جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الوسطى
المعهد التقني/ الكوت
قسم تقنيات البتروكيمياويات

دراسة تأكل سبيكة الألمنيوم AA6061 في محلول كلوريد الصوديوم NaCl

بحث مقدم

الى المعهد التقني /الكوت قسم تقنيات البتروكيمياويات وهو جزء من نيل شهادة

الدبلوم في البتروكيمياويات

إعداد الطلبة

علي صلاح مهدي
محمد تقي عمار محسن
عباس فائز كامل
علي جاسب محيبس

إشراف

م. م مرتضى كريم عبد الرزاق

١٤٤٤ هـ ٢٠٢٣ م

بِسْمِ اللَّـهِ الرَّحْمَـٰنِ الرَّحِيمِ

وَلَقَدْ آتَيْنَا دَاوُودَ وسليمان عِلْماً وَقَالاَ الْحَمْدُ لِلَّهِ الذي فَضَّلَنَا عَلَى كَثِيرٍ مِّنْ عِبَادِهِ الْمُؤْمِنِينَ*

صدق الله العلي العظيم

سورة النمل ـ الأية ١٥

إهداء

أهدي بحثي المتواضع الى منارة العلم وسيد الخلق

رسول الله محمد (صلى الله عليه واله وسلم)

الى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء إلى سبب وجودي في الحياة

{ والدي الحبيب }

لكَ كل التجلي والاحترام حفضك الله ..... الى الذي لا يمل العطاء الى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها الى من عانت الصعبِ لأصل الى ما انا فيه

{ والدتي }

الى من وقف الى جانبي ومدَ لي يد المساعدة

(م.م مرتضى كريم عبد الرزاق)

الذي سهل لي الطريق في كتابة البحث والى جميع اساتذتي في قسم البتروكيمياويات.

واخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين وعلى محمد واله افضل الصلاة واتم التسليم

شكر وتقدير

الشكر لله أولاً وأخيراً فهو الذي أعانني على إكمال هذا البحث المتواضع ، ويسعدني بعد ذلك أن أتقدم بجزيل الشكر إلى : أستاذ

(م.م مرتضى كريم)

بالأشراف على هذه البحث ولما بذلهُ من جهدٍ في توجيهي ومتابعتي وحرصه الدائم على تقديم الدعم والعون ، فلسيادته كل الشكر والامتنان وجزاهُ الله تعالى خير الجزاء ومتعهُ الله بوافر الصحة والعافية

كما أتقدم بالشكر لأعضاء لجنة المناقشة لتفضلهم بقبول مناقشة هذا البحث كما أتقدم بالشكر إلى جميع أساتذتي لتوجيهاتهم الكريمة وتشجيعهم المستمر.
والشكر موصول الى جميع الاصدقاء الذين وقفوا بجانبي لإتمام هذا البحث الشكر لكم جميعاً

الملخص Abstract

في هذا البحث تم دراسة سلوك التأكل لسبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١, حيث تعتبر هذه السبيكة من الانواع التي تستعمل على نطاق واسع في الصناعات المختلفة. يحدث تأكل الألمنيوم عندما يتفاعل المعدن مع البيئة المحيطة به، ويؤدي هذا التفاعل إلى تآكل سطح المعدن وتدهور خصائصه الميكانيكية. ويتأثر تأكل الألمنيوم بعوامل مختلفة مثل درجة الحرارة والرطوبة والتعرض للمواد الكيميائية.

تتميز سبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ بمقاومتهما العالية للتآكل، ولكن يمكن أن يؤثر التعرض المطول للعوامل البيئية القاسية على مقاومتهما للتآكل. الهدف من هذا البحث هو دراسة سلوك الألمنيوم في الأوساط الملحية وحساب تيار وفولتية ومعدل التأكل. تم تحضير عينة فحص التأكل الكهروكيميائي بأبعاد cm^3 (١*١*٠,٥), كما تم تحضير محلول ملحي يحتوي على كلوريد الصوديوم بنسبة NaCl ٣,٥%. اظهرت النتائج ان قمية كل من تيار وفولتية ومعدل التأكل هي كالتالي 8.172×10^{-6} Amp و 0.849- Volt و 2.479×10^{-1} mmpy. من خلال مخطط تافل نجد ان الألمنيوم ذو مقاومة عالية للتأكل من خلال تكون طبقة الأوكسيد على السطح الخارجي. كما اظهرت نتائج اختبار البنية المجهرية ان النوع السائد على سطح العينة هو التأكل النقري والمتكون نتيجة لوجود ايون الكلوريد في محلول التأكل.

[1] المقدمة Introduction

تعتبر سبائك الألمنيوم ٦٠٦١ من أهم السبائك المستخدمة في العديد من التطبيقات الصناعية والتجارية، وتتميز هذه السبائك بخصائص ميكانيكية عالية وقوة تحمل جيدة ومقاومة عالية للتآكل. ومع ذلك، فإن تأكل سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١ يمكن أن يكون مشكلة خطيرة ويؤثر على أدائها وعمرها الافتراضي. يتأثر التآكل بعدة عوامل مثل العوامل البيئية، والتآكل الكهربائي، والمواد الكيميائية الضارة. لذلك، فإن فهم كيفية تأثير عوامل التآكل على سبائك الألمنيوم ٦٠٦١ يساعد في تحديد أفضل الطرق للوقاية من تآكلها والحفاظ على جودتها وأدائها الميكانيكي الجيد. ومن المهم أن يكون للمهندسين والمستخدمين فهم عميق لعوامل التآكل وكيفية التعامل معها للحفاظ على سبائك الألمنيوم ٦٠٦١ في حالة جيدة وضمان استمرارية عمرها الافتراضي[١].

تأكل سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١ يمكن أن يحدث بسبب العديد من العوامل المختلفة. يتميز تآكل الألمنيوم بأنه يحدث ببطء ولكنه يمكن أن يؤدي إلى تلف بالمواد المعدنية وفي بعض الأحيان يمكن أن يؤدي إلى الفشل الهيكلي للمنتجات. ومن بين أسباب تآكل سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١، تشمل العوامل البيئية مثل الرطوبة، والأملاح الموجودة في الهواء، والمواد الكيميائية الحمضية أو القلوية. كما يؤدي التعرض المتكرر للحرارة والتبريد إلى تآكل الألمنيوم أيضًا.

ومن الممكن أيضًا أن يؤدي التآكل الكهربائي إلى تآكل سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١. ويحدث ذلك عندما تتم تعرض الألمنيوم لتيار كهربائي بشكل مستمر، حيث يتم تفريغ الأيونات من سطح الألمنيوم مما يؤدي إلى تآكله. وتتوفر طرق مختلفة للوقاية من تآكل سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١، ومن بين هذه الطرق، تشمل استخدام طلاءات الحماية والطلاءات الأنودية والطلاءات المانعة للتآكل. وكذلك توفر تصميمات مناسبة وتوافق مواد التركيب والإجراءات الصحيحة للتنظيف والصيانة والتخزين[٢].

الجانب النظري

THEORETICAL PART

[2-1] انواع تآكل سبيكة الألمنيوم Types Corrosion Aluminum Alloy

يحدث التآكل لسبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ على عدة أنواع [3]، منها:

١- التآكل النقري (Pitting Corrosion) : هو نوع من التآكل الكيميائي الذي يتميز بتكون بؤر صغيرة من التآكل المحدودة في مكان معين على سطح المعدن، والتي تسبب تلفًا محليًا في المعدن وفقدان الخواص الهيكلية والميكانيكية, شكل (١).

شكل (١): التأكل النقري

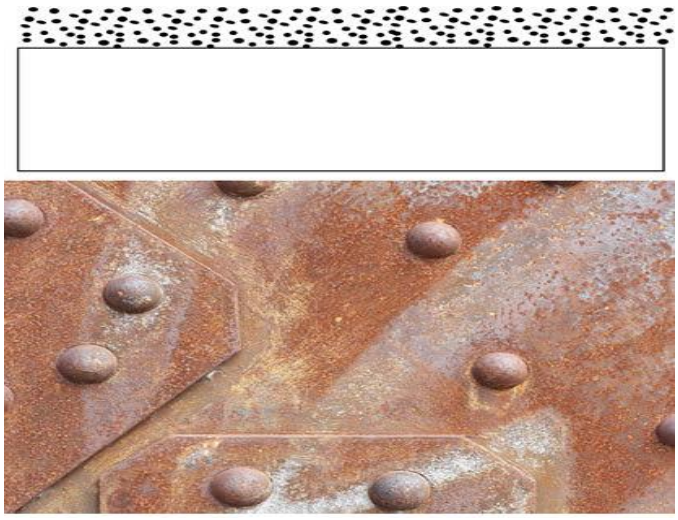
٢- التآكل الكلفاني (Galvanic Corrosion) هو نوع من التآكل الكيميائي يحدث نتيجة تفاعل كهروكيميائي بين معدنين مختلفين متصلين مع بعظهما بوجود وسط مناسب للتأكل, شكل (٢).

شكل (٢): التأكل الكلفاني

٣- التآكل الاجهادي (Stress Corrosion) : هو نوع من التآكل الكيميائي الذي يحدث في المعادن المعرضة لتوترات ميكانيكية عالية مع وجود بيئة تآكلية، ويمكن أن يؤدي إلى تشققات وتكسير المعدن بشكل غير متوقع, شكل (٣).

شكل (٣): التأكل الأجهادي

٤- التأكل المنتظم: هو التأكل الذي يكون معدله ثابت على الاسطح الداخليه والخارجية للمعدات, شكل (٤).



شكل (٤): التأكل المنتظم

٥- تأكل المعدن بالتعرية: هو حالة تدهور سطح المادة بسبب العمل الميكانيكي، غالبًا عن طريق اصطدام السائل، أو التآكل بواسطة الجسيمات المعلقة في سائل أو غاز سريع التدفق، شكل (٥).

شكل (٥): التأكل بالتعرية

[2-2] تصنيف تآكل سبيكة الالمنيوم وفق منشأ التأكل

يمكن تصنيف تآكل سبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ وفق منشأ التآكل إلى عدة أنواع [4]، هي:

١- تآكل كيميائي.

٢- تآكل كهربائي.

٣- تآكل بيولوجي.

٤- تآكل احتكاكي.

٥- تآكل حراري.

[2-3] مميزات سبيكة الالمنيوم AA٦٠٦١

تتميز سبيكة الألمنيوم بالعديد من المزايا [5] ، ومن أهم هذه المزايا:

1- خفة الوزن: تعتبر سبائك الألمنيوم من أخف المعادن المستخدمة في الصناعة، مما يجعلها مثالية للاستخدام في صناعة السيارات والطائرات وغيرها من التطبيقات التي تتطلب خفة الوزن.

٢- المتانة والصلابة: تتميز سبائك الألمنيوم بالصلابة والمتانة، ويمكن تشكيلها وصقلها بسهولة لتصنيع قطع متنوعة.

٣- مقاومة التآكل: تتميز سبائك الألمنيوم بمقاومتها للتآكل، وبالتالي فإنها تستخدم على نطاق واسع في الصناعات البحرية والعسكرية والفضائية.

4- القابلية لإعادة التدوير: يمكن إعادة تدوير سبائك الألمنيوم بسهولة، مما يقلل من النفايات ويحافظ على الموارد الطبيعية.

5- التوصيل الحراري الجيد: يتمتع الألمنيوم بخواص توصيل حراري جيدة، مما يجعله مثالياً للاستخدام في تطبيقات الحرارة مثل المبادلات الحرارية.

6- الأمان والصحة: تعد سبائك الألمنيوم آمنة وصحية للاستخدام في الصناعات الغذائية والصحية، ولا تتفاعل مع الأطعمة والمشروبات.

7- سهولة التشكيل: يمكن تشكيل سبائك الألمنيوم بسهولة بفضل قابليتها للتشكيل والتشكيل العميق، مما يسمح بإنتاج قطع معقدة بسهولة.

8- التوافر الواسع: يتم استخدام الألمنيوم بشكل واسع في الصناعة، ويتوفر بسهولة في العديد من الأسواق المحلية والعالم

[2-3] استخدامات سبيكة الالمنيوم AA٦٠٦١

سبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ هي إحدى السبائك الشائعة من سبائك الألمنيوم، ويمكن استخدامها في العديد من التطبيقات، من بينها:

1- صناعة السيارات: يتم استخدام سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١ في صناعة السيارات في تصنيع الهياكل والجسور الرئيسية والإطارات والمصابيح والمكونات الأخرى.

2- الطائرات: يستخدم سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١ في صناعة الطائرات في تصنيع هياكل الطائرات ومكونات الطائرات مثل الصناديق والصفائح والجسور.

3- البناء والهندسة المدنية: يتم استخدام سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١ في البناء والهندسة المدنية في تصنيع المراجل والأنابيب والألواح والإطارات.

4- الأجهزة الطبية: يتم استخدام سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١ في تصنيع الأجهزة الطبية مثل الأدوات الجراحية وأجهزة الأشعة السينية وأجهزة السمع.

5- الصناعات البحرية: يتم استخدام سبيكة الألمنيوم ٦٠٦١ في الصناعات البحرية في تصنيع أجزاء القوارب والمراكب الشراعية والأجهزة البحرية الأخرى[6] .

[2-4] عيوب سبيكة الالمنيوم AA٦٠٦١

تعتبر سبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ واحدة من السبائك الشائعة والمستخدمة بشكل واسع في العديد من التطبيقات الصناعية والهندسية. وعلى الرغم من أنها تتميز بالعديد من المزايا، إلا أنها ليست خالية من العيوب والمشاكل، ومن أبرز هذه العيوب:

١- النقص في الصلابة: تتميز سبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ بأنها نسبيًا ناعمة وضعيفة في الصلابة، وهذا يعني أنها ليست مناسبة للاستخدام في التطبيقات التي تتطلب صلابة عالية.

٢- الحساسية للتشكيل: تعتبر سبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ حساسة للتشكيل، وتحتاج إلى درجات حرارة عالية لتحقيق التشكيل المطلوب .

٣- التكلفة: تعتبر سبيكة الألمنيوم AA٦٠٦١ أكثر تكلفة من بعض الخيارات الأخرى المتاحة في السوق، مما يمثل عائقًا للاستخدام الواسع في بعض التطبيقات.

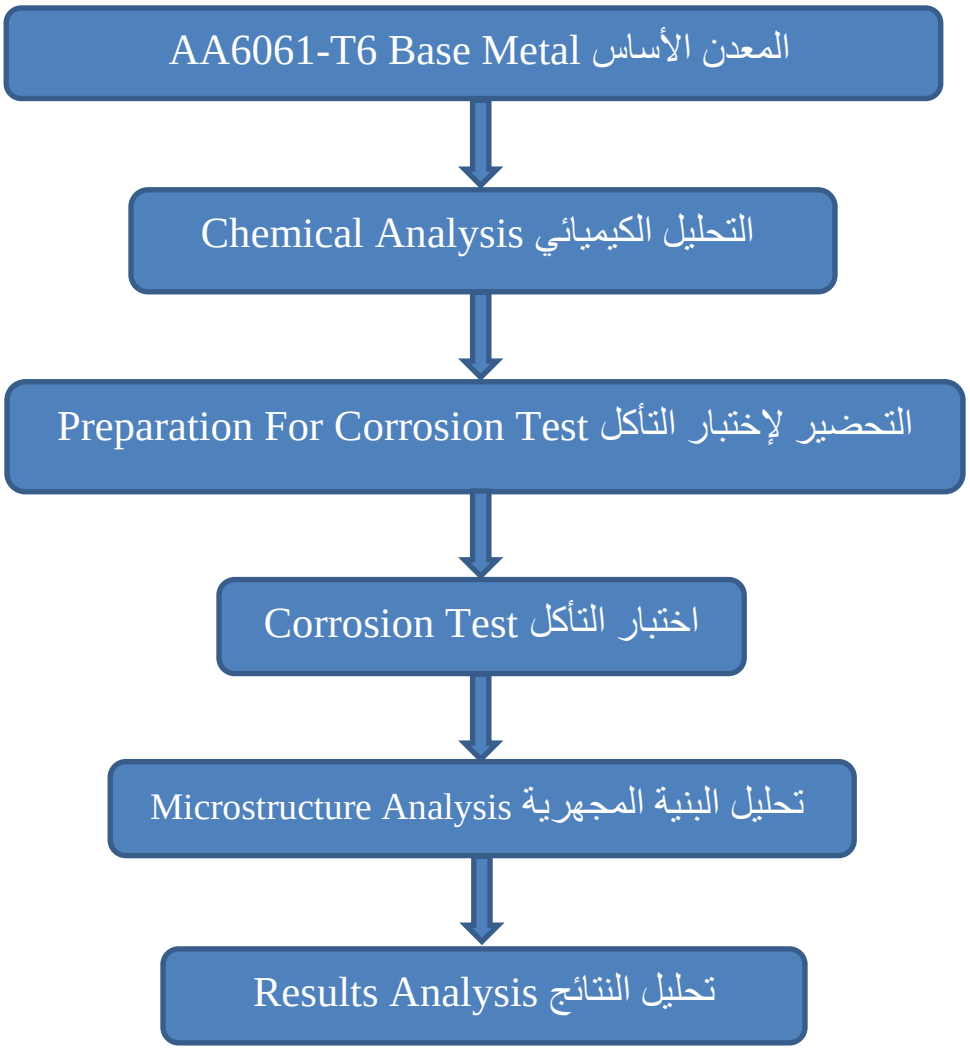
الجانب العملي

EXPERIMENTAL WORK

الجانب العملي EXPERIMENTAL WORK

[3-1] المقدمة

يوضح هذا الجزء من البحث الجانب العملي بشكل واضح ومفصل, المخطط (١) يوضح جميع الخطوات العملية التي تم اجرائها. تم اجراء اختبار التأكل بواسطة جهاز CHI 604E صيني المنشأ في مختبرات البحث والتطوير التابع الى وزارة الصناعة والمعادن شكل (١). تم الاختبار بواسطة محلول ملحي بنسبة 3.5% NaCL.



مخطط (١): الجانب العملي لاختبار التأكل

[3-2] المواد المستعملة The Materials

في هذه الدراسة تم استخدام سبيكة الالمنيوم AA6061 (Al-Mg-Si). تم اجراء تحليل التركيب الكيميائي للسبيكة في شركة الكرامة للصناعات العسكرية - مختبر المعادن, وكانت النتائج كما موضح بالجدول (١).

جدول (١): التركيب الكيميائي لسبيكة الالمنيوم Al6061

Material \ Elements	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
Nominal Chemical composition of AA6061	0.40-0.8	0.7	0.15-0.40	0.15	0.8-1.2	0.04-0.35	0.25	0.15	Bal.
Actual	0.65	0.56	0.21	0.094	0.92	0.17	0.008	0.056	Bal.

[3-3] تحضير العينات للبنية المجهرية

تمت عملية التنعيم والصقل في خطوات متتابعة لغرض فحصها تحت المجهر الضوئي قبل وبعد التأكل. تمت عملية التنعيم باستخدام ورق السنفرة SiC بدرجات تنعيم مختلفة تتراوح بين (٣٢٠ - ٣٠٠٠). اجريت عملية الصقل للعينات بواسطة محلول الألومينا بحجم (٠,٥ مايكرومتر) مع استعمال قماش خاص للصقل. تم إجراء عملية الإظهار للعينات باستخدام محلول الإظهار المتكون من (1 + H2O 99٪HF). ثم تم غسل العينات باستخدام الماء والكحول. بعد تجفيف العينة اجري الفحص المجهري للعينات باستخدام المجهر الضوئي المجهز بالكاميرا المتصلة بجهاز الكمبيوتر.

[3-4] اختبار التآكل Corrosion Test

تم تصنيع عينات اختبارات التآكل باستخدام الأبعاد (١ × ١ × ٠,٥ سم^{٣}) حسب المواصفة الأمريكية ASTM. تم تثبيت العينة المحضرة بمساحة ١ × ١ سم^{٢} في الحامل أو الماسك. وتم تثبيت القطب المرجعي (reference electrode) بمسافة (١) ملم عن سطح العينة المراد اختبارها. القطب المرجعي المستخدم في هذه الدراسة هو الكالوميل المشبع (SCE) .

شكل (١) جهاز اختبار التأكل

تم استعمال اختبارات تقنية الاستقطاب (Polarization technique tests) للحصول على معدلات تآكل الخلية. في الاختبارات، كانت قراءة الخلية للتيار مأخوذة خلال مسح قصير وبطيء. المسح مأخوذ من (-١٠٠ إلى +١٠٠) mV (OCP) بمعدل Scan rate =0.01 V/sec. في هذا النطاق ، فأن كثافة التيار مقابل الجهد يشكل منحنى يمكن من خلاله حساب تيار وفولتية ومعدل التأكل.

النتائج والمناقشة

RESULTS

AND DISCUSSION

النتائج والمناقشة RESULTS AND DISCUSSION

[4-1] المقدمة

يوضح هذا الجزء من البحث اهم النتائج لاختبار التأكل وتحليل مخطط التأكل وكذلك شرح نتائج اختبار المجهر الضوئي واهم المتغيرات التي حصلت لسطح المعدن.

[4-2] نتائج التآكل الكهروكيميائي

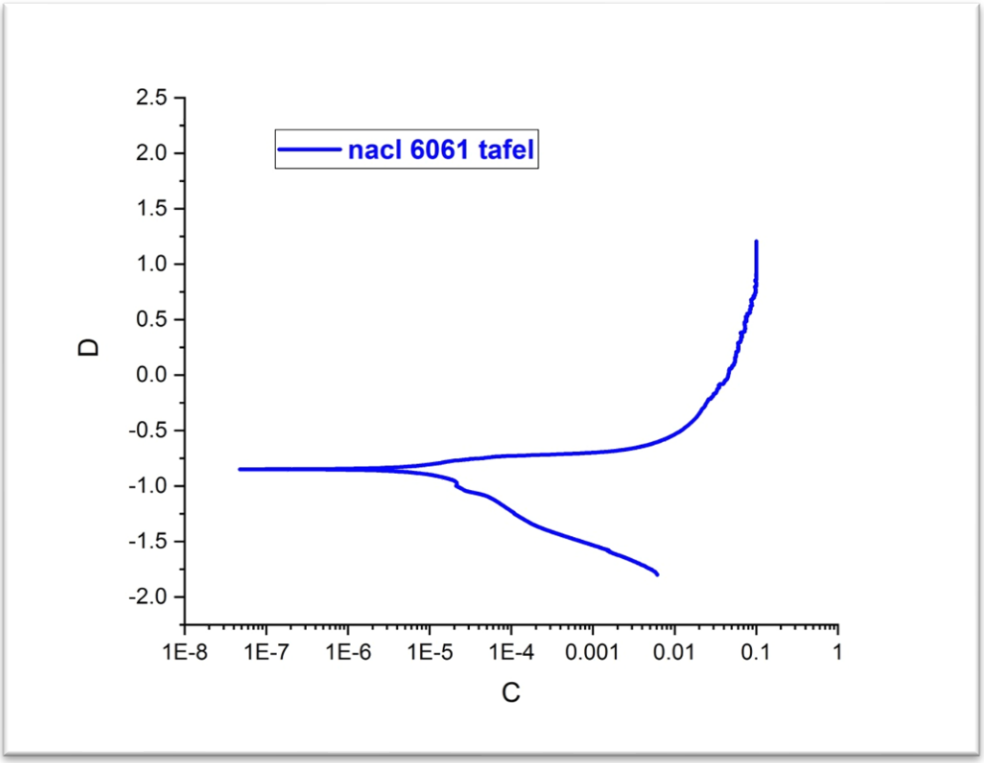
ان العلاقة بين كثافة التيار (تيار التآكل) وفرق الجهد هي علاقة خطية, هذا يعني ان زيادة التيار تكون مع فرق جهد ثابت وان اي تغير في فرق الجهد دليل على ان التآكل حدث. ومن البيانات المستحصلة من جهاز التآكل الكهروكيميائي المزود ببرنامج حاسوبي يتم رسم مماسات تمثل السلوك الكاثودي والانودي ونقطة تقاطع المماسات تمثل تيار التآكل. تيار التآكل يحدد بالاعتماد على طريقة تافل الاستقرائية من خلال رسم مماسات للسلوك الكاثودي والانودي للمنحنيات المستحصلة من الجهاز حيث ان نقطة تقاطع هذه المماسات تمثل تيار التآكل وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحثون [7]. (تقييم طلاءات متراكبات اوكسيد المغنسيوم النانوي للسيطرة على التآكل في الخزانات المعدنية النفطية - عبد الحميد رحيم الصراف و سامر عبد الكاظم الساعدي - قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم) ، جامعة بغداد)

الجدول (١) يمثل قيم Ecorr و Icorr و Corr. Rate التي تم الحصول عليها من نتائج الاستقطاب لعينة الالمنيوم في محلول كلوريد الصوديوم .NaCl %wt ٣,١٥٪ وبدرجة حرارة الغرفة.

ITEM	E corr. (volt)	I corr. (Amp.)	Measured area (cm^2)	Corr. Rate mmpy	βc	βa	OCP (volt)
6061	-0.849	8.172×10^{-6}	0.785	2.479×10^{-1}	0.240	0.139	-0.838

يوضح الشكل (٢) منحني الاستقطاب لسبيكة الألمنيوم AA6061 في .3.5% wt من محلول كلوريد الصوديوم NaCl. يمكن ملاحظة قيم معدل التأكل والتيار والفولتية بشكل واضح للسبيكة. يظهر المنحني في بداية الاختبار سلوك الالمنيوم كعنصر نشط مع محيط التأكل نتيجة لوجود ايون

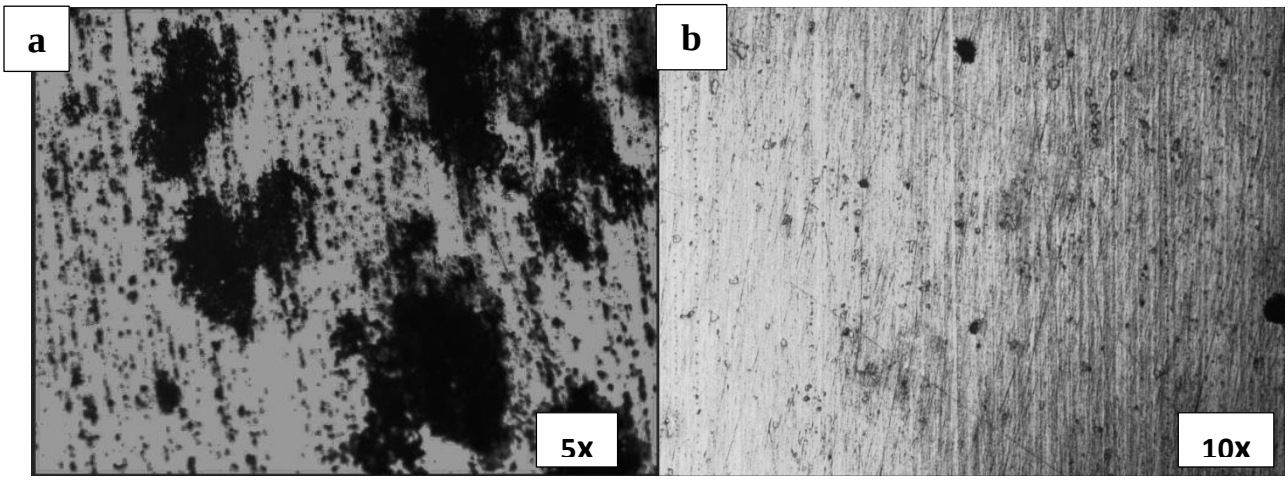
الكلوريد. تظهر السلبية قيمة ثابتة للفولتية رغم الزيادة الواضحة في التيار, يعود هذا إلى السطح النظيف لسبائك AA6061 حيث يصل إلى السلبية بسرعة عند التعرض لبيئة تحتوي على الأكسجين من خلال تشكيل طبقة واقية من الأوكسيد (Al_2O_3) وهي ذات التصاق جيد إلى سطح المعدن وموصل ضعيف لنقل الشحنة, لكن هذا الطبقة تحتوي على عيوب وتنقر متزايد في محلول الكلوريد [7].



يوضح الشكل (٢) منحني الاستقطاب لسبيكة الألمنيوم في NaCl 3.5% wt.

[4-3] فحص البنية المجهرية

يوضح الشكل (٣) الصور المجهرية الضوئية التي تظهر سطح المعدن قبل وبعد التآكل الكهروكيميائي. يمكن ملاحظة نوع التأكل الحاصل للسطح بعد الاختبار وهو التأكل النقري. تتركز مناطق الاوكسيد المتكون في مناطق مختلفة من السطح والتي تظهر باللون الأسود.



شكل (٣): البنية المجهرية لسطح الالمنيوم (a) قبل التأكل, (b) بعد التأكل.

الأستنتاجات والتوصيات

[5-1] الأستنتاجات

١- اظهرت نتائج اختبار التأكل الكهروكيميائي ان سبيكة الألمنيوم AA6061 ذات مقاومة جيدة للتأكل في الأوساط الملحية.

٢- من خلال مخطط تافل نستنتج ان طبقة الأوكسيد المتكونة لها قوة التصاق كبيرة بسطح المعدن.

٣- ان تعرض الألمنيوم للأوساط الملحية وخصوصاً وجود ايون الكلوريد يسبب له تأكل بشكل حفر على سطح المعدن يدعى التأكل النقري.

٤- من خلال مقارنة البنية المجهرية مع بعض البحوث في هذا المجال نجد ان المناطق ذات اللون الأسود يسودها طور هيدروكسيد الألمنيوم $Al(OH)_3$.

التوصيات

١- لتقليل تأثير تآكل الألمنيوم على سبيكة AA٦٠٦١، يتم استخدام انواع متعددة من الطلاء مثل الطلاءات المضادة للتآكل والمعالجة السطحية والأغطية الواقية لتحسين مقاومتها للتآكل. كما يتم استخدام معالجة الحرارة والتبريد لتحسين مقاومة السبائك للتآكل.

٢- بشكل عام، يجب على المستخدمين اتخاذ إجراءات الصيانة اللازمة للحفاظ على مقاومة سبائك الألمنيوم ٦٠٦١ للتآكل، ومن المهم التعامل مع هذه السبائك بحرص وتجنب التعرض للعوامل البيئية القاسية والمواد الكيميائية الضارة.

References المصادر

[1] Muna K. Abbass, Khairia S. Hassan, and Abbas S. Alwan “Study of Corrosion Resistance of Aluminum Alloy AA6061/SiC Composites in 3.5% NaCl Solution” (2015).

[2] F. F. Sayyid, A. Abdul Munim Ali and W. Adel Tawfek, “Evaluation of Corrosion Resistance of Medium Carbon Steel Using Different Protection Methods “, Journal of Engineering and Technology, No. 7, (2012).

[3] Zhitong Chen*, Shengxi Li, Lloyd H. Hihara* “Electrochemical and mechanical behaviors of dissimilar friction stir welding between 5086 and 6061 aluminum alloy”

[4] Abdul Saheb, D., "Aluminum Silicon Carbide and Aluminum Graphite Particulate Composites", Arppn Journal of Engineering and Applied Sciences", Vol.6, No.10, PP.45, 2011.

[5] Callister, W. D., ”Materials Science and Engineering An Introduction”, Sixth Edition, John Wiley and Sons, Inc., 2003.

[6] Higgins, R. A., "Engineering Metallurgy, London,1973.

[7] تقييم طلاءات متراكبات اوكسيد المغنسيوم النانوي للسيطرة على التآكل في الخزانات المعدنية النفطية - عبد الحميد رحيم الصراف و سامر عبد الكاظم الساعدي - قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم) ، جامعة بغداد