

دراسة تأثير درجة الحرارة على السلوك التاكمي للسبيكة (AL - 2Cu - 2Mg) في محلول أحمضي

زهير طالب خليف الطائي

جامعة بابل / كلية الهندسة / قسم هندسة المواد

الخلاصة :

البحث الحالي تضمن دراسة تأثير درجة الحرارة لمحلول التاكم على السلوك التاكمي لسبائك (Al-2Cu-2Mg) باستخدام طريقة الغمر البسيط في محلول حامضي (3% HCl) كنسبة حجمية) في درجات حرارة مختلفة (30,40,50,60,70,80°C). تم اعتماد طريقة التغير في الوزن وكذلك استخدام التصوير بالمجهر الضوئي بقوة تكبير (600X) لدراسة طبوغرافية سطح العينات . وقد اختبرت السبيكة في حالات مختلفة (بدون معاملة حرارية ، معاملة محلولياً بدرجة (500°C) ولفترة زمنية مقدارها (45min.) معنة اصطناعياً بدرجة (170°C) ول فترة زمنية مقدارها (3hr.).

أظهرت النتائج التي تم التوصل إليها من خلال دراسة تأثير درجة الحرارة على السلوك التاكمي للسبائك في محلول أحمضي زيادة واضحة في معدل التاكم مع زيادة درجة الحرارة للمحلول المستخدم وهذه الزيادة تكون مختلفة بالاعتماد على الحالة التي كانت عليها السبيكة ، فقد أظهرت النتائج الفرق في السلوك التاكمي في محلول أحمضي للسبائك تحت نفس الظروف لكن بمعاملات حرارية مختلفة حيث امتلكت السبيكة المعاملة محلولياً في درجة حرارة (500°C) أدنى مستويات فقدان الوزن مقارنة بالحالتين غير المعاملة والمعنة اصطناعياً ، في حين أظهرت السبيكة غير المعاملة حرارياً فقدان كبير في الوزن مع زيادة في معدل التاكم مقارنة بالعينات الأخرى.أظهرت النتائج التي تم التوصل إليها من خلال معادلة و مخططات ارينيس إن معدل التاكم للسبائك المعاملة محلولياً قد ازداد بمقدار (12) مرة عند زيادة درجة الحرارة من (30) إلى (80) درجة مئوية ، في حين معدل التاكم للسبائك المعاملة بمعاملة التعنيق قد ازداد بمقدار (24) مرة عند زيادة درجة الحرارة ضمن نفس المعدل السابق ، أما السبيكة الغير معاملة حرارياً فقد أظهرت زيادة عالية جداً في معدل التاكم حيث حصلت زيادة بمقدار (180) مرة عند زيادة درجة الحرارة من (30) إلى (80) درجة مئوية.كما أظهرت نتائج مخططات ارينيس إن السبيكة المعاملة حرارية بالمعاملة محلولية تخضع لعلاقة

ارينيس في حين السبيكة الغير معاملة حراريا والسبكة المعتقة اصطناعيا لاتخضع لعلاقة ارينيس .

The Effect of Temperature On The Corrosion Behavior of (Al-2Cu-2Mg) Alloy In The Acidic Solution .

Zuheir Talib Khulief Al-Tai
Babylon University/College of Eng.
Mat. Eng. Dep.

Abstract:

This study deals with the effect of temperature on the corrosion behavior of Al-2Cu-2Mg alloy by using simple immersion in acidic solution((3% HCl) by volume) at (30,40,50,60,70,80°C). The weight change method and microscopic examination are used in this study. Alloy without treatment, Solution heat treated at (500°C), Artificial aged at (150°C) are used to complete this study. The result of effects of temperature on the corrosion behavior of alloy in acidic solution showed a continuous increasing in corrosion rate with increase the temperature of solution. The result showed that the solution-treated alloy have the lowest weight losing compared with the untreated and artificial aged alloys where the last one show a mid stat between the other states. In the other hand the results of Arrhenius equation and the Arrhenius plots showed the rate of corrosion of the solution heat treated alloy increase (12) time when increase the temperature from (30°C) to (80°C) , the rate of corrosion of the artificial alloy increase (24) time when increase temperature in the same range above , and the untreated alloy appears high increase in corrosion rate ; the rate of corrosion increase (180) time when increase the temperature from (30°C) to (80°C) . The solution heat treated alloy submit to the Arrhenius equation while the untreated alloy and the artificial alloy not submit to the Arrhenius equation.

المقدمة :

التآكل موضوع واسع ومتشعب بسبب المتغيرات الكثيرة التي يتضمنها حيث يعد مشكلة العصر لما يسببه من خسائر تقدر بbillions الدولارات ويعرف التآكل بأكثر من صيغة منها انه انحلال بواسطة التفاعل الكيميائي او الكهروكيميائي مع الوسط المحيط به والذي يكون في حالة تماش معه سواء أكان هذا الوسط المحيط ،المحيط الجوي أم محيطا كيمائيا آخر في أية درجة حرارة كانت،

(Corrosion theory and Corrosion Protection ,EM1110 – 2-3400, Apr – 1995). والعواقب الوخيمة من عملية التآكل أصبحت مشكلة ذات أهمية عالمية فضلا عن ذلك فان في كل يوم من أيام حياتنا نشاهد أن التآكل قد سبب انهيار محطات الطاقة ، خسائر مالية ، تلوث المنتجات ، انخفاض في الكفاءة ، صيانة مكافحة ، التصميم المفرط المكافف وإعاقة التقدم التكنولوجي .إن زيادة التعقيد في موضوع السيطرة على التآكل تطلب فهم وبيان آليات التآكل وأنواع التآكل وذلك لاستعمال مواد مقاومة للتأكل (Pierre R. Roberge,2000) ، وتعتبر

سبائك الألمنيوم من السبائك المهمة لما لها من استعمالات واسعة في العديد من حقول التكنولوجيا كالصناعات الفضائية وصناعة السيارات وذلك لامتلاكها العديد من المميزات التي تؤهلها لهذه الاستعمالات كثافتها الواطئة ومقاومتها الجيدة للتآكل و透過يتها الحرارية العالية (Vanhile P. and Tosto S., 1992) . وقد بات معروفاً أن سبائك الألمنيوم مزايَا متفردة وخصائص تتباينها صناعات الفضاء ، ولعل عمليات الاصلاح بالترسيب او التعنيق من سماتها الرئيسية التي تنتشر تفصيلاتها التقليدية في مراجع عديدة، ويسود كثيراً من مراكز البحث العالمية حالياً تراحم محموم لتطوير وإدراك آليات وفلسفة حصول الناكل في سبائك الألمنيوم، وقد قدمت دراسات وبحوث عديدة تهدف إلى دراسة التآكل في سبائك الألمنيوم ومن هذه الدراسات ، في عام 2000 قام (Eiji Akiyama , K . Asami , 2000) بدراسة زيادة مقاومة التآكل لسبائك الألمنيوم باستخدام بعض الإضافات من عناصر السبائك ، تمت الدراسة على سبائك (Al - Cr) و (Al - Ti) ومن أجل تحسين مقاومة التآكل لهذه السبائك تم إضافة عنصر سبائك ثالث إليها مثل (Ni,Mo) إلى سبائك (Al - Ti) و (Al - Cr) ، كذلك تم دراسة تأثير (Mg) على السلوك التآكري للسبيكة (Al-Ti) في محلول يحتوي الكلوريدات. جرت الدراسة باستخدام محلول حامضي (1M HCl) للسبائك (Al-Ti-Ni ,Al-Cr-) (0.075M Na₂B₄O₇+0.3M H₃BO₃+0.5M Ti ,and Al-Cr-Mo) (NaCl) للسبيكة (Al-Ti-Mg) جرت الاختبارات جميعها في درجة حرارة المختبر ، أظهرت النتائج التأثير الواضح للعناصر المضافة على مقاومة التآكل عن طريق زيادة التيار الكاثودي والأنودي والبعض الآخر زاد من إستقرارية الغشاء الخامد.

عام 2001 قام (D. A. Little and J. R. Scully , 2001) بدراسة التآكل الموقعي والتآكل الإجهادي (SCC) لنوعين من سبائك (Al-Cu-Mg-Ag) وهي (C415 - C416) ، تمت الدراسة باستخدام ألمنيوم نقى (99.99) مع السبائك المذكورة أعلاه حيث تم استخدام سبائك مجدهة وأخرى غير مجدهة وفي أوساط مختلفة من (NaCl) وبتركيز (M 0.006 - 0.06) . أثبتت النتائج أن الجهد الحرج للسبيكة (C415) و (C416) في حالة المراجعة يكون أقل من الحالة التي تكون فيها السبائك ك محلول جامد ولكنه أعلى من حالة الألمنيوم النقى (99.99) ، كذلك فإن هذا الجهد يقل كلما زادت الفترة الزمنية للتعنيق.

في عام 2002 قام (D.Bengtsson Blucher, J. E. Svensson and L.G. Johansson , 2002) بدراسة التآكل الجوي لالمنيوم في وسط من (NaCl) تحت تأثير درجة الحرارة وجود ثاني أوكسيد الكربون . تمت الدراسة باستخدام المنيوم من نوع (AA1070) حيث تمت الدراسة في درجات حرارية مختلفة (4, 10, 22, 38, 50, 60 °C) حيث تم تعريض

العينات إلى وسط تآكل ي تكون من ($14-70 \text{ mg/cm}^2 \text{ NaCl}$) ، أظهرت النتائج حصول فرق في السلوك التآكل للسيكية مع درجة الحرارة ففي درجة حرارة (4° C) كان تآكل الألمنيوم جداً قليلاً ، أما في درجات الحرارة ($10,22,38^\circ \text{ C}$) معدل التآكل بغياب ثاني أوكسيد الكربون يكون أكبر بمقدار (5-20) مرة من معدل التآكل إذا كان الوسط الجوي يحتوي على (350 ppm) من ثاني أوكسيد الكربون ، أما في درجات الحرارة الأعلى من (38° C) معدل التآكل مع وجود النسبة ذاتها من ثاني أوكسيد الكربون يزداد بشكل متذبذب مع درجة الحرارة ويكون معدل التآكل ثابت مع درجة الحرارة في حالة عدم وجود ثاني أوكسيد الكربون ، إما في درجة الحرارة (60° C) يأخذ معدل التآكل في حالة وجود وعدم وجود ثاني أوكسيد الكاربون نفس القيم والتصرف . في عام 2002 قام (H. N. McMurray, G.- Williams and S. O. Driscoll, 2002) بدراسة التأثير التثبيطي للكرومات باستخدام تغطيات من (SrCrO_4) على السلوك التآكري للسيكية (AA2024T3) ، جرت الاختبارات في وسط حامضي (HCl) المائي حيث جرت الدراسة في (0.5 mol dm^{-3}) محلول مائي من (HCl) وفي درجة حرارة (20° C) ورطوبة (93%RH) جرت الاختبارات لفترات زمنية مختلفة (9.24h, 12h, 23.30h, 30.41h, 37.4h, 46.17h, 54.22h) وفي تراكيز مختلفة (0%, 1vol%, 5vol%) ، أظهرت النتائج الاختلاف الواضح في التأثير التثبيطي في محلول الألمنيوم أو سبيكة الألمنيوم نحاس في درجات الحرارة المختلفة ، تمت الدراسة باستخدام الألمنيوم نقى وسبائك الألمنيوم نحاس والتي تحوى على (0.4% Cu) العينات المستخدمة تغمر في محلول ي تكون من المحاليل المختلفة المستخدمة حيث تم استخدام عدد من المحاليل منها (DS, XDS) والذي يتكون من ($8.4\% \text{ H}_2\text{SO}_4, 3.8\% \text{ H}_2\text{O}$) ، والذى تتكون من (DSPH) والذي يتكون من ($8.4\% \text{ H}_2\text{SO}_4$) على التوالي و ($8.4\%, 5\% \text{ H}_2\text{SO}_4$) جرت الاختبارات لقياس معدل النقر أو الحفر أو الإزالة لمعدن الألمنيوم ، تمت الدراسة بإجراء الاختبارات على الألمنيوم وسبائك الألمنيوم في الماء المقطر وفي درجة حرارة (75° C) ، أما الأوساط الحامضية فتتم الدراسة للألمنيوم في درجات حرارية مختلفة ($30^\circ, 35^\circ, 45^\circ \text{ C}$) بالاعتماد على نوع المحلول المستخدم فمثلاً في درجات حرارة ($30, 45^\circ \text{ C}$) في درجات (XDS) أما (DSPH)

سيكة (Al- 0.4% Cu) فتمت في درجات (35,45 C°) وبالاعتماد على المحلول المستخدم أيضاً فمثلاً (DSPH,XDS,DS) فتمت الدراسة بدرجة حرارة (45 C°) أما محلول (DSP) فتمت الدراسة بدرجة حرارة (35 C°) ، أظهرت النتائج أن معدل النقر للألمينيوم وسيكة المنيوم نحاس هو ليس مقدار ثابت خلال الفترة الزمنية وإن معدل تأكل الألمنيوم يعتمد على معدل ذوبانه أوكسيد الألمنيوم وليس على معدل التأكسد . أما البحث الحالي يهدف إلى دراسة تأثير درجة الحرارة على السلوك التالكي لسيكة (Al-2Cu-2Mg) والمنتجة بطريقة السباكة في وسط حامضي وباستخدام طريقة الغمر البسيط باستخدام حمام مائي وفي درجات حرارية مختلفة (30,40,50,60,70,80 C°) ، وتم الاستعانة والاستفادة من مخططات وقانون آرلينيس (Arrhenius Plots) لبيان تأثير درجات الحرارة على السلوك التالكي لسيكة . تمت الدراسة لحالات مختلفة لسيكة تضمنت السيكة بدون المعاملة المحلولية ، بعد إجراء المعاملة المحلولية ، بعد إجراء معاملة التعقيم الاصطناعي لسيكة .

الجزء العملي :

تمت هذه الدراسة باستخدام سبيكة الألمنيوم - نحاس - مغنيسيوم (Al-2Cu-2Mg) المنتجة بطريقة السباكة ، والجدول (1) يوضح التركيب الكيميائي لسيكة . تم تحضير السيكة بالأسلوب التالي وهو الأسلوب الذي اتبعه العديد من الباحثين (صبري ، أسراء قحطان ، 2000 ، العمار ، جميل حبيب غازي ، 2002 ، الزبيدي ، باسم محيسن محمد ، 2004) في تحضير مثل هذا سبائك ، حيث وزنت قطع من الألمنيوم وحسبت الكميات المقابلة لها من عناصر السبائك للحصول على النسب الوزنية المطلوبة مع الأخذ بنظر الاعتبار حالة التأكسد التي تحصل للعناصر أثناء السبائك لذا فقد أضيفت كمية إضافية من العناصر ذات قابلية التأكسد الأكبر (المغنيسيوم) . ولغرض الصهر استخدم مسخن (Heater) ذو بوتقة صهر سيراميكية يعمل في نطاق درجة حرارة (RT-1000°C) . جرت عملية الصهر والسباك كالآتي :-

- 1- صهر قطع من الألمنيوم النقي .

- 2- إضافة عناصر السبائك والتي تكون ملفوفة برقائق الألمنيوم لمنع تأكسدها عند تلامسها مع المنصهر ، حيث تضاف كالآتي : - تضاف برادة النحاس أولًا ثم يجري تحريك المنصهر بشدة للحصول على التجانس بعدها يضاف مسحوق الخارصين وتجرى نفس العملية بليه إضافة رقائق المغنيسيوم مع تحريك المنصهر بواسطة أداة سيراميكية لتلافي تلوث المنصهر بأي عنصر غير العناصر المطلوبة تستمر عملية التحريك لمدة ملائمة حسب كمية المادة المسبوكة (4-5 دقائق في هذه الحالة) للحصول على أفضل تجانس للمنصهر .

3-يسكب المنصهر في قالب المعد سلفاً وهو على شكل اسطوانة فولاذية سخن إلى درجة حرارة بحدود (300-400°C) لتلافي إنجماد المنصهر قبل دخوله قالب وتلافي عيوب السباكة. ولكون قطر قالب بحدود (15mm) فقد استخدم قمع من السيراميك لتسهيل عملية سكب المنصهر داخل قالب.

أجريت بعد ذلك معاملة المجانسة بوضع المسبوكات داخل حاوية مملوءة بمسحوق الألومنيوم لقليل التأكسد ووضعت بدورها في فرن من نوع (Sola Basic S.B Lindberg) يعمل في مجال درجات حرارة (200-1200°C) واستخدمت درجة حرارة مقدارها (500°C) وزمن مكوث مقداره ثلات ساعات ، بعد فترة المكوث برأت العينات تبريداً بطيئاً إلى درجة حرارة الغرفة . ثم قطعت إلى عينات ذات أبعاد مختلفة ، وقد تم تهيئة السبيكة على هيئة أقراص ذات إبعاد مختلفة والجدول (2) يوضح أبعاد العينات المستخدمة والحالة التي كانت عليها العينة والوسط الذي تم إجراء الاختبارات فيه . تمت هذه الدراسة باستخدام طريقة العمر البسيط وتتلخص هذه الطريقة بعمر عينة موزونة وذات مساحة معلومة من السبيكة في الوسط التاكمي لفترة معلومة من الزمن ثم وزنها بعد مضي هذه الفترة وذلك بعد رفعها من الوسط التاكمي وغسلها جيداً بالماء المقطر والكحول بقصد تجفيفها، يحسب الفرق في وزن المعدن قبل وبعد غمره في الوسط التاكمي ممثلاً الكمية الذائبة نتيجة لعملية التاكميل حيث تم إجراء هذا الاختبار في درجات حرارية مختلفة (30, 40, 50, 60, 70, 80°C) وباستخدام الحمام المائي نوع (Jacob White, Jw- England) ، ولحالات مختلفة للنبيطة تضمنت النبيطة بدون المعاملة المحلولية ، بعد إجراء المعاملة المحلولية ، بعد إجراء معاملة التعنيق الاصطناعي للنبيطة . ومن أجل توضيح تأثير درجة الحرارة على السلوك التاكمي لنبيطة تم الاستعانة والاستفادة من قانون ومخططات أرينيس (Arrhenius) لقياس سرعة التفاعل الكيميائي العام (سرعة التاكميل) . ولغرض إجراء اختبارات التاكميل والفحص المجهري فقد أجريت عملية تهيئة العينات ، وبدأت بعملية التعنيم باستخدام ورق تتعيم من أو كسي د الألمنيوم ، بعدها أجريت عملية الصقل باستخدام جهاز الصقل الميكانيكي نوع (HERGON-mp200V) ، واستخدم في العملية مسحوق الألومنيوم والماء ، كما أجريت عملية الغسل والتجفيف بالهواء الساخن بين كل عملية تعنيم أو صقل وأخرى.

اختبارات التاكميل :

من أجل دراسة تأثير درجة الحرارة على السلوك التاكمي لنبيطة (Al-2Cu-2Mg) ، تم إجراء اختبار التاكميل لنبيطة بدون إجراء المعاملات الحرارية وفي درجات حرارية مختلفة ،

بعد إجراء المعاملة المحلولية قبل إجراء اختبار التآكل في المحلول الحامضي وفي درجات حرارية مختلفة ، حيث جرت المعاملة الحرارية بوضع العينات في الفرن بدرجة 500°C ولفترة زمنية (45min) ثم أخذت بالماء البارد وبسرعة كبيرة جداً. السببيكة بعد إجراء معاملة التعقيم الاصطناعي حيث أجريت معاملة التعقيم الاصطناعي للعينات قبل إجراء اختبارات التآكل في درجة (170°C) باستخدام فرن من نوع (MLW) ولفترة زمنية (3 hr.) ، لكن قبل إجراء هذه المعاملة أجريت المعاملة المحلولية والإخماد في الماء وحسب الشروط السابقة . ثم جرت بعد ذلك اختبارات التآكل في الوسط الحامضي (3% HCl) حجماً وفي درجات حرارية مختلفة من أجل المقارنة بين الحالات المختلفة للسببيكة ، ومن أجل توفير درجة الحرارة المطلوبة تمت الدراسة باستخدام حمام مائي نوع (Jacob White, Jw- England) يعمل ضمن درجات حرارة (30,40,50,60,70,80°C) وذلك للتحكم بدرجة حرارة المحلول وتغيرها إلى الدرجة المطلوبة ، حيث جرت عملية تهيئة العينات قبل إجراء اختبارات التآكل وكما ذكر أعلاه ، بعد ذلك تم حساب المساحة السطحية للعينات قبل الاختبارات ، كذلك تم حساب وزن العينات قبل إجراء اختبارات التآكل في الوسط الحامضي بالاستعانة بميزان حساس (Sartorius) ألماني الصنع وبدقة (± 0.0001). بعد ذلك جرت اختبارات التآكل في المحلول الحامضي ، حيث تم غمر العينات في المحلول لفترات زمنية محددة حيث تم تثبيت عامل الزمن وتركيز المحلول على عامل درجة الحرارة ، أما الدرجات الحرارية المستخدمة فهي (30,40,50,60,70,80°C) مؤدية إذ تغمر العينة في المحلول الحامضي في الحمام المائي وبدرجة حرارة معينة ولمدة نصف ساعة ثم جرى بعد ذلك استخراج العينات من المحاليل وغسلت بالماء المقطر وجففت باستخدام المجفف الكهربائي ، تم بعد ذلك حساب وزن العينات بعد عملية الغمر في المحاليل ، ثم حساب التغير بالوزن لوحدة المساحة وتم اخذ عدة قراءات ثم جرى رسم العلاقة بين التغير في الوزن لوحدة المساحة المقابل لكل درجة حرارة بعده تم الاستعانة بمخيطات ارينيس (Arrhenius Plots) لبيان تأثير درجة الحرارة على السلوك التآكري للسببيكة .

اختبار الفحص المجهرى :

اجري اختبار الفحص المجهرى لدراسة طبغرافية سطح العينات المغمورة في المحاليل المستخدمة ولجميع الحالات التي كانت عليها السببيكة ، وباستخدام المجهر الضوئي نوع (union ME-3154) المجهز بكاميرا رقمية مرتبطة بالكمبيوتر أمكن من خلالها التقاط صور للسطح بقوة تكبير (X 600) ، بعد مشاهدتها على شاشة العرض الخاصة بالكمبيوتر .

النتائج والمناقشة :

الشكل (1) يوضح السلوك التآكلي لعينة من السبيكة غير معاملة حرارياً مغمورة في محلول حامضي يتكون من (3% HCl) كنسبة جمجمية في درجات حرارية مختلفة (30,40,50,60,70,80°C)، يبدو واضحاً من الشكل ارتفاع الوزن المفقود مع زيادة درجة الحرارة للمحلول المستخدم ويزداد فقدان الوزن بشكل كبير بعد درجة الحرارة (50°C) حيث يظهر الفرق الواضح في هذه الزيادة عن الدرجات الحرارية الأقل (30,40°C) حيث تكون الزيادة في الوزن المفقود شبه خطية مع زيادة درجة حرارة محلول التآكل، إن حصول التآكل في هذه الحالة يعزى إلى حصول التآكل التقريري في هذه السبيكة، إن من أسباب التآكل التقريري الحاصل في هذه السبيكة كونها متعددة الأطوار حيث تعمل الأطوار شبه المعدنية (S, θ) عمل الكاثود بينما يعمل الطور (α) عمل الأنود الذي يتأثر تأثيراً بالغاً بالوسط التآكلي (HCl) (R.G.Buchheit, R.K.Boger, M.W.Donohue, 2001)

ويوضح الشكل (2) مخطط ارينيس لمعدلات التآكل لسبائك غير معاملة حرارياً مغمورة في المحلول الحامضي عند درجات حرارية مختلفة. ويلاحظ من خلال الشكل زيادة في معدل التآكل بشكل كبير حيث إن معدل التآكل قد ازداد من (0.0002 g/cm².hr) إلى (0.036 g/cm².hr) عند زيادة درجة الحرارة من (30) إلى (80) درجة مئوية أي بمقدار (180) مرة تقريباً وهذا ما تنص عليه معادلة ارينيس حيث إن معدل التآكل يزداد بزيادة درجة الحرارة، حيث إن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى زيادة معدل تفاعل اغلب التفاعلات الكيميائية والتأكل هو تفاعل كيميائي بين المعدن ومحطيه ومثله مثل كل التفاعلات الكيميائية فإن معدل التآكل يزداد بزيادة درجة الحرارة. طبغرافية سطح العينة غير المعاملة حرارياً قبل التعرض إلى المحلول التآكل موضحة بالشكل (3) في حين طبغرافية السطح للعينة ذاتها بعد التعرض لمحلول الغمر عند درجة حرارة (80°C) موضحة بالشكل (4) ويلاحظ من خلال الشكل (4) حصول التآكل التقريري على السطح وظهور النقر بشكل عنيف وعشوائي مقارنة مع سطح العينة قبل التعرض إلى محلول التآكل. . الشكل (5) يوضح السلوك التآكلي لعينة من السبيكة معاملة محلولياً بدرجة (500°C) ولمدة (45min.) في محلول حامضي في درجات حرارية مختلفة (30,40,50,60,70,80) ويلاحظ من خلال الشكل زيادة في الوزن المفقود مع زيادة درجة الحرارة للمحلول المستخدم وهذه الزيادة تكون خطية تقريباً من الدرجات الحرارية الأولى (30,40,50°C) ويأخذ بالزيادة مع زيادة درجة الحرارة المستخدمة ويلاحظ إن مقدار الوزن المفقود في هذه الحالة يختلف عن الحالة الأولى، إن هذا الاختلاف في السلوك التآكلي بين السبيكة غير المعاملة والسبائك المعاملة محلولياً يعود إلى ذوبان الترببات مثل (Al₂Cu, S(Al₂Cu Mg)) التي كانت موجودة في السبيكة غير المعاملة عند المعاملة

المحلولية وتحول السبيكة إلى طور أحادي مفرط الإشباع هو (a_{ss}) وبما أن التآكل الحاصل في السبيكة متعددة الأطوار (التآكل الكلفاني) يختلف عن التآكل الحاصل في السبيكة مفردة الطور لذا حصل هذا الاختلاف لذا يكون ميل السبيكة أكبر إلى التآكل العام منه إلى التآكل التقربي وبهذا يكون معدل فقدان في الوزن منتظمًا تقريبًا ، لكن هذه الحالة لا تستمر حيث أن أيونات النحاس التي تنزل إلى المحلول نتيجة التآكل العام ما تثبت أن تعود إلى الترسب على سطح الألمنيوم نتيجة اختزالها وهذا بدوره يؤدي إلى حصول تماس ثانوي بين معدنين يختلفان في جدهما الكهربائي في وسط تآكلي ، والذي يتسبب في تآكل تقربي أو أي نوع آخر من التآكلات الموضعية للمعدن الأكثر نشاطاً وهو الألمنيوم

(R.G.Buchheit,R.K.Boger,M.W.Donohue,2001,R.G.Buchheit,

R.K.Boger,2002) ويوضح الشكل (6) مخطط ارينيس لمعدلات التآكل للنبيكة المعاملة

معاملة محلولية مغمورة في المحلول الحامضي عند درجات حرارية مختلفة ونجد إن معدل التآكل في هذه الحالة قد ازداد من (0.0002) إلى (0.0024) أي بمقدار (12) مرة تقريباً وهذه الزيادة هي أقل من الحالة السابقة . طبغرافية سطح العينة المعاملة محلولياً بدرجة (500°C) ولمدة (45 min.) قبل التعرض إلى محلول التآكل موضحة بالشكل (7) في حين طبغرافية السطح للعينة ذاتها بعد التعرض لمحلول التآكل عند درجة (80°C) موضحة في الشكل (8) حيث يتبيّن من خلال الشكل (8) حدوث التآكل التقربي على السطح بفعل أيونات الكلوريد التي لها القابلية على التغلغل وإلحاق التلف بطبقة الاوكسيد على السطح ، ويلاحظ من الشكل إن التآكل منظم مقارنة مع الحالة الأولى . الشكل (9) يوضح السلوك التآكلي لعينة من النبيكة معقنة اصطناعياً بدرجة (170°C) ولفتره زمنية مقدارها (3hr.) في محلول حامضي في درجات حرارية مختلفة (30,40,50,60,70,80°C) ويلاحظ من خلال الشكل زيادة في مقدار الوزن المفقود مع زيادة درجة حرارة محلول التآكل وهذه الزيادة تكون كبيرة لغاية درجة حرارة (60) ثم يأخذ مقدار الوزن المفقود بالاستقرار تقريباً مع زيادة درجة الحرارة من (60) إلى (80) درجة مئوية، إن ظهور أطوار وسطية (مثل 'S' ، 'S") في النبيكة نتيجة التعنّق الاصطناعي لمدة (3hrs.) أدى إلى تشجيع كل من نوعي التآكل العام الذي يحصل أكثر في النبيكة أحادية الطور والتآكل التقربي الذي يحصل في النبيكة متعددة الأطوار ، ولكن (S",S') أطوار وسطية وليس أطوار حقيقية مثل (S(Al₂CuMg) لذا فإنها لا تعمل على تحويل التآكل بصورة تامة إلى تآكل تقربي و بذلك يكون التآكل مختلطًا. ويوضح الشكل (10) مخطط ارينيس لمعدلات التآكل للنبيكة المعقنة اصطناعياً مغمورة في المحلول الحامضي عند درجات حرارية مختلفة ونجد إن معدل التآكل في هذه الحالة قد ازداد من (0.0002) إلى

(0.0048) أي بمقدار (24) مرة تقريباً وهذه الزيادة هي أعلى من الحالة السابقة واقل من الحالة الأولى السيكة الغير معاملة حرارياً والسبب في زيادة معدل التآكل مع زيادة درجة الحرارة يمكن أن يعزى إلى أن التآكل هو عملية كهر كيميائية ، كذلك فان التآكل هو تفاعل كيميائي يخضع لنفس المعادلات термодинاميكية حيث نلاحظ أن معدل التآكل يزداد مع زيادة درجة الحرارة ولكن بسلوك مختلف من حالة إلى أخرى . طبوغرافية سطح العينة المعتقدة اصطناعياً بدرجة (170°C) ولمدة (3hr.) قبل التعرض إلى محلول التآكل موضحة بالشكل (11) في حين طبوغرافية السطح للعينة ذاتها بعد التعرض لمحلول التآكل عند درجة (80°C) موضحة في الشكل (12) ، ويلاحظ من الشكل (12) حصول عملية التآكل على سطح المعدن والذي يشمل تقريباً جميع أجزاء السطح وبشكل غير متجانس كذلك يبدو بشكل واضح التآكل التقربي وبكثافة عالية للنقر وبإحجام وأقطار مختلفة نتيجة التآكل الحاصل على سطح العينة وهو التآكل المختلط وكما وضح سابقاً . الشكل (13) يوضح السلوك التآكري للسيكة في محلول في درجات حرارية مختلفة ولحالات مختلفة (السيكة غير معاملة حرارياً ، سيكة معاملة محلولياً والسيكة المعتقدة اصطناعياً) ويلاحظ من خلال الشكل أن العينات الثلاثة يكون مقدار فقدان الوزن متساوي عند الدرجات الحرارية الأولى (30,40°C) ، لكن عند زيادة درجة الحرارة عن القيم المذكورة سوف يزداد مقدار الوزن المفقود للعينات الثلاثة مع زيادة درجة الحرارة ولكن بمعدل مختلف لكل حالة . وهذا ما يلاحظ من الشكل (14) الذي يوضح مخطط ارينيس لمعدلات التآكل للسيكة في محلول في درجات حرارية مختلفة ولحالات مختلفة للسيكة ، حيث يلاحظ أن معدل التآكل متساوي للعينات الثلاثة عند الدرجات الحرارية في حين يزداد معدل التآكل مع زيادة درجة الحرارة ، يلاحظ أن السيكة في الحالة المعاملة محلولياً تمتلك مستويات أدنى لفقدان الوزن من الحالات الأخرى وهذا لاحتوائها على طور أحدى كما ورد سابقاً .

الاستنتاجات:

- 1- زيادة درجة الحرارة يعمل على زيادة معدل التآكل في السيكة بشكل عام .
- 2- الحالة التي تكون السيكة عليها تلعب دوراً مهماً في تحديد زيادة معدل التآكل مع زيادة درجة الحرارة .
- 3- السيكة المعاملة محلولياً تمتلك أدنى مستويات فقدان الوزن مقارنة بالحالات الأخرى للسيكة مع زيادة درجة الحرارة للمحلول الحامضي المستخدم .

- 4-معدل التآكل يزداد بمقدار (180) مرة للبيكية الغير معاملة حراريا في حين البيكية المعاملة محلوليا يزداد معدل التآكل بمقدار (12) مرة أما البيكية المعتقة اصطناعيا يزداد بمقدار (24) مرة عند زيادة درجة الحرارة من (30C°) إلى (80C°) .
- 5- البيكية المعاملة محلوليا تخضع لقانون ارينيس لأن العلاقة فيها تكون خطية .
- 6- لا تخضع البيكية الغير معاملة والبيكية المعتقة اصطناعيا إلى قانون ارينيس .

المصادر :

أسراء قحطان، "تحسين مقاومة التآكل لبيكية ذات أساس الألミニوم - نحاس"، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم هندسة المواد ، جامعة بابل ، 2000.

باسم محيسن محمد ، "زيادة مقاومة سبائك الألミニوم المستخدمة في صناعات الفضاء لدرجات الحرارة العالية" ، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم هندسة المواد ، 2004 .

جميل حبيب غازي، "تحسين الاستقرارية الحرارية لسبائك الألミニوم المستخدمة في صناعات الفضاء" ، رسالة ماجستير مقدمة الى قسم هندسة المواد ، 2002 .

Corrosion theory and Corrosion Protection ,EM1110 – 2-3400, Apr – 1995 , http : // www.tankspan.com/ safety – miscellaneous.htm1.

D.A.Little and J. R. Scully, "An Electro Chemical Framework to Explain the Inter-granular Stress Corrosion Path of two Al–Cu–Mg–Ag Alloys , C415 and C416" , PDF, 2001.

D.Bengtsson Blucher, J.E.Svensson and L. G. Johansson," The NaCl – Induced Atmospheric Corrosion of Aluminum; the Influence of Carbon Dioxide and Temperature", PDF ,2002 .

Eiji Akiyama, K. Asami and other, "Enhancement of Corrosion Resistance of Amorphous Aluminum alloys by Alloying Additions", pdf, 2001

H.N .Mcmurray, G. Williams and S. O. Driscoll , "Chromate Inhibition of Filiform Corrosion on Organic Coated AA2024T3 Aluminum Alloy Investigated using a Scanning Kelvin Probe" , PDF .2002 .

Ingrid Rink and D. Martin Knotter, "Passivation of Aluminum and Aluminum – Copper Alloys in Aqueous Acids", PDF, 2003.

N.Barrngton & M.Black, "Aerospace materials and manufacturing processes at the millennium" On the web: http://bookmark.physics.iop.org/full_books/0750307420/cantorch_01.pdf.

R.G.Buchheit, R.K.Boger, M.W.Donohue, "Copper Dissolution Phenomena in Al-Cu and Al-Cu-Mg Alloys", 2001. On the web:<http://www.mse.ohio-state.edu/%7Ebruedigm/RGB02.pdf>

R.G.Buchheit, R.K.Boger, "Cu Redistribution and Surface Enrichment Due to Dissolution of Al-Cu Alloys", 2002. On the web:<http://www.mse.ohio-state.edu/%7Ebruedigm/RGB03.pdf>

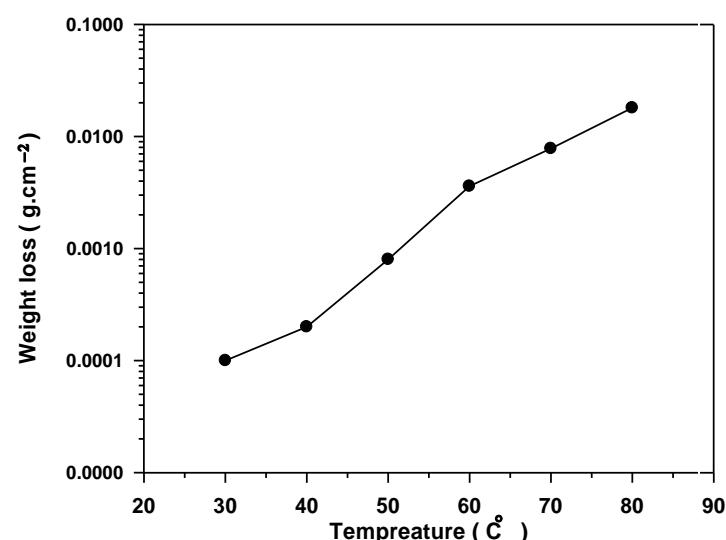
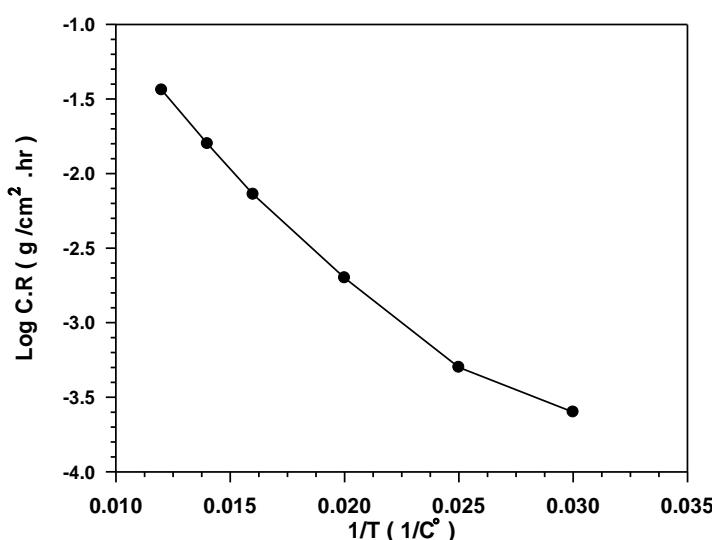
Pierre R. Roberge , " Hand book of Corrosion Engineering ", 1stEd., 2000.
Vanhile P. and Tosto S. , " Surface and Coatings Technology ", N (80),PP(295-303),1992.

التركيب الكيميائي للسبائك المستخدمة . (1) الجدول

ALLOY	Al	Cu	Mg
Al -2Cu – 2Mg	96 % wt	2 % wt	2 % wt

الجدول (2) أبعاد العينات المستخدمة والحالة التي كانت عليها العينة والوسط الذي تم إجراء الاختبارات فيه .

وسط الاختبار	قطر القب	سمك العينة	قطر العينة	حالة السبيكة
3% HCl	1 mm	2 mm	15 mm	غير معاملة حراريا
3% HCl	1 mm	1.5 mm	15 mm	المعاملة محلوليا
3% HCl	1 mm	1.5 mm	15 mm	المعتقة اصطناعيا



الشكل (2) العلاقة بين لوغاریتم معدل التآكل ودرجة حرارة الوسط التآكري (3% HCl) لعينة غير معاملة حراريا .

454

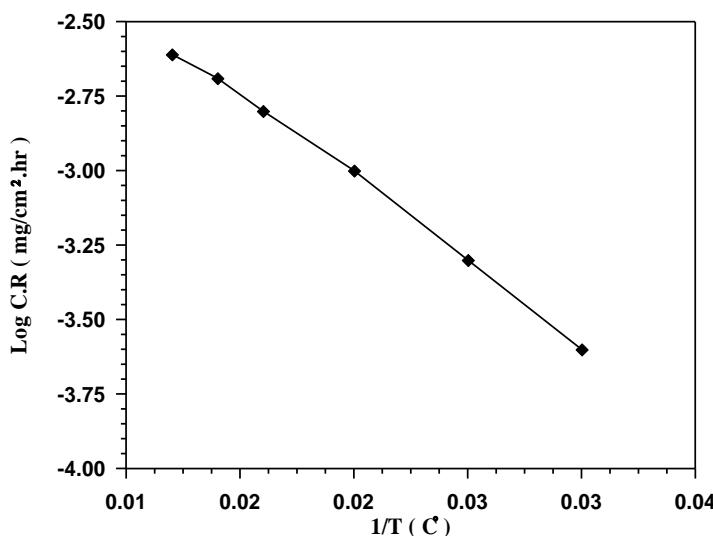
الشكل (1) العلاقة بين الوزن المفقود لوحدة المساحة ودرجة حرارة الوسط التآكري (3% HCl) لعينة غير معاملة حراريا .



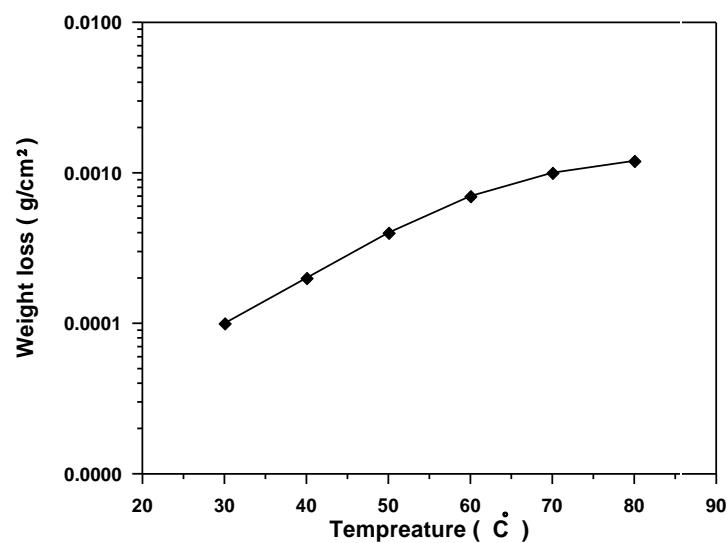
الشكل (4) طبوغرافية سطح عينة غير معاملة حراريا معرضة لوسط التاكل (3% HCl) (80°C) في درجة حرارة (80°C)



الشكل (3) طبوغرافية سطح عينة غير معاملة حراريا بقوة تكبير (600X)



الشكل (6) العلاقة بين لوغاريتم معدل التاكل ودرجة حرارة الوسط التاكل (3% HCl) (3) لعينة معاملة محلوليا بدرجة (500°C).



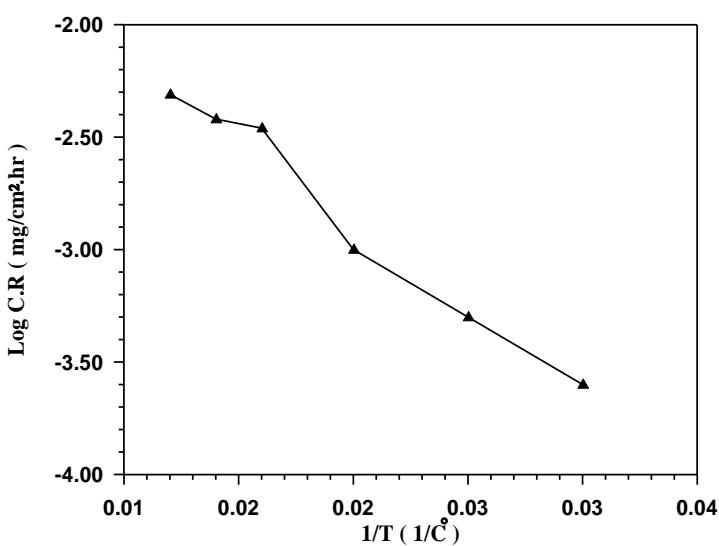
الشكل (5) العلاقة بين الوزن المفقود لوحدة المساحة ودرجة حرارة الوسط التاكل (3% HCl) (3) لعينة معاملة محلوليا بدرجة (500°C).



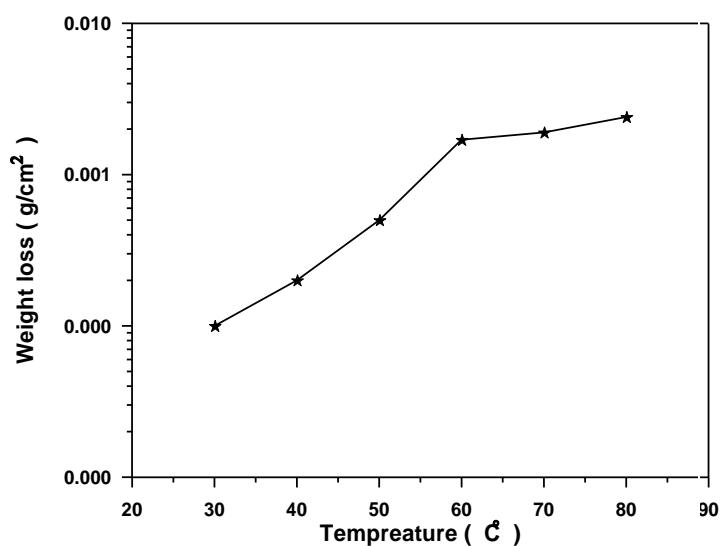
الشكل (8) طبوغرافية سطح عينة معاملة محلوليا بدرجة (500C°) معرضة لوسط تاكملي (3% HCl) في درجة حرارة (80C°) بقوة تكبير (600X)



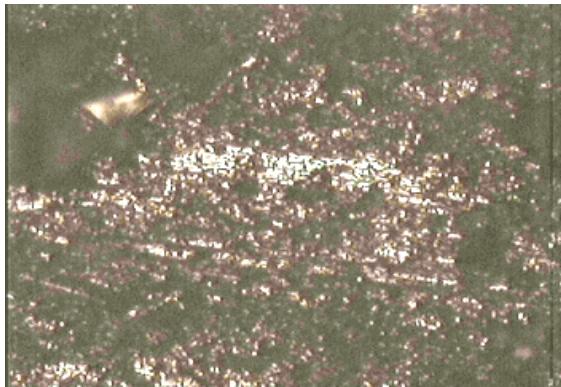
الشكل (7) طبوغرافية سطح عينة معاملة محلوليا بدرجة (500C°) بقوة تكبير (600X)



الشكل (10) العلاقة بين لوغاریتم معدل التاكميل ودرجة حرارة الوسط التاكملي (3% HCl) لعينة معنقة اصطناعيا بدرجة (170C°).



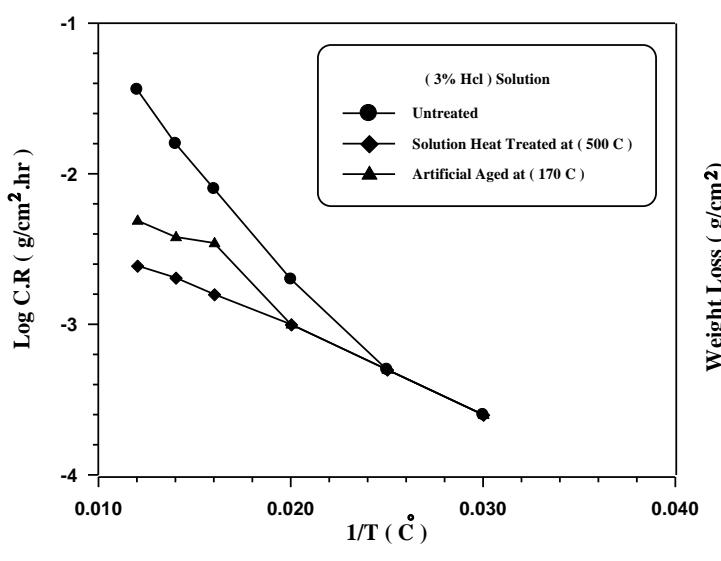
الشكل (9) العلاقة بين الوزن المفقود لوحدة المساحة ودرجة حرارة الوسط التاكملي (3% HCl) لعينة معنقة اصطناعيا بدرجة (170C°).



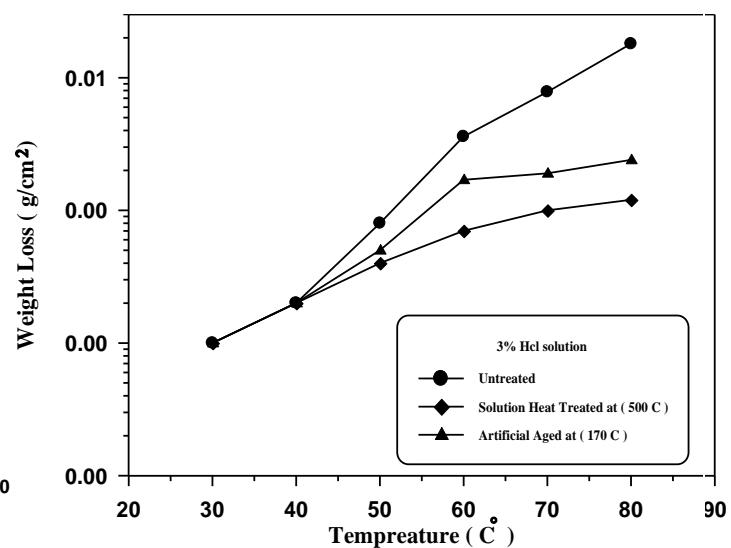
الشكل (12) طبغرافية سطح عينة معنقة اصطناعيا
بدرجة (170C°) معرضة لوسط تاکلي (3% HCl) في
درجة حرارة(80C°) بقوة تكبير (600X)



الشكل (11) طبغرافية سطح عينة معنقة
اصطناعيا بدرجة (170C°) بقوة تكبير (600X)



الشكل (14) العلاقة بين لوغاریتم معدل التاکل و درجة حرارة الوسط التاکلي (3% HCl).



الشكل (13) العلاقة بين الوزن المفقود لوحدة المساحة ودرجة حرارة الوسط التاکلي (3% HCl)

