينات الغير معالجة.

قيم ΔH تحصلنا عليها سلبية مما يؤكد أن امتزاز المثبط طارد للحرارة، كما يشير ذلك إلى وجود قوى ترابط بين المثبط و سطح العنية. [7]

قيم ΔS تحصلنا عليها سلبية أيضا مما يؤكد أن أنتروبي المذبيبات تتخفض بسبب وجود المثبط [7].

III-7-أنواع متساوي الإمتزاز:

من أجل التعرف على سلوك المثبط المستعمل وطبيعة التفاعل الحاصل بين سطح المعدن والمثبط إعتدنا على معادلات متساوي الحرارة

تم تحديد قيم تغطية سطح المثبط θ بدلالة تركيز المثبط من أجل تحديد متساوي الحرارة الموافق لعملية الامتزاز، حيث إختبرنا متساوي الحرارة بالطرق التالية: Frumkin و Freundlich و Langmuir و Flory Huggins و El-Alwady ، إعتادا على المعادلات التالية:

$$Langmuir : \frac{C}{\theta} = Cte + C \dots \dots \dots (III.3)$$

$$Frumkin : \left( \frac{\theta}{1-\theta} \right) \exp(-2a\theta) = KC \dots \dots \dots (III.4)$$

$$El - Alwady : \log \left( \frac{\theta}{1-\theta} \right) = n \log C + \log K \dots \dots \dots (III.5)$$

$$Freundlich : \log(\theta) = n \log C + \log K \dots \dots \dots (III.6)$$

$$Flory Huggins : \log xK + x \log(1 - \theta) \dots \dots \dots (III.7)$$

a: ثابت التفاعل بين الجزيئات الممتزة.

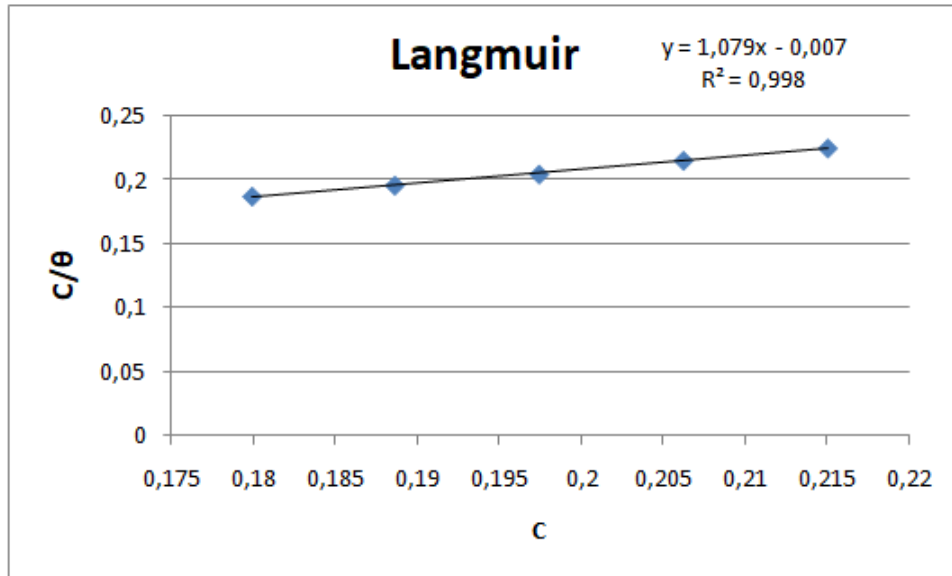
K: ثابت توازن الإمتزاز.

C: تركيز المثبط في الإلكتروليت

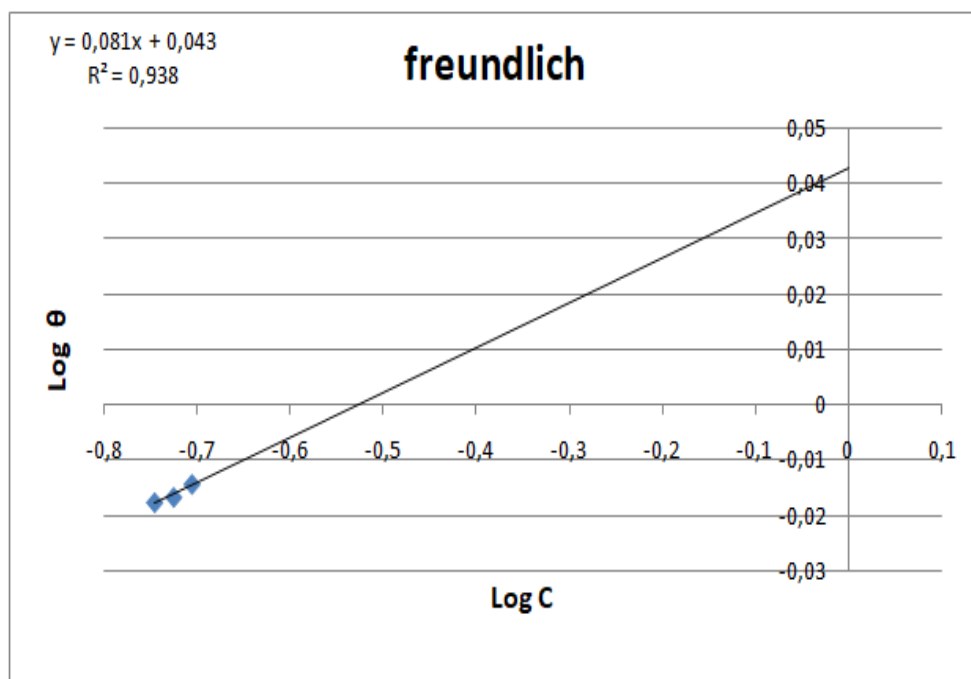
### III-7-1- حساب تغطية السطح $\theta$ :

لحساب تغطية سطح المثبط إستعملنا العلاقة التالية:

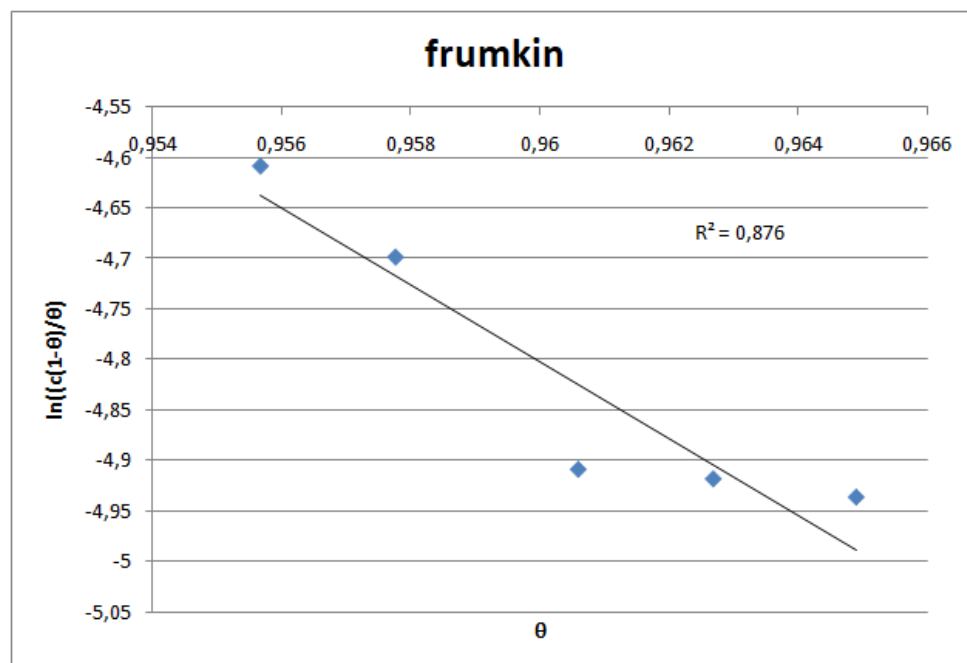
$$\theta = \frac{E\%}{100} \dots \dots \dots (III.8)$$



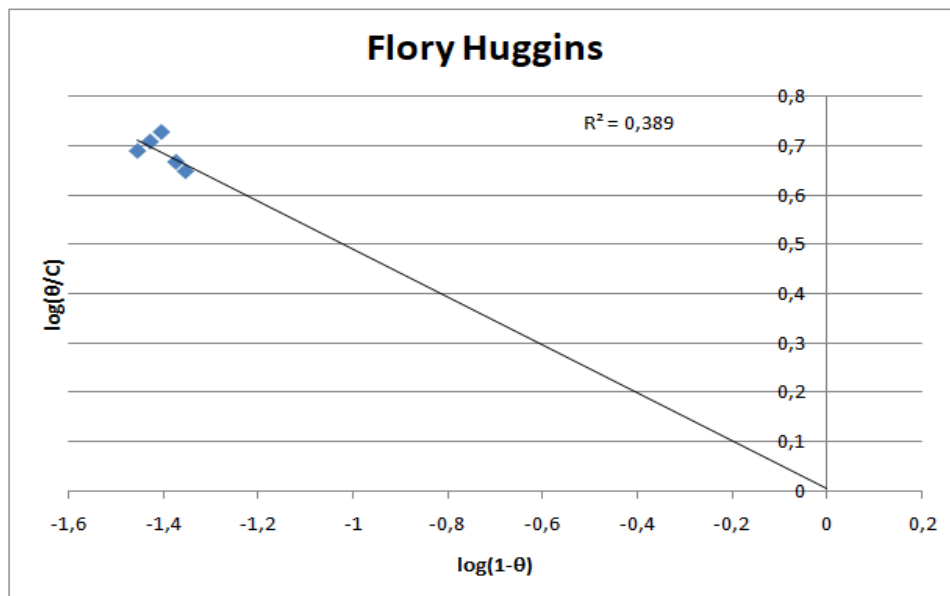
الشكل III.14. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Langmuir



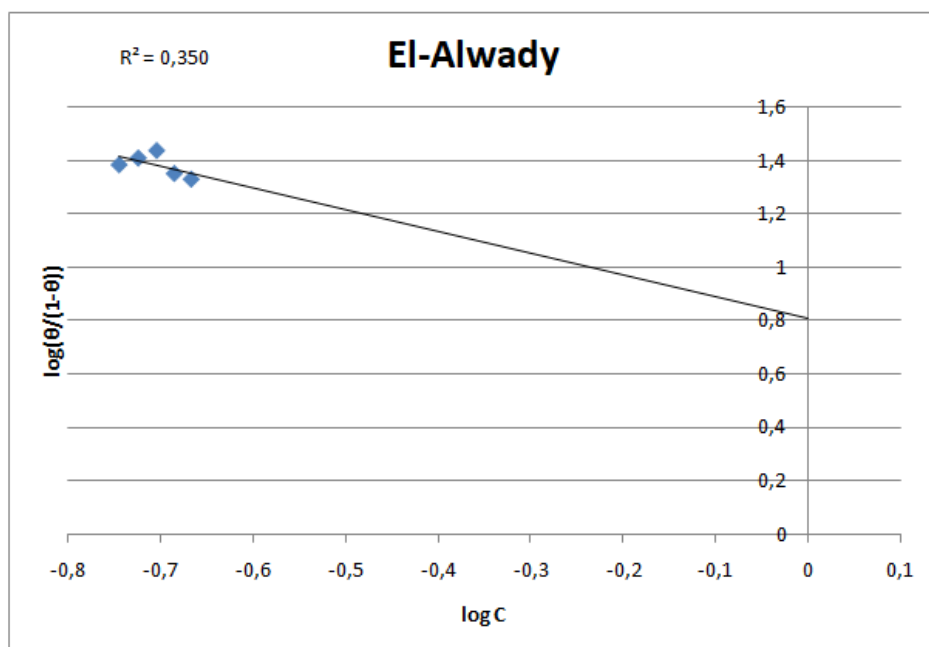
الشكل 15.III. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Freundlich



الشكل 16.III. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Frumkin



الشكل 17.III. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج Flory Huggins



الشكل 18.III. متساوي إمتزاز مستخلص الثوم وفقا لنموذج El-Alwady

اعتمادا على معامل الارتباط  $R^2$  ووفقا لدرجة حرارة الإمتزاز مثلنا الجدول (12.III) والذي يمثل قيم معامل الارتباط:

الجدول 12.III. قيم معامل الارتباط لمعادلات متساوي الحرارة

نموذج متساوي الحرارة	$R^2$
Langmuir	0.998
Frumkin	0.876
Freundlich	0.938
El-Alwado	0.350
Flory Huggins	0.389

انطلاقا من رسم منحنيات متساوي الحرارة المختلفة (Langmuir و Freundlich و Frumkin و El-Alwady و Flory Huggins)، واستخراج معاملات الانحدار من ميل المنحنيات الموضحة في الجدول (11-III)، فإن متساوي حرارة Langmuir هو الأمثل في هذه الحالة بقيمة 0.998، إذ يكون معامل الارتباط (الانحدار) قريبا من الواحد أكثر من المنحنيات الأخرى.

وبذلك فإن إمتزاز مستخلص الثوم على سطح العينة يكون وفقا لنموذج Langmuir، ويصف هذا النموذج أن الامتزاز يحدث على تكوين طبقة أحادية من المثبط تحتل موقعا واحدا فقط على سطح الخارجي للمادة الصلبة، وبعد ذلك لا تستمر عملية الامتزاز. [8-9]

### III-8-تحديد نوع إمتزاز المثبط:

من أجل تحديد نوع الإمتزاز الخاص بالمثبط المستعمل يجب حساب طاقة جيبس  $\Delta^{\circ}G_{ads}$  بدءا من حساب معامل الإمتزاز  $K_{ads}$  انطلاقا من العلاقة التالية:

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K_{ads}} + C \dots \dots \dots (III.9)$$

نعوض قيم  $K_{ads}$  المحسوبة من العلاقة (III.9) في المعادلة لإيجاد طاقة جيبس  $\Delta^{\circ}G_{ads}$  كما هو موضح في الجدول (12.III).

$$K_{ads} = \frac{1}{55.5} \times \exp\left(\frac{-\Delta^{\circ}G_{ads}}{RT}\right) \dots\dots\dots(III.10)$$

C: تركيز المثبط في المحلول

T: درجة الحرارة بالكلفن

R: ثابت الغازات المثالية (8.31J.K/mol)

**الجدول 13.III. قيم طاقة جيبس  $\Delta^{\circ}G_{ads}$  ومعامل الإمتزاز  $K_{ads}$**

C (g/l)	$K_{ads}$ (l/mol)	$\Delta^{\circ}G_{ads}$ (kJ/mol <sup>-1</sup> )
0.1799	1,3699	-12,264
0.1886	1,3793	-12,282
0.1974	1,3928	-12,306
0.2062	1,10011	-11,718
0.215	1,003	-11,488

القيم التي تم الحصول عليها تظهر أن قيم  $\Delta^{\circ}G_{ads}$  سالبة، مما يدل على ثبات الطبقة الممتزة على سطح العينة. علاوة على ذلك، تظهر الدراسات أن قيم  $\Delta^{\circ}G_{ads}$  القريبة من أو تزيد عن -20kJ/mol مرتبطة بشكل عام بالتفاعلات الكهروستاتيكية بين الجزيئات المشحونة وشحنات المعادن (امتزاز فيزيائي).

من ناحية أخرى، تتوافق قيم  $\Delta^{\circ}G_{ads}$  القريبة من أو أقل من -40 kJ/mole مع نقل الشحنات بين جزيئات المثبط و سطح المعدن (امتزاز كيميائي) مع تكوين روابط تساهمية أو معقد تناسقي [10].  
قيم  $\Delta G^{\circ}$  المحسوبة في دراستنا أقل من -20kJ/mol، مما يشير إلى أن امتزاز هذا المثبط على سطح العينات من نوع مادي (امتزاز فيزيائي) [11].

**III-8-1- معلمات الإمتزاز الديناميكي الحراري:**

من أجل التأكد من نوع الإمتزاز الحاصل في تجربتنا بشكل أدق وللوصول للفهم الأعمق لهذه العملية، لابد من معرفة معلمات الإمتزاز الديناميكي.

الجدول 14.III. قيم معامل الإمتزاز  $K_{ads}$

T(k)	$K_{ads}$ (l/mol)
300	0.1152
313	0.1124
353	0.1007

نلاحظ من الجدول (14.III) أنه مع إرتفاع درجة الحرارة تنخفض قيم  $K_{ads}$ .

إنطلاقاً من قيم الجدول (14.III) يمكننا تحديد أنتالبي التنشيط  $\Delta^\circ H_{ads}$  باستعمال معادلة Van't Hoff

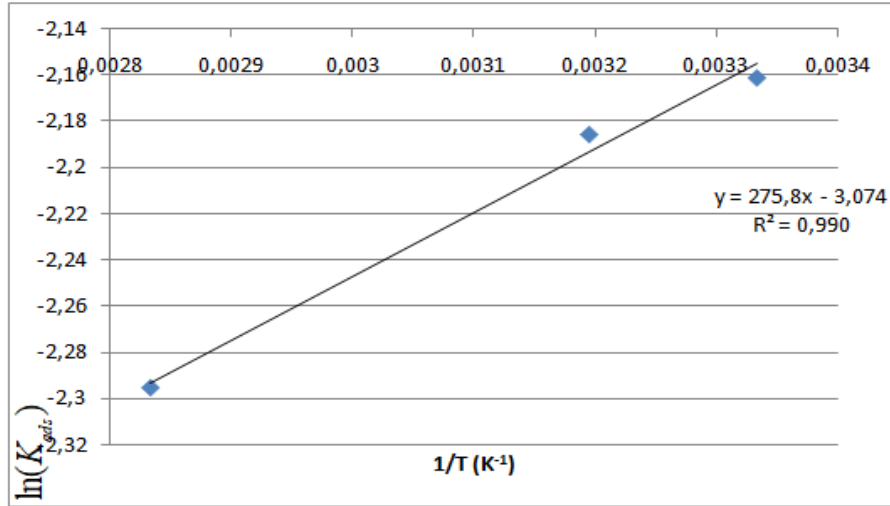
:

$$\frac{d \ln(K_{ads})}{dT} = \frac{-\Delta^\circ H_{ads}}{RT^2} \dots \dots \dots (III.11)$$

بالاستعانة بنتائج الجدول (14.III) قمنا برسم منحنى تغيرات  $\ln(K_{ads})$  بدلالة مقلوب درجة الحرارة  $\frac{1}{T}$

، فتحصلنا على المنحنى الموضح في الشكل الشكل (19.III) والذي يمثل خط ميله هو  $\frac{-\Delta^\circ H_{ads}}{R}$





الشكل 19.III. منحنى تغيرات  $K_{ads}$  بدلالة مقلوب درجة الحرارة  $\frac{1}{T}$

$$\ln(K_{ads}) = f\left(\frac{1}{T}\right)$$

للحصول على قيم أنتروبي التنشيط  $\Delta^\circ S_{ads}$  الموضحة في الجدول (15.III) نعتمد على علاقة Gibbs-Helmholtz التالية:

$$\Delta^\circ G_{ads} = \Delta^\circ H_{ads} - T\Delta^\circ S_{ads} \dots \dots \dots (III.12)$$

الجدول 15.III. قيم معاملات الإمتزاز الديناميكي الحراري للمشبط بدلالة درجة الحرارة

T(k)	$K_{ads}$ (l/mol)	$(\text{kJ/mol}^{-1}) \Delta^\circ G_{ads}$	$(\text{kJ/mol}^{-1}) \Delta^\circ H_{ads}$	$(\text{J/mol}^{-1}) \Delta^\circ S_{ads}$
300	0.1152	-11.52	-2.292	30.76
313	0.1124	-12,78	-2.292	33.50799
353	0.1007	-14.16	-2.292	33.6204

انطلاقاً من قيم معاملات الامتزاز المجمعة في الجدول (15.III)، يمكننا ملاحظة أن قيمة أنتالبي التنشيط محسوبة من معادلة Van'tt Hof هي بترتيب  $-2.292 \text{ kJ/mol}$  للمستخلص، مما يشير للطبيعة الطاردة للحرارة لهذا الإمتزاز على السطح العينة [12]. هذا يؤكد أن الجزيئات العضوية لهذا المستخلص تمتاز فيزيائياً [10]. كما نستطيع تفسير ذلك بانخفاض كفاءة التثبيت مع إرتفاع درجة الحرارة وبالتالي زيادة الطاقة القياسية اللازمة لامتزاز [13].

المراجع بالعربية

- [1] جغبال سعاد، دراسة فعالية مثبط مستخلص الزعفران على تآكل سبيكة الألمنيوم في أوساط مختلفة، مذكرة تخرج ماستر ، جامعة محمد خيضر-بسكرة، 2022.
- [5] عبد الواحد كاظم راجح. كاظم فنطيل السلطاني. احمد فاضل حمزة. حماية الألمنيوم من التآكل باستخدام مثبط عضوي جديد. كلية الهندسة-جامعة.
- [9] عطية سالم، زيواني عبد القادر، مشري رزيقة، غطاس بدرية، دراسة القدرة التثبيطية والفعل التآزري لملاح أزوتي لتآكل الفولاذ مذكرة تخرج ماستر ، جامعة قاصدي مرباح –ورقلة، 2019.

المراجع باللاتينية:

- [2] Allaoui, M., Gherraf, N., Rahim, O., Chebouat E. and Gouamid, Corrosion Inhibition of Carbon Steel in 1M HCl Medium using butanol Extract of Traganum Nudatum Del, International Journal of Applied Engineering Research, 2017.
- [3] M. M Lohrengel, Thin anodic layers on aluminium and other valve metals : high field regime, Material Science & Engineering Reports, vol R11, p. 243-294, 1993.
- [4] Punniyakotti Parthipan , Punniyakotti Elumalai , Jayaraman Narenkumar , LauraL. Machuca , Kadarkarai Murugan , Obuli. Karthikeyan , Aruliah Rajaseka, Allium sativum (garlic extract) as a green corrosion inhibitor with biocidal properties for the control of MIC in carbon steel and stainless steel in oilfield environments , International Biodeterioration & Biodegradation, Volume 132, August 2018.

[6] S. Zermane, Décomposition De la solution solide Al-Mg et son comportement à la corrosion électrochimique, Thèse de Doctorat Université Mohamed Khider – Biskra, (2018).

[7] Jawad, K. Synthesis and comparative study of a new derived triazole as a corrosion inhibitor for mild steel in hydrochloric acid medium supplemented by DFT calculations. International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, Vol. 9,2020.

[8] Ugi, B. U., I. E. Uwah, and P. C. Okafor. Chemical and Process Engineering Research, page 46, 2016.

[10] Gacem Amal et Saoud Amani, Etude de l'efficacité de l'inhibiteur organique (Racines du chêne) sur la corrosion de l'acier (0.45) en milieu acide, These Master. Université Mohamed Khider de Biskra,2019.

[11]Noureddine,Djeddi, Hadji, M.L,et Benahmed, M.ux, IC-WnDT-MI'14. Centre de Recherche Scientifique et technique en Soudage et Contrôle (CSC),2014.

[12] K. M. Zohdy, Int. J. Electrochem. Sci., 10 (2015).

[13] ]N.DJEDDI M.L. HADJI, M. BENAHMED,CSC, Annaba, 9-11-Novembre 2014.

الخاتمة العامة

### الخاتمة العامة:

أصبحت إمكانية استخدام مثبطات التآكل الخضراء الآن بديلا مثيرة للاهتمام مقارنة بأساليب الحماية الأخرى. ولهذا قمنا خلال عملنا هذا بتحضير الثوم لاستخدامه كمثبط لتآكل في وسط يحتوي على حمض الهيدروكلوريك ، إذ قمنا باختيار هذا المنتج لكونه غير سام ، كما أن تكلفته غير مرتفعة ، ونظرا لتوفره وسهولة تحضيره في المختبر.

لإجراء هذه الدراسة ، استخدمنا طريقة فقدان الكتلة ، واللعب على التركيز ووقت الغمس ودرجة الحرارة.

تبعنا لنتائج الدراسة التي تم تنفيذها. توصلنا للاستنتاجات التالية :

- مع زيادة تركيز المثبط الذي تم استخدامه تزداد قيمة الكفاءة التثبيطية حيث وصل لأعلى كفاءة تثبيط بالنسبة للمثبط المحضر بطريقة الإيثانول تقدر بـ %96,4901478 عند تركيز %11.11 في المحلول، تحصلنا كذلك على نفس النتيجة بالنسبة للمثبط المحضر بطريقة التسخين إلا أنه يصل لأعلى كفاءة تثبيط تقدر بـ %93.8940887.
- المثبط المستخلص بطريقة الإيثانول أعطى نتائج أحسن من المستخلص بطريقة التسخين.
- كلا المثبتين (المستخلص بطريقة الإيثانول والمستخلص بطريقة التسخين) وصلا لأعلى كفاءة تثبيط لهما خلال 24 ساعة.
- العينات المعالجة حراريا بعملية التجانس تعطي أحسن مقاومة للتآكل ثم تليها العينات المعالجة حراريا بالتعتيق وأخيرا العينات الغير معالجة حراريا، وبذلك فهي لا تقاوم التآكل كالمعالجة حراريا.
- تقل كفاءة التثبيط كلما زادت درجة الحرارة.
- أظهرت دراسة المعلمات الديناميكية الحرارية لعملية الإمتزاز أن:
  - ◀ إمتزاز مثبط الثوم على سطح الألمنيوم- مغنيزيوم 5% هو إمتزاز فيزيائي.
  - ◀ ظاهرة الإمتزاز في عملنا هذا ذات طبيعة طاردة للحرارة.
  - ◀ جزيئات مستخلص الثوم تتبع نموذج Langmuir، ويصف هذا النموذج أن الامتزاز يحدث على تكوين طبقة أحادية من المثبط
  - ◀ نوع إمتزاز مثبط الثوم على سطح الألمنيوم- مغنيزيوم 5% هو إمتزاز فيزيائي.



## الملخص:

يهدف هذا العمل إلى محاولة التوصل لحماية سبيكة الألمنيوم 5% وزنا مغنيزيوم المعالجة والغير معالجه حراريا من عملية التآكل في وسط حمض الهيدروكلوريك HCL و هذا باستعمال مثبط طبيعي غير ضار بالبيئة الا وهو الثوم. هذا الاخير تم تحضيره بطريقتين (طريقة التسخين في الماء المقطر وطريقة الإذابة في الإيثانول). حيث قمنا بتغيير تركيز هذا المثبط وزمن الغمر وكذلك درجة الحرارة لمعرفة أي الظروف تعطي للمثبط فعالية أكبر. واعتمادا على تقنية الكتلة الضائعة توصلنا إلى أن المثبط المستخلص بطريقة الإذابة في الإيثانول يعطي للعينات حماية أحسن من المستخلص المحضر بطريقة التسخين، إذ أن عملية امتاز المثبط على سطح العينات تكون وفق نموذج Langmuir. وتزداد كفاءته في التثبيط مع زيادة التركيز وتتناقص مع زيادة مدة الغمر ودرجة الحرارة. كما أن العينات المعالجة حراريا بالتجانس هي الأكثر مقاومة للتآكل من غيرها.

**الكلمات المفتاحية:** سبيكة الالومنيوم 5% وزنا مغنيزيوم – التآكل- مثبط طبيعي الثوم- المعالجة الحرارية.

## Résumé:

L'objectif de ce travail est de trouver une protection contre la corrosion de l'alliage d'Aluminium-5%mass Magnésium traité et non traité thermiquement dans un milieu d'acide chlorhydrique HCl, en utilisant l'ail comme un inhibiteur naturel non nocif pour l'environnement. Ce dernier a été préparé de deux manières (extraction par le chauffage dans l'eau distillée, et l'autre dissolution dans l'éthanol). Les concentrations de cet inhibiteur et le temps d'immersion ainsi que la température ont été varié afin d'avoir une bonne résistance à la corrosion. En basant sur la technique de la masse perdue, nous avons trouvé que l'inhibiteur extrait par dissolution dans l'éthanol diminue la vitesse de corrosion mieux que l'autre méthode, Cette inhibition est produite par adsorption en surface des échantillons conformément au modèle de Langmuir. L'efficacité inhibitrice augmente avec l'augmentation de la concentration et diminue avec les longues durées d'immersion et l'augmentation de la température. De plus, les échantillons traités thermiquement par le traitement d'homogénéisation sont les plus résistants à la corrosion que les autres vieillis et non traités.

**Mots clés :** Alliage Al-5%mass.Mg, Corrosion, Inhibiteur naturel ail, Traitement thermique

## Abstract:

Our work is based on an attempt to protect aluminum-magnesium 5% metal treated and not heat-treated from corrosion by using a natural inhibitor that is not harmful to the environment, which is garlic, which is prepared in two ways (the heating method and the method of dissolution in ethanol) in a medium of hydrochloric acid HCL. By changing the concentrations of this inhibitor and time as well as the temperature to see which conditions give the damper the most effective. Based on the lost mass technique, we concluded that the inhibitor extracted by dissolving in ethanol protects the samples better than the extracted by heating method, as the inhibitor is adsorbed on the surface of the samples according to the Langmuir model.

Its inhibition efficiency increases with increasing concentration and decreases with increasing immersion duration and temperature. Also, homogeneously heat-treated specimens are more resistant to corrosion than others.

Keywords: corrosion, natural inhibitor, Langmuir, garlic.