

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة
علوم المادة



مذكرة ماستر

علوم المادة

فيزياء

فيزياء المواد

رقم: أدخل رقم تسلسل المذكرة

إعداد الطالب:

مباركي وسام

يوم: 12/06/2024

دراسة أثر التشوه و المعالجة الحرارية على تآكل سبيكة الألمنيوم 6060 في وسطين مختلفين

لجنة المناقشة:

رئيس	جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. م أ	ناصر أمال
مناقش	جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. مح ب	بن يحي نوال
مؤطر	جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. مح ب	زرمان سميرة

السنة الجامعية: 2023-2024

شكر وعرافان

الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم و المعرفة وأعاننا على انجاز هذا العمل و أداء هذا الواجب حمدا يليق بجلال وجهه و عظيم سلطانه، والصلاة و السلام على أشرف المرسلين وخاتم الأنبياء سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

نتقدم بجزيل الشكر و الامتنان إلى كل من ساعدنا في تذليل ما وجهناه من صعوبات ، ونختص بالذكر الأستاذة الفاضلة زرمان سميرة لمجهوداتها و تفضلها بإشراف هذا العمل ، والتي كانت معي ورافقتني إلى آخر لحظة لانجاز هذا العمل ، متمنين لها دوام الصحة و العافية .

شكرا لأعضاء لجنة المناقشة الأفاضل تقديرا و عرفانا لهم بالجميل.

شكرا لكل أساتذة كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة دون استثناء

شكرا محملا بالتقدير و الاحترام و المحبة للزملاء و الزميلات، ولكل من وقف معنا وشجعنا و ساندنا ولو بكلمة

رفعت كل معنوياتنا.

الاهداء

أحمد الله عز وجل على أن وفقني في انجاز هذا العمل أما بعد أهدي هذا العمل :

إلى نفسي التي عانت من أجل الوصول إلى هذه المرحلة.

إلى من أفتخر به : أبي الغالي حفظه الله.

إلى من ساندتني في حياتي : أمي الغالية

إلى كل أفراد عائلتي وزميلاتي من دون استثناء

إلى من أثاروا لنا مسيرة العلم و النجاح أساتذتي الكرام

الفهرس

الفهرس:

.....	شكر وعران
.....	الاهاء
.....	الفهرس
.....	قائمة الأشكال
.....	قائمة الجداول
1.....	المقدمة العامة
2.....	قائمة المراجع

الفصل الأول

الدراسة النظرية

4.....	مدخل:
4.....	1-1- مفاهيم عن التأكل
5.....	1-2- أسباب تأكل المعادن
5.....	1-3- العوامل المؤثرة على ظاهرة التأكل
5.....	1-4- أنواع التأكل
6.....	1-4-1- التأكل المنتظم
6.....	1-4-2- التأكل الموضعي (بالنقر)
7.....	1-4-3- تأكل الجهد

- 8-4-4-1 التآكل الحبيبي 8
- 8-4-5-1 التآكل بالحك أو الالتماس 8
- 9-4-6-1 التآكل بالتعرية 9
- 9-5-5-1 أهمية دراسة ظاهرة التآكل 9
- 10-6-6-1 المعالجة الحرارية 10
- 10-6-1-1 تعريف المعالجة الحرارية 10
- 10-6-2-1 أهمية المعالجة الحرارية 10
- 11-6-3-1 أهداف المعالجة الحرارية 11
- 11-6-4-1 شروط المعالجة الحرارية 11
- 11-7-7-1 التشوه 11
- 11-7-1-1 أنواع التشوه 11
- 12-7-2-1 أهداف التشوه 12
- 12-8-8-1 بعض الدراسات السابقة 12
- 14 قائمة المراجع

الفصل الثاني

الطرق والأجهزة المستعملة

17	تمهيد
17	1-1-11- الطرق والأجهزة المستعملة
17	2-11- العينات المدروسة
18	11-3- طرق تحضير العينات المدروسة
18	11-3-1- قطع العينات
18	11-3-2- عملية الصقل الميكانيكي
19	11-3-3- التشوه
20	11-3-4- المعالجة الحرارية
21	11-4- طرق تحضير المحاليل (الوسط الأكال)
22	11-5- دراسة سرعة التآكل باستعمال تقنية الكتلة الضائعة
22	11-5-1- معدل التآكل
22	11-5-2- تقنية الكتلة الضائعة
23	11-6- طريقة العمل
24	11-7- الأجهزة المستعملة للتوصيف
24	11-7-1- اختبار الصلادة
26	11-7-2- انعراج الأشعة السينية
27	11-7-3- المجهر الإلكتروني الماسح

الفصل الثالث

النتائج ومناقشتها

31	.....	مقدمة
31	.....	III-1- التحليل بواسطة الأشعة السينية
33	.....	III-2- نتائج اختبار الصلادة
36	.....	III-3- دراسة تآكل العينات
36	.....	III-3-1 دراسة تآكل العينات في الحالة الشاهد
37	.....	III-3-2 دراسة تآكل العينات في الحالة المشوهة
38	.....	III-3-3 دراسة تآكل العينات المعالجة حرارياً
40	.....	III-3-4 مقارنة سرعة التآكل للحالات الثلاث في المحلول الحمضي
41	.....	III-3-5 مقارنة سرعة التآكل للحالات الثلاث في محلول كلور الصوديوم
43	.....	المراجع
47	.....	الخاتمة العامة
48	.....	الملخص

قائمة الأشكال

الفصل الأول: الدراسة النظرية

- الشكل 1-1- التآكل المنتظم 8
- الشكل 1-2- التآكل الموضعي (بالنقر) 8
- الشكل 1-3- تشققات تآكل الجهد 9
- الشكل 1-4- التآكل الحبيبي 10
- الشكل 1-5- التآكل بالحك 10
- الشكل 1-6- التآكل بالتعرية 11

الفصل الثاني: الطرق والأجهزة المستعملة

- الشكل 1-1- بيان الاتزان الثلاثي للسبائك الثلاثية 6000 19
- الشكل 1-2- الصقل الميكانيكي لعينة الألمنيوم 20
- الشكل 1-3- جهاز ضغط العينات 21
- الشكل 1-4- الفرن الكهربائي 22
- الشكل 1-5- القدم القنوية 24
- الشكل 1-6- صورة ميزان الكتروني بدقة 0.0001 غرام 25
- الشكل 1-7- غمس العينات في المحلولين 25
- الشكل 1-8- جهاز قياس الصلادة فيكرز نوع wilson wolpert 26
- الشكل 1-9- انعراج براغ 28
- الشكل 1-10- جهاز انعراج الأشعة السينية 28
- الشكل 1-11- المجهر الالكتروني الماسح 29

الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها

- الشكل III-1- مخطط أطياف انعراج الأشعة السينية..... 34
- الشكل III-2- البنية المجهرية للعينات الثلاث بعد عملية الغمر لمدة 216 ساعة في محلول حمض كلور الماء..... 38
- الشكل III-3- نتائج تآكل العينات الشاهد في المحلولين 40
- الشكل III-4- نتائج تآكل العينات المشوهة في المحلولين 41
- الشكل III-5- نتائج تآكل العينات المعالجة حرارياً في المحلولين 43
- الشكل III-6- تغير معدل السرعة للعينات الثلاث في المحلول الحمضي 43
- الشكل III-7- تغير معدل السرعة للعينات الثلاث في محلول كلور الصوديوم..... 44

قائمة الجداول

الفصل الثاني: الطرق والأجهزة المستعملة

الجدول II-1- المكونات الوزنية لسبيكة الألمنيوم 6060..... 18

الفصل الثالث: النتائج ومناقشتها

الجدول III-1- مواضع حيود المستويات لمختلف العينات الثلاث 36

الجدول III-2- عرض طيف حيود المستويات لمختلف العينات الثلاث 36

الجدول III-3- نتائج اختبار الصلادة للعينات الثلاث..... 37

الجدول III-4- دراسة أثر الغمر في المحلولين لعينة الشاهد 39

الجدول III-5- دراسة أثر الغمر في المحلولين في حالة العينة المشوهة 40

المقدمة

المقدمة العامة

يعتبر الألمنيوم من أهم المعادن وأكثرها استعمالاً في حياتنا اليومية، وتتعدد استعمالاته في العديد من التطبيقات الصناعية حيث بدأ استخدامه في القرن العشرين بشكل واسع إلى أن تطورت الدراسات حول خواصه الفيزيائية والميكانيكية ، وعموماً فإن الخصائص الميكانيكية للألمنيوم ضعيفة ولتحسينها أضيفت له بعض العناصر كالحاس والسيليسيوم وهذا ما يعرف بسبائك الألمنيوم. حيث ركزت معظم الأبحاث في الكيمياء الكهربائية للألمنيوم على سلوك التآكل لسبائكه في محاليل عدة منها NaCl , HCl

إن ظاهرة التآكل التي تتعرض لها مختلف المواد والسبائك وعلى رأسها سبائك الألمنيوم ، هو ذلك التدهور البطيء والعفوي الذي يؤدي إلى تلفها، بحيث يعتبر مشكل طبيعي كبير، يحدث نتيجة التفاعل الكيميائي أو الكهروكيميائي بين المعدن وبيئته، وينجم عنه خسائر في عدة ميادين.

تلعب المحاليل الحمضية دوراً مهماً في حياتنا اليومية حيث توجد العديد من الأحماض التي تتعامل معها في حياتنا بشكل مستمر، وتستعمل المحاليل الحمضية في العديد من الأنشطة الصناعية مثل التنظيف الكيميائي ، وإزالة الترسبات ويتبعه عادة انحلال كبير للمعدن بسبب عدوانية هذه المحاليل [1].

لتحسين الخصائص الميكانيكية لسبائك الألمنيوم نقوم عادة بعمليات التشويه اللدن والمعالجات الحرارية، لذلك كان الهدف من هذا العمل هو دراسة أثر التشويه والمعالجة الحرارية على تآكل سبيكة الألمنيوم 6060 في وسطين مختلفين. ولهذا الغرض قمنا بتقسيم الدراسة إلى ثلاثة فصول أساسية وخاتمة.

- الفصل الأول يهتم بالدراسة النظرية والذي تطرقنا فيه إلى ظاهرة التآكل وأنواعه وطرق الحماية منه، وكذلك إلى التشويه والمعالجات الحرارية.
- الفصل الثاني يتناول مختلف الطرق والأجهزة المستعملة والبروتوكولات المستعملة خلال هذا العمل.

وخصص الفصل الثالث لمناقشة النتائج المتحصل عليها ومقارنتها مع الدراسات السابقة التي أجريت على هذا النوع من السبائك.

وختمنا بحثنا هذا بخاتمة جمعنا فيها أهم النتائج المتحصل إليها.

قائمة المراجع باللغة اللاتينية

[1] A. Thome et al, Chalcone oxime derivatives as new inhibitors corrosion of carbon steelin 1 M HCl solution, Journal of MolecularLiquids, 337, (2021), 116398.

الفصل الأول
الدراسة النظرية

مدخل:

يعتبر الألمنيوم من أهم المواد التي لها استخدامات صناعية واسعة النطاق وهذه الاستخدامات تزداد مع مرور الوقت بصورة كبيرة، ونظرا لارتفاع أسعار المعادن والسبائك الأخرى المستخدمة في الصناعات المعدنية و الهندسية ، اتجه معظم الباحثين نحو البحث عن مواد لها خواص تؤهلها للاستخدام في المجالات التطبيقية المختلفة ، فكانت سبائك الألمنيوم كبديل عن معظم المواد وذلك لما تتمتع به من خواص ، من حيث خفة الوزن ، ودرجة انصهار منخفضة ، وخواص ميكانيكية مختلفة.

يعتبر الألمنيوم ثاني أكثر العناصر المعدنية وفرة على وجه الأرض، كما يعتبر منافسا اقتصاديا في التطبيقات الهندسية [1].

يتميز الألمنيوم وسبائكه (أخف بثلاث مرات من الفولاذ) بخصائص جيدة ، وبمقاومة بشكل طبيعي للتآكل مما جعله محط اهتمام في مجال صناعة الطائرات، ، كما أنه كذلك 100% قابل لإعادة التدوير[2].

تعتبر ظاهرة التآكل مشكلة عالمية كبيرة تتعرض لها مختلف المواد ومن أكثرها المعادن فهو يسبب خسائر مادية تؤثر على الاقتصاد الصناعي، وإذا تركت دون مجابته فإنها بالتأكيد ستنتج بكارث كبيرة. فالتآكل هو تلف معدن معرض للوسط الخارجي [3].

ونجد أن هناك عدة عوامل تؤثر على التآكل منها، درجة الحرارة، تركيز البيئة ، بالإضافة إلى الضغط اللذان يزيدان من معدل التآكل [4].

1-1- مفاهيم عن التآكل:

- التآكل (corrosion) هو التدهور لخواص المادة الأساسية نتيجة للتفاعل مع بيئتها. وهو تلف أكسيدي لمعدن ما، مثل تحويل الحديد إلى صدأ [3].
- عبارة عن أكسدة معدن معرض لعوامل طبيعية أو مواد كيميائية، وبشكل أدق التآكل هو عبارة عن تفاعل كيميائي (تفاعل أكسدة و إرجاع) تحدث على سطح المعدن عندما يكون المعدن متصلا بالوسط المسبب للتآكل مثل الهواء أو المحاليل المائية [5] .
- كما عرف على أنه تفاعل سطحي غير عكوس في الشروط العادية يحدث عند السطح الفاصل له مع الوسط المحيط به مؤديا بذلك إلى تلفه وانحلاله [4].

- يعرف تبعا للنظام ISO8044 على أنه تأثير متبادل فيزيائي بين المعدن والوسط المحيط به، ينتج عنه تغيير في الخواص المميزة للمعدن [6] .

1-2- أسباب تآكل المعادن:

من أهم أسباب تآكل المعادن وجود الماء والهواء بشكل رطب، الوسط الحمضي، الأملاح، الغازات الخطرة [7].

عدم استقرار المعدن وينشأ التآكل نتيجة حدوث تفاعلات الأكسدة والإرجاع حيث يعرف هذا النوع من التآكل بالكهروكيميائي [8].

1-3- العوامل المؤثرة على ظاهرة التآكل:

التآكل يتأثر بعدة عوامل كثيرة لا بد من التعرف عليها للحفاظ عليها لأنها مرتبطة بطبيعة المعدن والوسط المحيط به ونلخص هذه العوامل كالتالي:

• طبيعة المعدن:

*تتمثل في التركيب الكيميائي وطريقة التحضير بالإضافة إلى المعالجة الحرارية و الميكانيكية [9] .

• ظروف الاستعمال:

تتمثل في شكل العينة و حالة السطح، التلحيم ، الإجهاد الميكانيكي، درجة الحرارة، تغير مواقع الحماية.

• الوسط:

*طبيعة الوسط (pH)

*الشروط الترموديناميكية

*تركيبية الوسط الغازي أو السائل

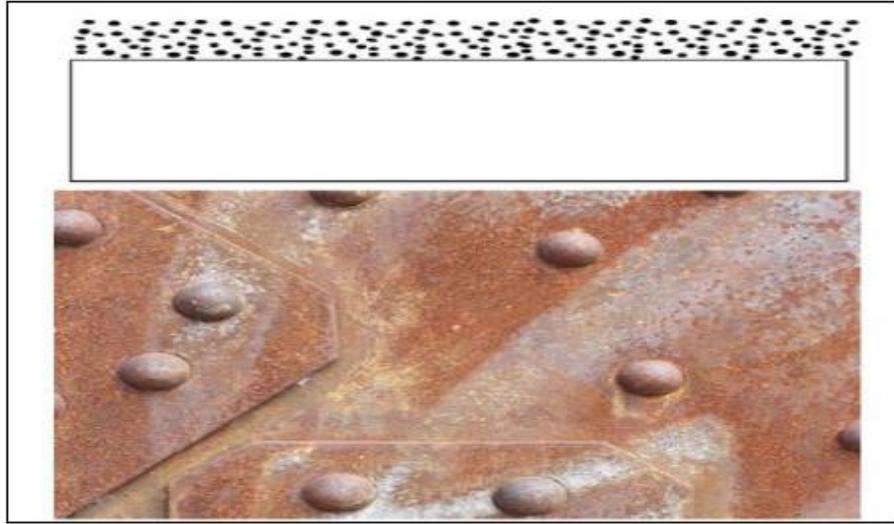
1-4- أنواع التآكل:

ان تأثير التآكل على سطح المعدن اتخذ أنواعا مختلفةً يعتمد على طبيعة هذا التآكل وحالة الوسط وظروفه التي تؤدي إلى حدوثه وعلى هذا يمكن تمييز أنواع التآكل وأبرزها مايلي:

1-4-1- التآكل المنتظم

وهو التآكل الأكثر انتشارا والأكثر أمانا، وهو أكثر شيوعا في المنشآت المعرضة للتآكل الجوي أو التآكل في مياه البحار [10]

حيث حدث تفاعل كيميائي بانتظام على سطح المعدن الذي يوجد مع تماس مع الوسط الآكل وبشكل منتظم [11].



الشكل 1-1- التآكل المنتظم

1-4-2- التآكل الموضعي (بالنقر)

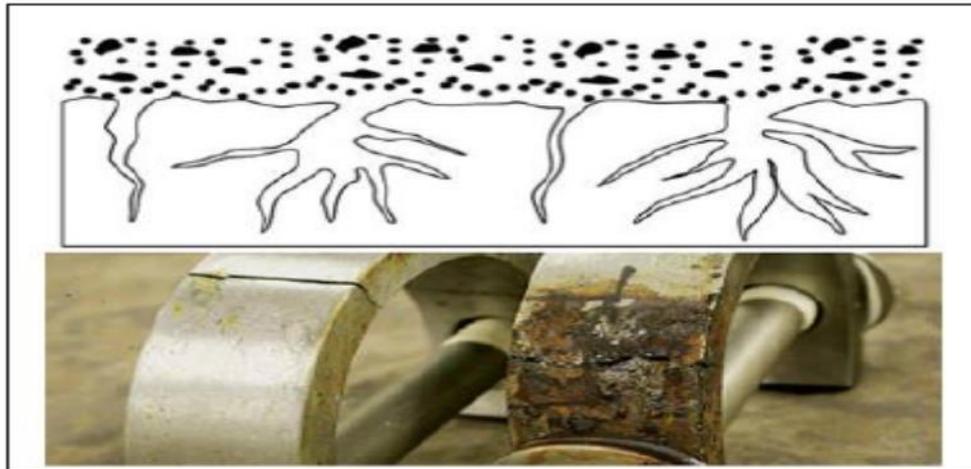
ينتج هذا التآكل عن هجوم بعض أيونات المحاليل على المعادن المحمية بواسطة شريط من الأكسيد الرقيق، ويكون بشكل عنيف موضعيا مكونا ثقوب صغيرة نسبيا يصعب الكشف عنها خاصة إذا كانت هذه الأيونات هي الكلور، قد تكون هذه الثقوب معزولة أو قريبة مما يجعل السطح شبه مسامي، فأهم سبب لحدوث هذا التآكل هو عدم تجانس المعدن [12,13].



الشكل 1-2- التآكل الموضعي (بالنقر)

1-4-3- تآكل الجهد

تظهر هذه التشققات بسبب التأثير المشترك للإجهاد الميكانيكي والمحيط . وينتج الإجهاد عن الحمل المطبق أو الإجهاد المتبقي في المعدن عن عملية التصنيع أو كليهما [14] .



الشكل 1-3- تشققات تآكل الجهد

1-4-4-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. وفي أسوأ الأحوال إلى تدمير سريع للغاية للمعدن يرتبط التآكل الحبيبي بوجود طور مختلف عن المعدن الأساسي في سلوكه الكهروكيميائي عند حدود الحبوب [1].



الشكل 1-4-4-التآكل الحبيبي

1-4-5-التآكل بالحك أو الالتماس

وهو تآكل سريع ، ويحدث عند نقاط التماس بين سطوح المعدن المحملة بأحمال كبيرة والتي تتعرض لحركة اهتزازية صغيرة مثل المحركات [7] .



الشكل 1-5- التآكل بالحك

1-4-6- التآكل بالتعرية

حركة سريعة للسوائل ضمن الأنابيب تسبب اقتلاع أجزاء من الطبقة السطحية أو الترسبات التي تشكل حماية من التآكل، وهذا ما يسمى بتآكل التعرية [7].



الشكل 1-6- التآكل بالتعرية

1-5- أهمية دراسة ظاهرة التآكل:

- 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 فقده من المعادن [9].
- تحقيق الأمن للأماكن والبنىات التي عند تعرضها للتآكل قد تنهار محدثة عواقب كبيرة وكوارث مثل أواني الضغط العالي ، الحاويات المعدنية للمواد المشعة، مكونات الطائرات وغيرها.
- تحسين الجودة حيث يمكن لدراسة ظاهرة التآكل أن يساعد على تحسين جودة المواد وتطويرها لتحسين مقاومتها للتآكل.
- اقتصاديا تتمثل في تقليل الفاقد من المواد المعدنية المتآكلة مثل أنابيب البترول والمياه والخزانات المعدنية و الأجزاء المعدنية المكونة للآلات والسفن وغيرها.

1-6- المعالجة الحرارية:

منذ القدم استغل الإنسان المعالجات الحرارية للمعادن، حيث يلعب علم المعالجات الحرارية دورا مهما في علم الهندسة الميكانيكية وأصبح ذو أهمية بالغة جدا وذلك للتأثير البالغ للمعالجة الحرارية في خواص المعادن.

1-6-1- تعريف المعالجة الحرارية

هي سلسلة متواصلة من عمليات التبريد والتسخين للمعدن للحصول على مجموعة الخواص المطلوبة. أي هي تسخين المادة بأسلوب معين وتبريده بأسلوب معين مما يؤدي لتغييرات بنيوية في المادة ، الأمر الذي يؤدي لتغيير خواص المعدن.

1-6-2- أهمية المعالجة الحرارية:

يتمثل الهدف الرئيسي من أي معالجة حرارية في تحسين خواص محددة في المعدن وذلك عن طريق إحداث التغييرات المطلوبة في بنية المعدن ويتم ذلك بتسخين المعدن لدرجة حرارة معينة متبوعة بالتبريد اللاحق الذي يؤدي لتغيير خواص المادة.

كما يمكن تحسين خصائص سبائك الألمنيوم عن طريق المعالجات الحرارية ، والتي تحتاج إلى أن يتم تنفيذها في معدات محددة تتطلب على وجه الخصوص الدقة العالية لدرجات الحرارة المستعملة [15].

1-6-3- أهداف المعالجة الحرارية:

- الحصول على بنية بلورية منتظمة.
- زيادة الصلادة السطحية للمعدن.
- زيادة قابلية المعدن لعمليات التشكيل.

1-6-4- شروط المعالجة الحرارية:

إن المعالجة الحرارية تتم دائماً في الحالة الصلبة أي عندما تكون الخليطة على شكل محلول صلب أي إنها تحوي أكثر من عنصر خلائطي.

1-7- التشوه

التشوه في علم المواد يشير إلى تغييرات في الشكل أو الحجم بسبب وجود قوة تطبيقية كقوة الشد أو الضغط. مع ثبوت أو تغير في درجة الحرارة ، بحيث في هذه الأخيرة يتم نقل الطاقة .

1-7-1- أنواع التشوه

اعتماداً على نوع المادة والقوى المطبقة قد تنتج أنواع مختلفة من التشوه تتمثل في

التشوه الدائم لا رجعة فيه يبقى التشوه حتى بعد إزالة القوى المطبقة ويدعى بالتشوه البلاستيكي.

التشوه المؤقت قابل للاسترداد لأنه يخفني بعد إزالة القوى المطبقة ويدعى بالتشوه المرن.

التشوه اللدن هذا النوع لا رجعة فيه ومع ذلك فإن الجسم الموجود في نطاق تشوه اللدن سيخضع أول مرة

للتشوه المرن والذي يمكن عكسه وبالتالي فإن الجسم سيعود إلى شكله الأصلي

1-7-2- أهداف التشوه

- تشوه المعادن يعتبر عملية أساسية في عمليات التصنيع والصناعة المعدنية، حيث تتطلب العديد من التطبيقات تعديل شكل وخواص المعادن لتلبية الاحتياجات المحددة، فهناك عدة أسباب و أهداف لتشوه المعادن بما في ذلك
- تحسين القوة بعض عمليات تشوه المعادن تزيد من قوتها ومتانتها، مما يجعلها أقوى وأكثر مقاومة للكسر.
- تحسين الخواص الميكانيكية للمعادن مثل الصلابة واللدونة.
- إعطاء الشكل النهائي حيث يتم استخدام تشوه المعادن لإعطاء المنتجات النهائية شكلا محددًا ودقيقًا

1-8- بعض الدراسات السابقة

سنقدم في هذا الجزء بعض النتائج والأبحاث التي تم إجرائها على سبائك الألمنيوم

- 1- أظهرت الدراسة التي أجريت من طرف [16] L. Boussouf : أن ارتفاع كثافة الانخلاع الناتجة اثناء التشوه، ينتج عنه زيادة في كثافة الاضطرابات ، مما يعمل على زيادة صلابتها.
- 2- كما أثبتت دراسة أخرى [17] N. Zazi: أن الصلادة تزداد مع زيادة معدل التشوه ، وهذه الزيادة المعتبرة سببها هو الارتفاع في كثافة الانخلاعات المتولدة أثناء تشوه السبيكة.
- 3- كما أظهرت لنا دراسات أخرى [19.18] Smain Bourahla , Michel Dupeux : أن المعالجات الحرارية تؤثر بشكل كبير على سبيكة الألمنيوم حيث تعمل على الانخفاض في صلادة العينة وهذا الانخفاض راجع إلى عملية إعادة التبلور ، حيث أن المدة الزمنية التي أجريت خلالها المعالجة الحرارية أدت إلى زيادة حجم الحبيبات مما أعطى انخفاض في صلادة سبيكة الألمنيوم.
- 4- كما بينت لنا الدراسة [21.20] منال معلول ، عمر بن عبد الله الهزازي :

أن سرعة التآكل القصوى راجعة إلى أن سطح المعدن في البداية يكون نشطا اتجاه المحلول العدوانى، ثم بعد ذلك يبدأ بالنقصان راجع إلى ظاهرة الخمول وهي تشكل طبقة واقية طبيعية أي طبقة الأكسيد على سبيكة الألمنيوم بحيث تعيق عملية التآكل.

قائمة المراجع باللغة العربية

- [3] إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزاري، الفصل الثامن عشر: 'التآكل والسيارة عليه'، الكيمياء الكهربائية.
- [4] حنين عيسى دار صرار، التآكل وطرق حماية المعادن'4 فبراير 2.
- [5] د. محمد إسماعيل علي الدرمللي، الكيمياء الكهربائية، الفصل الثامن عشر: التآكل والسيطرة عليه، دار العلم والإيمان للنشر والتوزيع.
- [6] مسعودة دقموش، تحضير وتحديد الخصائص الفيزيوكيميائية لبعض المركبات ثنائي ثيول ثيون وأملاحها المرافقة لتطبيق فعاليتها التثبيطية في دراسة تآكل المعادن أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة (2014).
- [7] د. قحطان خلف محمد الخزرجي، عبد الجواد محمد أحمد الشريف التآكل: أسبابه أنواعه طرق الحماية منه ' جامعة بغداد.5
- [9] بن منين عبد القادر، دراسة تأثير مثبت مستخلص جذور النباتات على تآكل الفولاذ CX5، مذكرة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2017.
- [10] الوحدة الرابعة، أشكال التآكل علم المواد التطبيقي والتآكل 575 هـ.م.
- [11] نموسة التجاني يحي، دراسة فعالية بعض النباتات الصحراوية كمثبطات للتآكل في الأوساط المائية - مذكرة ماجستير جامعة ورقلة (قاصدي مرباح) 2007 ص 28-35، 15-31
- [14] صالح نبيل، تثبيط تآكل الفولاذ C 45 في وسط كلوريد الصوديوم بواسطة العسل الطبيعي، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح ورقلة 2021 .
- [20] منال معلول، تقدير الفعالية التثبيطية للمستخلص المائي لنبات الصحراوي Moltki Ciliata في أوساط حمضية ، Xc70 تجاه تآكل الفولاذ الكربوني مذكرة ماستر جامعة حمي لخضر 2017.
- [21] إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزاري، الفصل الثامن عشر: 'التآكل والسيارة عليه'، الكيمياء الكهربائية

- [1] Xiaoge Gregory Zhang , Corrosion and electrochemistry of zinc , Springer US,1996.
- [2] D.Londolt , " Traité des matériaux corrosion et chimie des surfaces des métaux ",1993,Vol 12, Press polytechniques et Universitaires Romandes" ,p38,116-125,179-204,496.
- [8] N.mhiri et al, corrosion inhibition of carbonsteel in acidic medium by orange peel extract and its main antioxidant compounds, corrosion science,102,(2016),55-62.
- [12] F.Benties et al,corrosion Journal,2000,No 4 ,315
- [13] Yan Li et al ,Applied surface ,2005,252,p 1245-1253.
- [15] 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.
- [16] L. Boussouf, Mémoire de Magister, Synthèse et Caractérisations d'une Céramique Electrotechnique du type: $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 - Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O - SiO_2$, Université Badji Mokhtar- Annaba, (2009).
- [17] N. Zazi, Thèse de Doctorat, Influence des effets de vieillissement et du laminage à froid sur la microstructure, associés aux propriétés mécaniques et chimiques des alliages Aluminium Magnésium, Thèse de Doctorat, Université de Tizi-ouzou, Algérie (2011).
- [18] Smain BOURAHLA. "Influence du recuit sur la recristallisation de l'alliage AlLi". Thèse de Magister. Université MENTOURI Constantine (2007).
- [19] Michel DUPEUX. "Aide-mémoire science des matériaux" page (216-220,). Dunod. Paris (2005).

الفصل الثاني

الطرق والأجهزة المستعملة

تمهيد:

أردنا في هذا الفصل تبيان منهجية العمل المتبعة وطرق تحضير العينات وكذلك المحاليل المدروسة، وأيضا تقديم شرح للطرق والأجهزة المستعملة خلال هذا العمل.

1-1-1- الطرق والأجهزة المستعملة:

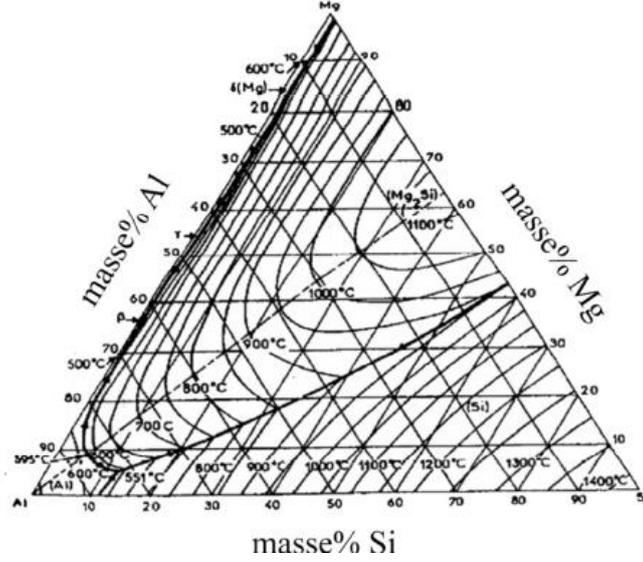
أولا نقوم بتعريف السبيكة المستعملة في هذا البحث ، والطرق المتبعة في عملية تحضيرها، مع التطرق الى التعريف بالأجهزة المستعملة و الوسائل في هذه الدراسة.

1-1-2- العينات المدروسة:

السبيكة المستعملة في هذا البحث هي سبيكة الألمنيوم 6060 ، وهي سبيكة من عائلة الألمنيوم والمغنزيوم والسيلكون ،الشكل (1-1) يمثل بيان الاتزان الثلاثي للسبائك الثلاثية 6000. فسبائك 6060 هي واحدة من السبائك الأكثر شيوعا في سلسلة 6000 إنها سبيكة قابلة للمعالجة بالحرارة مع مقاومة جيدة للتآكل وقابلية اللحام، تستخدم على نطاق واسع في إطارات النوافذ والأبواب في التطبيقات السكنية والتجارية. والمكونات الوزنية للسبيكة المستعملة مبينة في الجدول (1-1).

الجدول 1-1- المكونات الوزنية لسبيكة الألمنيوم 6060

العنصر	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
الوزن %	0.30 -0.60	0.10-0.30	0.10	0.10	0.35-0. 60	0.05	0.15	0.10



الشكل II-1 بيان الاتزان الثلاثي للسبائك الثلاثية 6000

II-3-3 طرق تحضير العينات المدروسة:

II-3-3-1 قطع العينات:

تم قطع سبيكة الألمنيوم 6060 على شكل متوازي المستطيلات صغيرة باستخدام المنشار الكهربائي بوجود الماء حتى لا يحدث تغيير في البنية المجهرية.

II-3-3-2 عملية الصقل الميكانيكي:

تم صقل العينات بالاعتماد على آلة الصقل الميكانيكي كما مبينة في الشكل (II-2) تحت تدفق الماء على ورق كاشط ذي الأرقام التالية: 120-220-400-600-800-1200 حتى الحصول على سطح أملس ولماع وبعد الانتهاء من كل مرحلة تنظف العينات جيدا بالماء المقطر ثم الايثانول لتجنب بقاء الشوائب على السطح ثم تجفف باستخدام مجفف الشعر وتحفظ في علبة.



الشكل II-2- الصقل الميكانيكي لعينة الألمنيوم

II-3-3- التشوه:

لتشويه مادة صلبة من الضروري تطبيق قوة ميكانيكية. قمنا بتشويه عيناتنا عن طريق آلة الضغط المبينة في الشكل (II-3)، حيث أردنا أن تكون نسبة التشوه 50%. مع المحافظة على بعض العينات على حالتها العادية من أجل المقارنة.

بعد قياس السمك الابتدائي للعينات نقوم بحساب السمك الموافق لنسبة التشوه 50% وفقا للمعادلة (II-1) ثم نقوم بعملية الضغط حتى نتحصل على السمك المطلوب.

$$\varepsilon\% = \left(\frac{l_0 - l}{l_0}\right) \times 100 \dots \dots \dots (II-1)$$

l_0 : ارتفاع العينة قبل الضغط

l : ارتفاع العينة بعد الضغط



الشكل II-3- - جهاز ضغط العينات

II-3-4- المعالجة الحرارية:

قمنا بمعالجة بعض العينات حراريا داخل الفرن الكهربائي **NABERTHERM**

($30-1100^{\circ}\text{C}$) الشكل (II-4) عند درجة الحرارة 300 مئوية لمدة 3 ساعات وهذا من أجل

إمكانية حدوث عملية إعادة البلورة للبنية المجهرية للعينات بعد عملية التشوه اللدن.



الشكل II-4- الفرن الكهربائي

II-4- طرق تحضير المحاليل (الوسط الأكال):

أردنا دراسة أثر التشوه الميكانيكي وأثر المعالجة الحرارية لإعادة التبلور على مدى مقاومة هذه السبيكة للتآكل في وسطين مختلفين: محلول حمض الهيدروكلوريك وكلور الصوديوم.

- 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 1 لتر من الماء المقطر.

- تحضير محلول كلور الصوديوم: NaCl

قمنا بإذابة 35g من بلورات NaCl في 1 لتر من الماء المقطر مع عملية الرج جيدا ، حتى يتم ذوبانها من أجل الحصول على ملوحة ماء البحر.

II-5-دراسة سرعة التآكل باستعمال تقنية الكتلة الضائعة:

II-5-1-معدل التآكل:

يعرف معدل التآكل أنه انتقال الكتلة من الجسم الفلزي عبر وحدة المساحات بدلالة وحدة الزمن [1].

II-5-2-تقنية الكتلة الضائعة:

هي طريقة تتميز بسهولة التنفيذ ولا تحتاج لمعدات كبيرة، ويتم فيها تحديد سرعة التآكل مباشرة وفق المعادلة (II-2) وتعتمد على الفرق في وزن العينة حيث نقوم بوزن العينة قبل الغمر وبعد الغمر في الوسط الأكال [1].

$$V_{corr} = \Delta m / S \cdot t \dots\dots\dots(II-2)$$

V_{corr} : سرعة التآكل (g/cm².h)

Δm : التغير في الكتلة قبل وبعد الغمر (g)

S : مساحة السطح المغمور (cm²)

t : زمن الغمر (h)

$$\Delta m = m_i - m_f$$

قمنا بقياس أبعاد العينات حتى يتم معرفة مساحة السطح المغمور وذلك باستعمال القنوية كما مبينة في الشكل (II-5)



الشكل II-5-القدم القنوية

II-6-طريقة العمل:

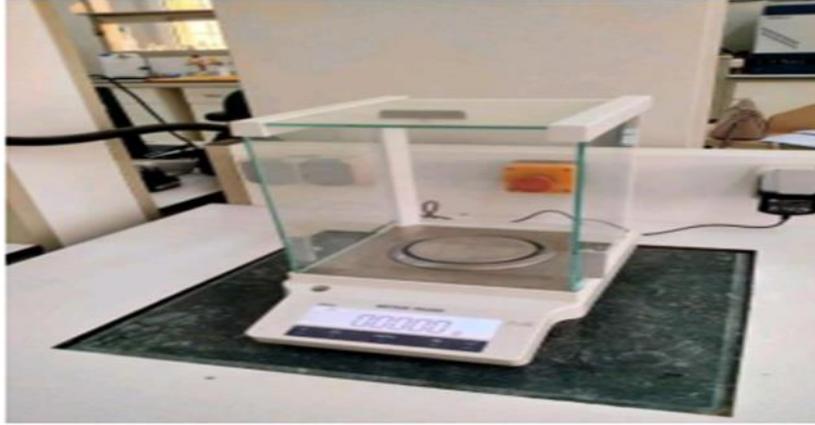
في وجود (HCl) :

نقوم بوزن العينات الثلاث (الحالة الشاهد، المشوهة، والمعالجة الحرارية بعد التشوه) بواسطة ميزان الكتروني كما هو موضح في الشكل (II-6) ونحسب مساحتهم قبل غمرهم في المحلول الحمضي مع تغطية الأجزاء التي لا نريدها أن تتعرض للهجوم العدواني بعازل، ثم نقوم بغمسهم في 40 ml من المحلول الحمضي (HCl) وبعد مرور المدة الزمنية المحددة يتم إخراج العينات من المحلول، حيث نقوم بتنظيفهم بفرشاة لتفادي الشوائب ويتم غسلهم بالماء المقطر و الإيثانول وتجفيفهم ثم وزنهم مرة ثانية لتحديد مقدار الخسارة في الكتلة.

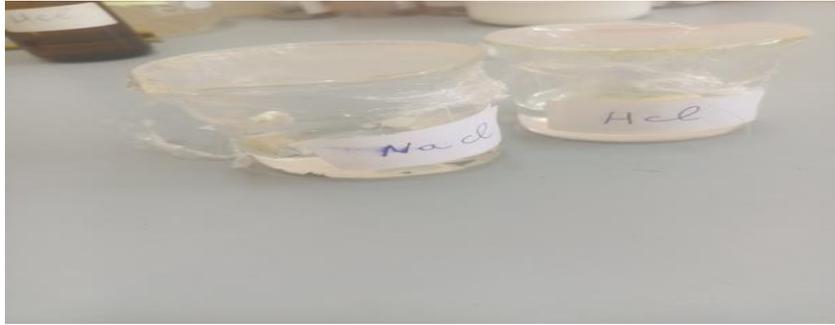
في وجود (NaCl) :

نعيد نفس العملية لكن بغمس العينات في 40 ml من المحلول (NaCl). كما هو موضح في

الشكل (II-7) .



الشكل II-6- صورة ميزان الكتروني بدقة 0.0001 غرام



الشكل II-7- غمس العينات في المحلولين

II-7- الأجهزة المستعملة للتوصيف :

II-7-1- اختبار الصلادة

يعرف اختبار الصلادة على أنه تقنية يتم استخدامها على المواد وذلك قصد معرفة خاصية صلابتها. والصلادة هي الخاصية التي تمكن المادة من الاحتفاظ بشكل سطحها وإبقائه متماسكا. يتم اختبار الصلادة بالضغط على العينة المراد قياس صلابتها وبعد إزالة القوة الضاغطة يترك هذا الجسم أثر انغراسه في العينة المدروسة، وبغض النظر عن نوع الاختبار يتم التعبير عن القساوة بعدد يتناسب عكسا مع عمق الأثر الذي يتركه الجسم المستخدم للانغراس على سطح العينة. يتم استخدام عدة أنواع من هذه الاختبارات لها

نفس المبدأ، غير أنها تختلف في شكل الأداة المستخدمة. والتقنيات الثلاثة الأكثر شيوعا هي اختبار برينل، اختبار فيكرز، واختبار ركوال.

في هذه الدراسة تم استخدام قياس جهاز الصلادة فيكرز نوع (wolpert wilson)

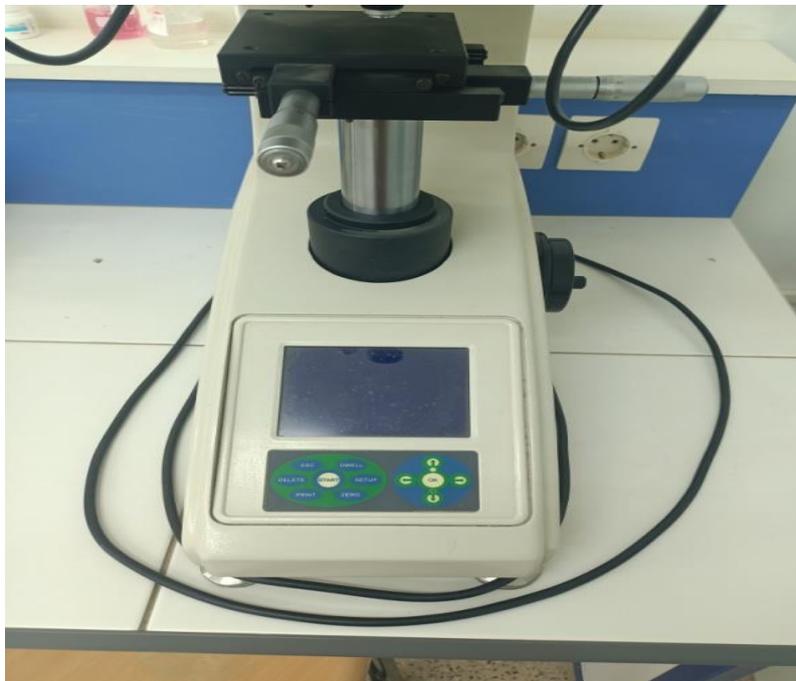
الشكل (8-11) حيث تم تحضير العينات المراد قياس صلابتها وذلك بصقلها باستعمال الورق الكاشط تدريجيا، لأنه من شروط الصلادة أن يكون السطح مصقولا جيدا. أجريت القياسات تحت حمولة مقدارها 200 غرام.

وبتطبيق العلاقة (3-11) تم حساب صلادة العينات

$$HV = 1854.4 p/d^2 \dots\dots\dots(3-11)$$

p : تمثل الحمولة (N)

d : القطر المتوسط لشكل المعين المتشكل بعد عملية الضغط (mm)



الشكل 8-11- جهاز قياس الصلادة فيكرز نوع wilson wolpert

II-7-2- انعراج الأشعة السينية

انعراج الأشعة السينية طريقة مهمة جدا تستعمل لتحديد طبيعة وبنية الأجسام المتبلورة بحيث لا يمكن تطبيق هذه الطريقة إلا على المواد المتبلورة كالمعادن والصخور ، فعند تعرض العينة المتبلورة لحزمة أحادية الموجة من الأشعة السينية ، فان الطبقات الذرية لهذه المادة تتسبب في انعراج هذه الأشعة الساقطة عن مسارها الأصلي طبقا لقانون براغ وبمعرفة شدة الانعكاسات وزوايا الانعكاس

من نمط انعراج الأشعة السينية والشكل (II-10) يبين جهاز انعراج الأشعة السينية ، يمكن تحديد المسافات البينية للمسطحات الذرية (d) ، والذي يكون مميز للمادة التي يتم فحصها عندما تتداخل الموجات المنعكسة تتداخل بناء يظل الطور بينهم ثابتا حيث ان مسار كل موجة يساوي عددا كاملا

n من طول الموجة λ

ويخضع فارق المسار بين موجتين تتداخلتا تتداخل بناءا لقانون براغ :

$$2 d_{hkl} \sin \theta = n\lambda \dots \dots (4-II)$$

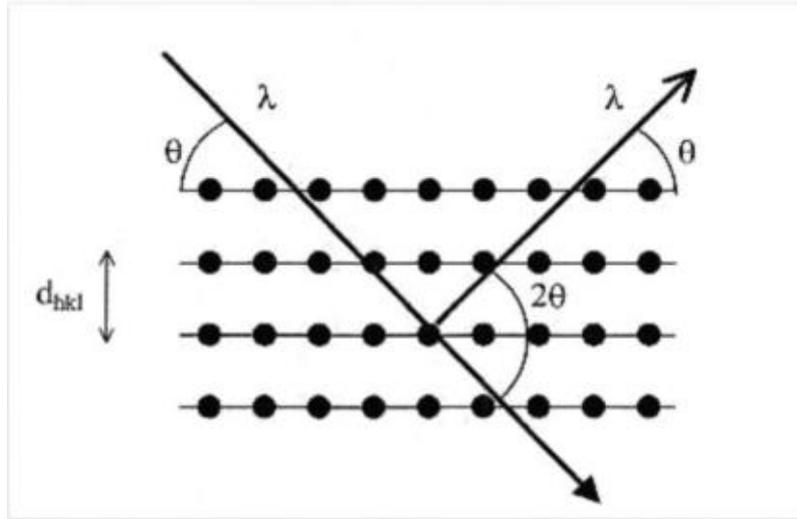
ترتبط هذه العلاقة بين :

d : المسافة بين الطبقات

λ : طول موجة الأشعة

الزاوية θ بين الشعاع الساقط ومستوي الطبقة البلورية

n عدد صحيح يحدد درجة الانعراج



الشكل II-9- انعراج براغ



الشكل II-10- جهاز انعراج الأشعة السينية

II-7-3- المجهر الالكتروني الماسح (MEB)

تقوم هذه التقنية على مبدأ التفاعل بين الإلكترون والمادة والتي يمكن من خلالها الحصول على صورة بتحليل عالي الدقة لسطح العينة ، أي تسمح بالتصوير المورفولوجي للأسطح ومراقبة الطبوغرافية للعينات الضخمة وربما تحليلها الكيميائي عندما يقترن المجهر بمطياف الأشعة السينية المشتت للطاقة [3] .

فعند قذف سطح العينة بحزمة إلكترونات أولية ينتج عن ذلك انبعاث مجموعة من الأشعة التي يتم تحليلها بواسطة كواشف مختلفة مما يسمح بتكوين صورة ثلاثية الأبعاد للسطح [4]

فاذا كانت العينة المدروسة عازلة كهربائيا فإنه يتم بتغطيتها بطبقة رقيقة من الذهب أو الفضة وذلك لإكسابها ناقلية تسمح بالحصول على الصورة المطلوبة ، والشكل (II-11) يبين صورة المجهر الإلكتروني الماسح (MEB)



الشكل II-11- المجهر الإلكتروني الماسح (MEB)

المرجع باللغة العربية

[1] مغني نور الهدى- وأنيس نور الهدى، تثبيط تآكل الفولاذ C45 بواسطة مستخلص مائي من قشور البرتقال، في وسط حمض الهيدروكلريك HCl، مذكرة ماستر جامعة محمد خيضر بسكرة ، 2021.

المراجع باللغة اللاتينية

[2] L. Boussouf, Mémoire de Magister, Synthèse et Caractérisations d'une Céramique Electrotechnique du type: $CAO Al_2O_3 6SiO_2 - Al_2O_3 2SiO_2.H_2O - SiO_2$, Université Badji Mokhtar- Annaba, (2009).

[3] M.saillatéfa ,etude de la performance d'inhibiteurs de corrosion a base de phosphate pour les construction en beton arme ,thèse de doctorats , universiteraboubekrbelkaid ,tlemcen ,(2013)

[4] J. Michael Hollas, Modern Spectroscopy, Ed Wiley (1974).

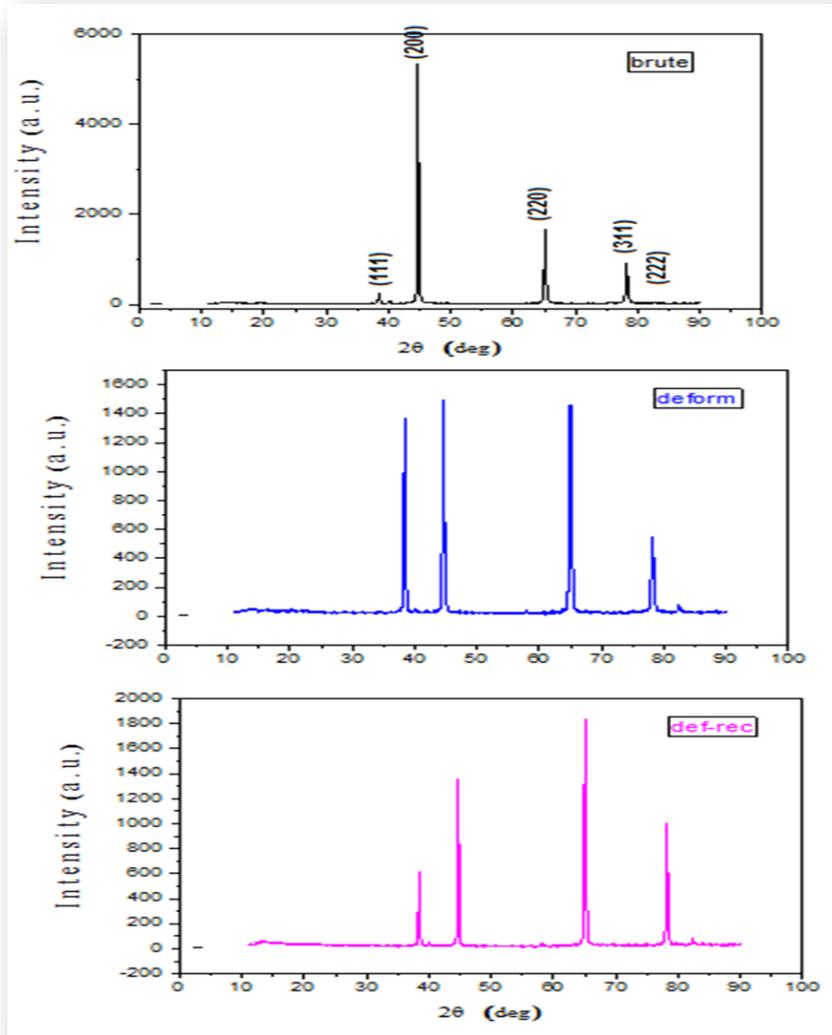
الفصل الثالث

النتائج ومناقشتها

مقدمة

سنعرض في هذا الفصل النتائج التي تم الحصول عليها من خلال دراستنا لتأثير التشوه والمعالجة الحرارية على تآكل سبيكة الألمنيوم 6060 في وسطين مختلفين.

III-1- التحليل بواسطة الأشعة السينية (DRX)



الشكل III-1- مخطط أطياف انعراج الأشعة السينية

الشكل (1-III) يبين مخطط أطيف انعراج الأشعة السينية للسبيكة المدروسة حيث يظهر الطيف الخاص لانعراج مستويات البنية البلورية الممركزة الوجوه للألمنيوم (الملحق)، بالإضافة إلى وجود بعض الانعراجات صغيرة الشدة والتي ترجع إلى بعض الترسبات الطورية في السبيكة.

يمكن ملاحظة أن المستويات الأكثر انعراجا في حالة العينة الشاهد هي (200) أي أنه هو الاتجاه المستحب لانعراج في هذه السبيكة، وهذا راجع للمراحل التحضيرية السابقة التي تعرضت لها السبيكة. يبقى هذا التوجه المستحب حتى بعد عملية التشوه ليتغير بعد المعالجة الحرارية، قد يكون بسبب إعادة التبلور وتشكل حبيبات جديدة.

بينت نتائج مخطط أطيف انعراج الأشعة السينية المبينة في الشكل (1-III) أنه هناك تباين في أطيف الحيود المحصل عليها من حيث الشدة و مواضع زوايا الانعراج ، و هذا راجع لاختلاف في البنية المجهرية لكل عينة .

فمن خلال النتائج المدونة في الجدول (1-III) يمكن ملاحظة أنه هناك تغير في مواضع زوايا انعراج المستويات، حيث أنه يوجد انسحاب لمواضع زوايا الانعراج نحو الزوايا الصغيرة في حالة التشوه وهذا راجع إلى زيادة الاجهادات الناتجة من عملية التشوه [1.2] ، ثم تراجعها قليلا بعد عملية المعالجة الحرارية . كما يمكن ملاحظة تغير أيضا في شدة الانعراج و عرض الطيف بين الحالات الثلاث قد يرجع هذا للتشوه الحاصل، حيث تظهر بعض الحيود الموافقة لمستويات معينة زيادة في عرض الطيف بعد عملية التشوه مثل (200) مقارنة بالحالة الأولى للسبيكة ثم ينقص هذا العرض بعد عملية المعالجة الحرارية جدول (2-III) ، قد يفسر هذا بإعادة البلورة وظهور حبيبات جديدة في البنية المجهرية.

جدول III-1- مواضع حيود المستويات لمختلف العينات الثلاث

(hkl)/2θ	(111)	(200)	(220)	(311)
عينة الحالة الشاهد	38.5217	44.6912	65.0683	78.1453
العينة المشوهة	38.3883	44.6256	64.9564	78.0988
العينة المعالجة حراريا بعد التشوه	38.4394	44.6566	65.0417	78.1891

جدول III-2- عرض طيف حيود المستويات لمختلف العينات الثلاث

(hkl)/FWHM	(111)	(200)	(220)	(311)
عينة الحالة الشاهد	0.2952	0.2066	0.144	0.144
العينة المشوهة	0.2657	0.2952	0.3838	0.2362
العينة المعالجة حراريا بعد التشوه	0.2066	0.2362	0.180	0.2160

III-2- نتائج اختبار الصلادة

قمنا باختبار الصلادة على العينات المدروسة حيث دونت النتائج في الجدول (III-3) يمكن أن نقول أنه هناك تباين في النتائج المحصل عليها وهذا راجع لتغير البنية المجهرية. أكبر قيمة للصلادة تكون بالنسبة للعينة المشوهة وهذا راجع إلى أن التشوه قد خلق مجموعة من الانخلاعات داخل العينة [2].

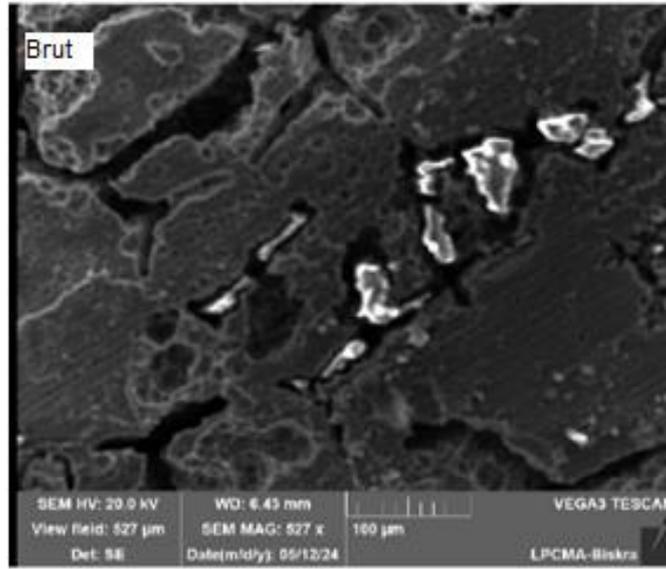
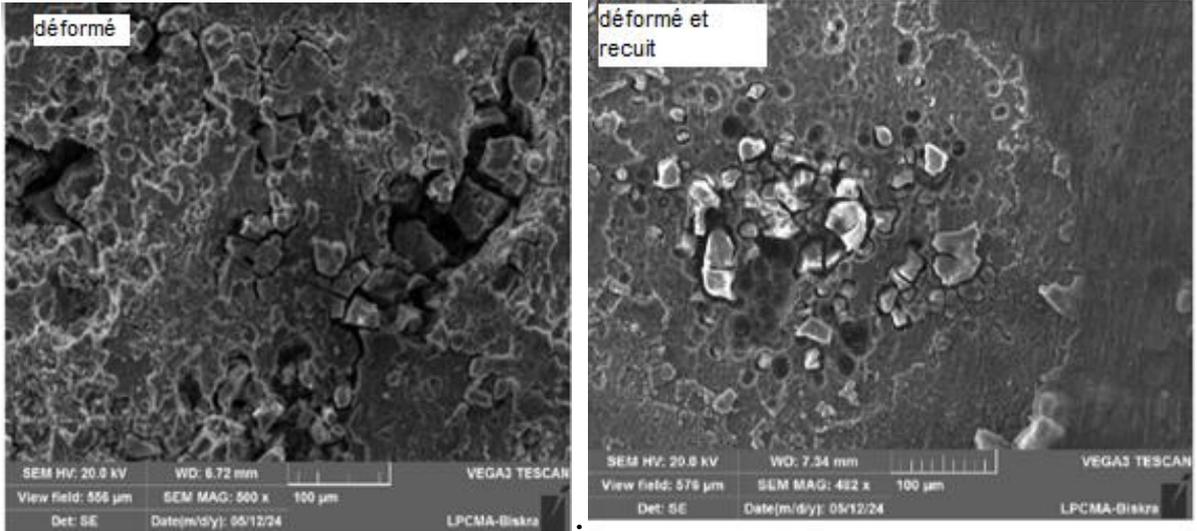
بعد عملية المعالجة تنقص هذه الصلادة قد يكون هذا راجع لعملية إعادة البلورة ، و بسبب المدة الزمنية التي أجريت خلالها المعالجة الحرارية أدى إلى كبر حجم حبيبات مما أعطى انخفاض في صلادة السبيكة

[4. 3]

جدول III-3- نتائج اختبار الصلادة للعينات الثلاث

العينات	الشاهد	المشوّهة	المعالجة حرارياً بعد التشوه
Hv	88.6	117.9	63

عندما أردنا إجراء اختبار الصلادة للعينات المدروسة بعد عملية التآكل وجدنا اختلاف كبير في القيم للعيينة الواحدة حيث تكون الصلادة في منطقة صغيرة جداً و في منطقة أخرى تكون كبيرة جداً، مما يفسر تشكل طبقة من الأوكسيد لكن بشكل غير متجانس . فالقيم الكبيرة يمكن إرجاعها لطبقة الأوكسيد، أما القيم الدنيا قد تكون مكان وجود التآكل الموضعي بالنقر والصور المحصل عليها بجهاز المسح الالكتروني قد تبين ذلك حيث تظهر مناطق مغطاة بطبقة سميكة من الأوكسيد في حين توجد مناطق داكنة قد تمثل أماكن التآكل الموضعي الشكل (III - 2) .



الشكل III-2 البنية المجهرية للعينات الثلاث بعد عملية الغمر لمدة 216 ساعة في محلول حمض كلور الماء

III-3- دراسة تآكل العينات

من أجل معرفة مدى مقاومة العينات المحضرة للتآكل في الوسطين المحضرين قمنا بإجراء عملية غمر العينات في المحلولين لأزمنة مختلفة ثم نقوم بتقدير الكتلة الضائعة وسرعة التآكل.

III-3-1 دراسة تآكل العينات في الحالة الشاهد

يبين الجدول الموالي نتائج غمر عينة من سبيكة الألمنيوم 6060 قبل عملية التشوه

الجدول III-4- دراسة أثر الغمر في المحلولين لعينة الشاهد

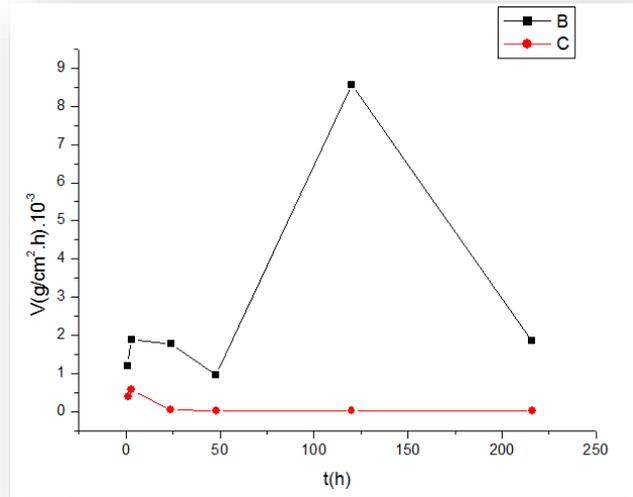
t(h)	$\Delta m_{HCl}(g).10^{-3}$	$\Delta m_{NaCl}(g).10^{-3}$	$V_{HCl}(g/cm^2.h).10^{-3}$	$V_{NaCl}(g/cm^2.h).10^{-3}$
1	8.0	2.0	2.1	0.38
3	1.1	3.0	1.88	0.58
24	4.7	4.0	1.77	0.0327
48	4.22	5.0	0.959	0.0249
120	93.2	0.6	8.56	0.02
216	160.8	0.7	1.85	0.014

من النتائج المدونة في الجدول (III-4) يظهر زيادة بشكل كبير في الكتلة الضائعة مع زيادة زمن الغمر في محلول حمض كلور الماء، أي أن سطح العينة في نشاط متزايد مع زمن الغمر. في حين تبدو الكتلة الضائعة المحسوبة في محلول كلور الصوديوم تقريبا ثابتة تزايدها يكون ضعيف.

أما بالنسبة لسرعة التآكل لمحلول حمض كلور الماء تزايدها يكون بشكل ضعيف في الأزمنة الأولى للغمر، ولكن بعد 48 ساعة نلاحظ معدل تزايدها يكون بشكل كبير لتصل إلى قيمة عظمى

عند المدة 120 ساعة وبعد ذلك تبدأ في التناقص كما في الشكل (III-3) ، يمكن أن يرجع هذا نتيجة لتشكل طبقة الأوكسيد على سطح العينة كما يبينه الشكل (III-2).

بالنسبة للعينات المغمورة في محلول كلور الصوديوم يكون معدل تغير السرعة طفيف.



الشكل III-3- نتائج تآكل العينات الشاهد في المحلولين

B : في وجود HCl

C : في وجود NaCl

III-3-2- دراسة تآكل العينات في الحالة المشوهة

من أجل دراسة أثر التشوه اللدن على سبيكة الألمنيوم 6060 قمنا بإجراء عمليات غمر لمدة زمنية مماثلة لحالة العينة الشاهد و النتائج مدونة في الجدول (III-5)

الجدول III-5- دراسة أثر الغمر في المحلولين في حالة العينة المشوهة

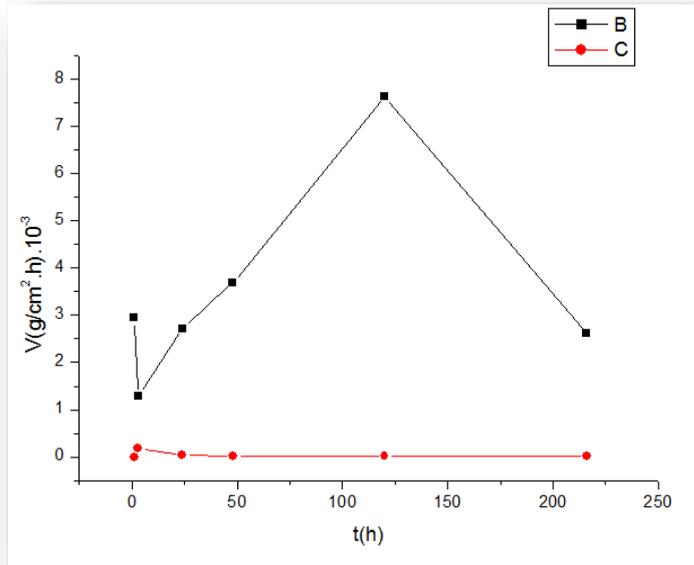
t(h)	$\Delta m_{HCl}(g) \cdot 10^{-3}$	$\Delta m_{NaCl}(g) \cdot 10^{-3}$	$V_{HCl}(g/cm^2.h) \cdot 10^{-3}$	$V_{NaCl}(g/cm^2.h) \cdot 10^{-3}$
1	0.1	0	2.94	0
3	0.1	10	1.29	0.187
24	3.3	20	2.72	0.033
48	30.4	30	3.69	0.0247
120	43.9	0.3	7.64	0.0173
216	62.0	0.5	2.62	0.00829

يمكن ملاحظة من خلال نتائج الجدول (III-5) أنه هناك تآكل كبير للعينة في المحلول الحمضي، حيث نلاحظ تزايد الكتلة المفقودة بمعدل كبير مقارنة بالكتلة الضائعة او المفقودة في محلول كلور الصوديوم التي تبدو جد ضعيفة.

أما بالنسبة للسرعة تبقى في تزايد بالنسبة للمحلول الحمضي حيث نسجل اعلى قيمة عند زمن الغمر 120 ساعة

$7.64 \cdot 10^{-3} \text{g/cm}^2 \cdot \text{h}$ ثم تتخفض هذه القيمة عند زمن الغمر 216 ساعة الى القيمة $2.62 \cdot 10^{-3} \text{g/cm}^2 \cdot \text{h}$.

بالنسبة للعينات المغمورة في محلول كلور الصوديوم يبقى معدل سرعة التآكل منخفض تقريبا ثابت الشكل (III-4).



الشكل III-4- نتائج تآكل العينات المشوهة في المحلولين

B : في وجود HCl

C : في وجود NaCl

III-3-3- دراسة تآكل العينات المعالجة حرارياً

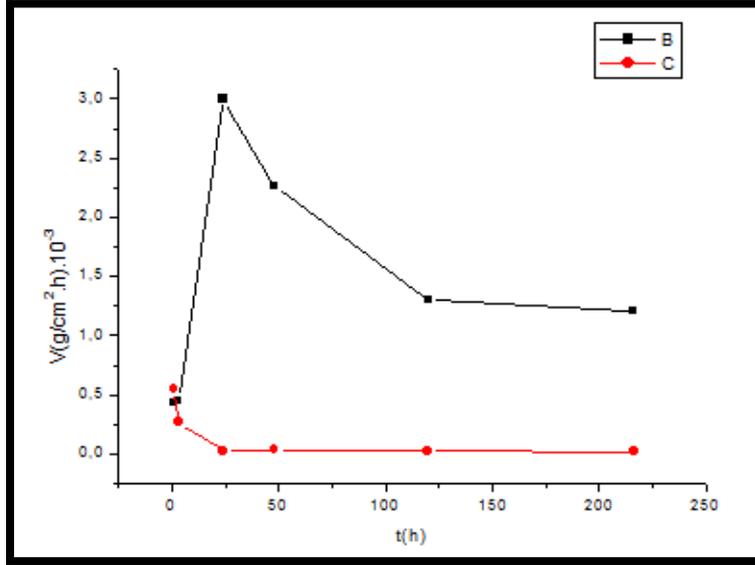
من أجل دراسة أثر المعالجة الحرارية بعد عملية التشوه اللدن على سبيكة الألمنيوم 6060 قمنا بإجراء عمليات غمر لمدد زمنية مماثلة للحالات السابقة و النتائج مدونة في الجدول (III-6)

الجدول III-6- دراسة أثر الغمر في المحلولين في حالة العينة المعالجة حرارياً بعد التشوه

t(h)	$\Delta m_{HCl}(g) \cdot 10^{-3}$	$\Delta m_{NaCl}(g) \cdot 10^{-3}$	$V_{HCl}(g/cm^2 \cdot h) \cdot 10^{-3}$	$V_{NaCl}(g/cm^2 \cdot h) \cdot 10^{-3}$
1	0.2	0.1	0.43	0.547
3	0.3	0.2	0.45	0.265
24	11.0	0.3	3.0	0.0249
48	28.2	0.5	2.26	0.0327
120	28.8	0.8	1.3	0.022
216	64.4	1.0	1.21	0.019

من قراءة النتائج المدونة في الجدول يظهر دائماً انه هناك اختلاف كبير في تفاعل سطح العينة مع الوسطين المعرضة لهما. اذن في حالة المحلول الحمضي معدل سرعة التآكل يتزايد مع زيادة أزمنة الغمر الأولى اي سطح العينة يكون جد نشط ، ليبدأ في الانخفاض بعد زمن الغمر 48 ساعة ، ليصبح تقريباً ثابت بعد زمن الغمر 120 ساعة.

أما في محلول كلور الصوديوم تتناقص سرعة التآكل في أزمنة الغمر الأولى، ثم يصبح تغيرها تقريباً ثابت مع زيادة زمن الغمر الشكل (III-5).

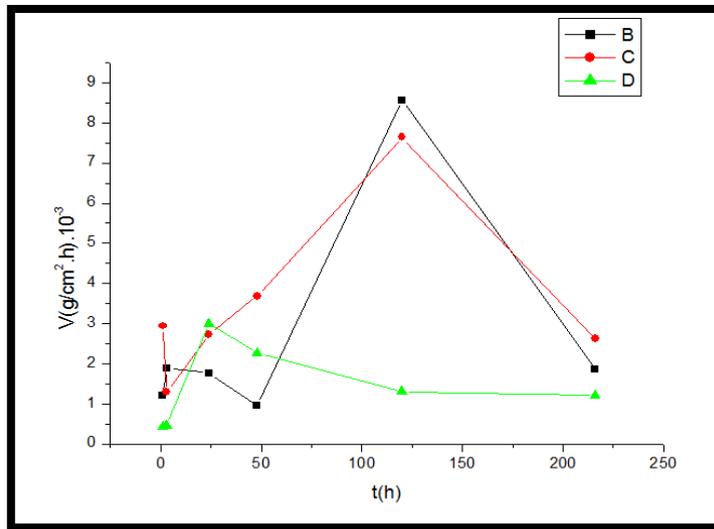


الشكل III-5- نتائج تآكل العينات المعالجة حرارياً في المحلولين

B : في وجود HCl

C : في وجود NaCl

III-3-4- مقارنة سرعة التآكل للحالات الثلاث في المحلول الحمضي



الشكل III-6- تغير معدل السرعة للعينات الثلاث في المحلول الحمضي

B : العينة الشاهد

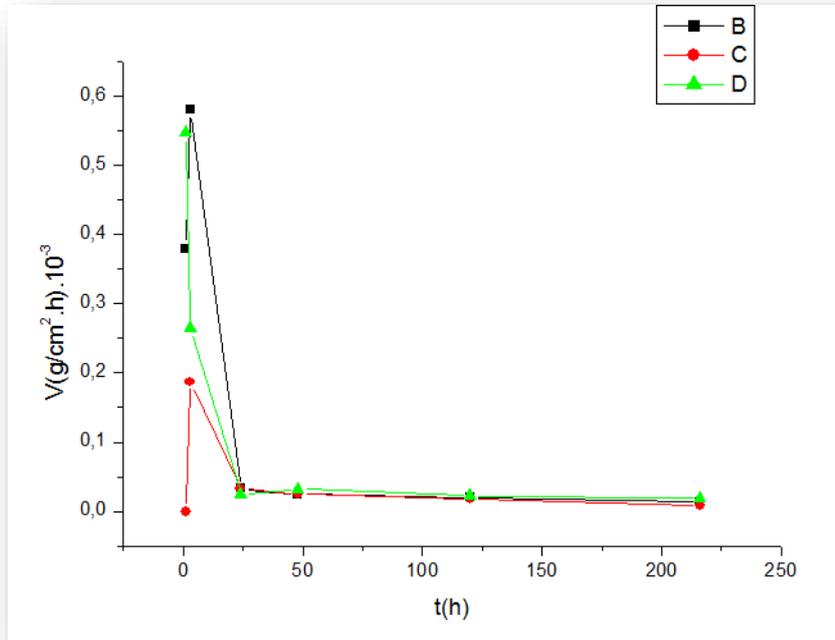
C : العينة المشوهة

D : العينة المعالجة حرارياً

الشكل (III-6) يمثل تغير معدل السرعة للعينات الثلاث في المحلول الحمضي ، حيث يبدو معدل تآكل العينة المعالجة حراريا بعد عملية التشوه أقل من معدل تآكل الحالتين الأخيرتين. كما يمكن ملاحظة أن معدل تآكل عينة الشاهد و المشوهة يمثل تقريبا نفس شكل التغير، يمكن القول أن سطح العينة يتفاعل مع الوسط المتواجد فيه بشكل متماثل. لكن سرعة التآكل تكون أكبر عند العينة المشوهة إلا في حدود مجال زمن الغمر 120 ساعة حيث يصبح معدل التآكل لعينة الشاهد هو الأكبر. كما يمكن ملاحظة أن عند زمن الغمر 216 ساعة معدل تآكل العينات الثلاث يكون متقارب.

يمكن القول أن هذا الزمن كان كافيا لتشكيل طبقة من الاوكسيد التي تمثل دور الحماية لهذا السطح.

III-3-5- مقارنة سرعة التآكل للحالات الثلاث في محلول كلور الصوديوم



الشكل III-7- تغير معدل السرعة للعينات الثلاث في محلول كلور الصوديوم

الشكل (III-7) يمثل مقارنة نتائج غمر العينات الثلاث في محلول كلور الصوديوم حيث يمكن ملاحظة انه، في المدة الزمنية الأولى يكون معدل سرعة التآكل متباين بالنسبة للعينات الثلاث لكن بزيادة المدة الزمنية للغمر، يصبح معدل التآكل تقريبا متقارب مما ينبئ بتشكيل طبقة الأوكسيد فيصبح سطح العينات يتمتع مقاومة جيدة .

يمكن القول أن سرعة التآكل في البداية تكون كبيرة لأن سطح المعدن يكون نشطا اتجاه المحلول الملامس له، ثم يأخذ هذا النشاط في التناقص وهذا راجع لبداية تشكل طبقة واقية طبيعية و هي طبقة الأوكسيد التي تعيق استمرارية التآكل [7.6]

بالتالي يمكن القول أن التشوه اللدن قد أدى إلى زيادة تآكل العينة في محلول كلور الصوديوم، وهذا راجع لتغير نوعية السطح المعرض للتآكل حيث أن التشوه يخلق سطح مشبع بالانخلاعات، التي تعد عيوب بلورية مستحبة للمحاليل الآكلة فتشكل أماكن للتآكل الموضعي [9.8].

أما المعالجة الحرارية فقد سمحت برفع مقاومة التآكل في هذه السبيكة ، وهذا قد يكون بسبب البنية البلورية الجديدة المتشكلة بعد عملية المعالجة الحرارية التي سمحت بتشكيل حبيبات بلورية جديدة خالية من الانخلاعات وبالتالي انقصت من كثافة العيوب أي الانخلاعات، مما أدى إلى تحسن مقاومة السبيكة للتآكل مقارنة بالحالات الأخرى.

المراجع باللغة العربية

- [6] منال معلول، 'تقدير الفعالية التثبيطية للمستخلص المائي لنبات الصراوي Moltiki ciliata تجاه تآكل الفولاذ الكربوني XC70 في أوساط حمضية ' مذكرة ماستر ' جامعة حمى لخضر الوادي. 2017.
- [7] إعداد /د. عمر بن عبد الله الهزاري، الفصل الثامن عشر: 'التآكل والسيارة عليه'، الكيمياء الكهربائية

المراجع باللغة اللاتينية

- [1]. M. Yakoubi, Mémoire de Magister, Effet des petites déformations par compression Sur le comportement à la corrosion de l'alliage d'aluminium de fonderie Al 4%Cu, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, (2015).
- [2]. S .Boukhlof, N.Sayah, mémoire de master, Comportement d'un alliage d'aluminium déformé et recuit à la corrosion électrochimique, université Med Khider Biskra (2019)
- [3]. Victor CASTELHANO. " Étude des différentes techniques induisant le durcissement des alliages d'aluminium les plus courants, en particulier évolution des microstructures et des propriétés mécaniques". Conservatoire national des arts et métiers Ardenne (2001).
- [4]. Smain BOURAHLA. "Influence du recuit sur la recristallisation de l'alliage AlLi". Thèse de Magister. Université MENTOURI Constantine (2007).
- [5]. Michel DUPEUX. "Aide-mémoire science des matériaux" page (216-220,). Dunod. Paris (2005).
- [8]. Aouia Raja, l'effet de déformation sur la corrosion dans les alliages d'aluminium prétraité, mémoire de master, université Med Khider Biskra (2015).
- [9]. Nacer Zazi, Jean_Paul Chopart, and Ahcène Bouabdallah, Thermomechanical

Treatments Effect on Corrosion Behaviour of Aluminium_magnesium Alloy
AA5083–H321,
Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2015, Vol. 51, No. 2,
pp. 268–275

الملحق

Name and formula

Reference code:	00-004-0787
Mineral name:	Aluminum, syn [NR]
PDF index name:	Aluminum
Empirical formula:	Al
Chemical formula:	Al

Crystallographic parameters

Crystal system:	Cubic
Space group:	Fm3m
Space group number:	225
a (?):	4,0494
b (?):	4,0494
c (?):	4,0494
Alpha (°):	90,0000
Beta (°):	90,0000
Gamma (°):	90,0000
Calculated density (g/cm ³):	2,70
Volume of cell (10 ⁶ pm ³):	66,40
Z:	4,00
RIR:	3,62

Subfiles and Quality

Subfiles:	Inorganic Mineral Alloy, metal or intermetallic Common Phase Educational pattern Explosive Forensic NBS pattern Pigment/Dye
Quality:	Star (S(

Comments

Color:	Light gray metallic
General comments:	Mineral species of doubtful validity , <i>Am. Mineral</i> .(1980) 205 65 .
Sample preparation:	The material used for the NBS sample was a melting point standard sample of aluminum prepared at NBS, Gaithersburg, MD, USA .
Analysis:	The chemical analysis (%): Si 0.011, Cu 0.006, Fe 0.007, Ti 0.0001,

Temperature: Zr 0.003, Ga 0.004, Mo 0.00002, S 0.0001, Al 99.9+ (by difference).(Pattern taken at 25 C .

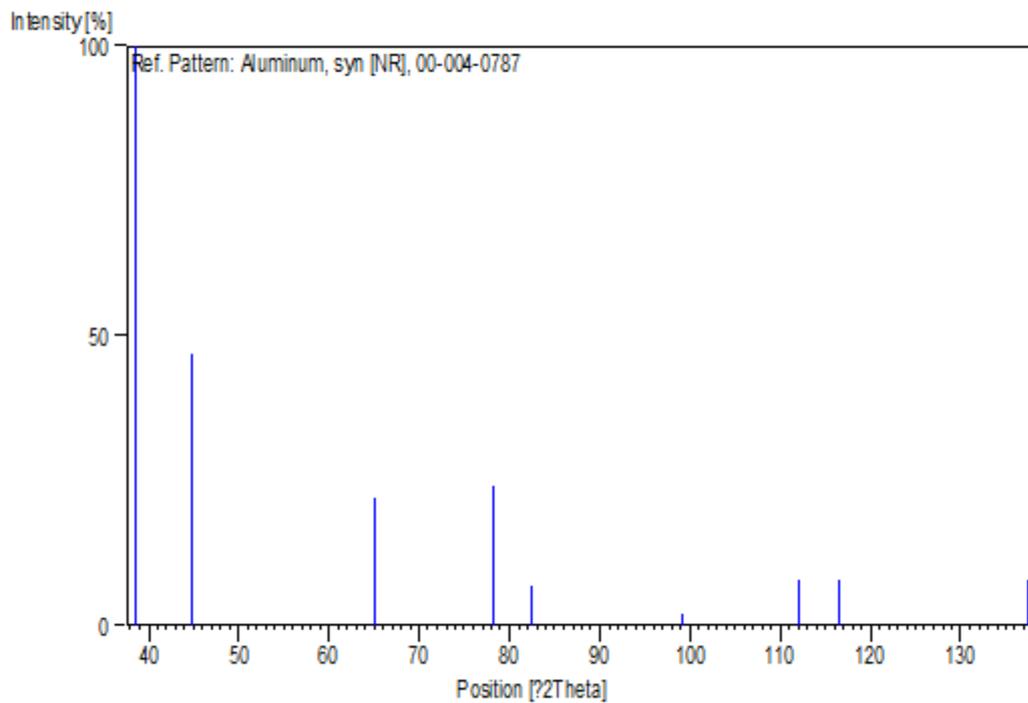
References

Primary reference: Swanson, Tatge., *Natl. Bur. Stand. (U.S.), Circ. 539*, 1(1953), 11 ,

Peak list

[%]I	2Theta[deg]	d] A]	h	k	l	No.
100,0	38,473	2,33800	1	1	1	1
47,0	44,740	2,02400	0	0	2	2
22,0	65,135	1,43100	0	2	2	3
24,0	78,230	1,22100	1	1	3	4
7,0	82,438	1,16900	2	2	2	5
2,0	99,081	1,01240	0	0	4	6
8,0	112,046	0,92890	1	3	3	7
8,0	116,574	0,90550	0	2	4	8
8,0	137,463	0,82660	2	2	4	9

Stick Pattern



الخاتمة العامة

أردنا من خلال هذا البحث إلى دراسة أثر تشوه مقداره 50% و مدى فعالية المعالجة الحرارية التي تتبع هذا التشوه عند درجة الحرارة 300 مئوية لمدة 3 ساعات على تآكل سبيكة الألمنيوم 6060 في وسطين مختلفين. حيث الوسط الأول عبارة محلول حمض كلور الماء بمولارية 1 و الوسط الثاني محلول كلور الصوديوم بتركيز 3.5% وزنا.

ولقد استخدمنا عدة طرق تجريبية في هذا البحث ، لتحديد تطور البنية المجهرية وقياس الخصائص الميكانيكية .وبمتابعة تغير الكتلة لأزمنة مختلفة للعينات المدروسة في الوسطين توصلنا إلى مايلي :

- ارتفاع كثافة الانخلاع المتولدة أثناء تشوه سبيكة الألمنيوم 6060 أدى إلى الزيادة في صلابتها .
- المعالجة الحرارية أدت إلى الانخفاض في الصلادة وهذا راجع إلى عملية إعادة التبلور.
- محلول حمض كلور الماء له عدوانية كبيرة على سطح العينات المدروسة مقارنة بمحلول كلور الصوديوم الذي يبدو أقل عدوانية.
- تفاعل حمض كلور الماء مع سطح العينات المختلفة يكون متباين وهذا لاختلاف البنية المجهرية .
- سطح العينة المشوهة يكون جد نشط بوجود المحلول الحمضي مقارنة بسطح العينات الأخرى.
- المعالجة الحرارية سمحت برفع مقاومة السبيكة للتآكل.
- معدل تآكل العينات الثلاث في المحلول الحمضي يتناقص بعد زمن الغمر 120 ساعة.

الملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة أثر التشوه بالضغط 50% و المعالجة الحرارية عند درجة الحرارة 300مئوية لمدة 3 ساعات، على تآكل سبيكة الألمنيوم 6060 في وسطين مختلفين، محلول حمض كلور الماء بمولارية 1 و الوسط الثاني محلول كلور الصوديوم بتركيز 3.5%وزنا. أجريت هذه الدراسة باستعمال تقنيات مختلفة: التحليل بواسطة الأشعة السينية، اختبار الصلادة و الماسح الإلكتروني. وباستعمال تقنية الكتلة الضائعة ، أظهرت النتائج أن هذه السبيكة تملك مقاومة جيدة في محلول كلور الصوديوم و نشاط عالي في محلول حمض كلور الماء. يرجع هذا النشاط إلى اختلاف سطح البنية البلورية للعينات المعرضة للتآكل. العينات المشوهة تعطي صلادة جيدة مع نشاط عال في محلول حمض كلور الماء. المعالجة الحرارية رفعت من مقاومة التآكل وبالمقابل أعطت انخفاض في الصلادة.

الكلمات المفتاحية: التآكل ، السبيكة 6060 ، التشوه 50% ، المعالجة الحرارية عند 300 درجة مئوية.

Résumé :

L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet de la déformation par compression 50%, et le traitement thermique à 300°C pendant 3 heures sur le phénomène de la corrosion de l'alliage d'aluminium 6060 dans deux milieux différents (solution de HCl(1M) et solution NaCl(3.5%). Cette étude a été réalisée à l'aide des différentes techniques : RX , HV, MEB. Et sur la base de la technique de masse perdue, on a conclu que la l'alliage 6060 présente une bonne résistance dans la solution NaCl, mais une grande activité avec la solution HCl. Cette activité se diffère selon la surface de la microstructure en contact. L'échantillon déformé présente une bonne dureté avec une grande activité, le traitement thermique améliore la résistance à la corrosion avec une dégradation de la dureté.

Mots-clés : corrosion, alliage 6060, déformation 50%, traitement thermique à 300°C.

abstract

The aim of this work is to study the effect of compressive deformation 50% and Heat treatment at 300°C for 3 hours on the behavior of corrosion alloy 6060 in different solution(HCl(1M) and NaCl(3.5% by weight). This study was carried out using various techniques: RX , HV, MEB. By using the mass loss technical, we can conclude the alloy of 6060 has a good resistance in solution of NaCl, but a great activity in solution HCl, This activity differs depending on the surface of the microstructure in contact. The deformed sample exhibits good hardness with high activity. The Heat treatment improves corrosion resistance with a degradation of hardness.

Keys words: corrosion, alloy 6060, deformation 50%, heat treatment at 300°C.



Département des Sciences de la matière

قسم : علوم المادة

Filière: Physique

شعبة: الفيزياء

تصريح شرفي

خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز بحث

(ملحق القرار 1082 المؤرخ في 2021/12/27)

أنا الممضي أسفله،

السيدة(ة): صباركي و بسا

الصفة: طالب سنة ثانية ماستر فيزياء

الحامل(ة) لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 200834467 الصادرة بتاريخ: 2016/04/11

المسجل بكلية: العلوم الدقيقة وعلوم قسم: علوم المادة

والمكلف بانجاز أعمال بحث : مذكرة ماستر في الفيزياء

عنوانها: دراسة أثر التنشوء والمعالجة الحرارية على
تناكل شبكة الأنتيمون 6060 في وسيلتين مختلفتين

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في إنجاز البحث المذكور أعلاه وفق ما ينص عليه القرار رقم 1082 المؤرخ في 2021/12/27 المحدد للقواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.

التاريخ: 2024/02/22

إمضاء المعني بالأمر