تأثير المعاملات الحرارية على الموصلية الكهربائية ومعدل التآكل لسبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم) 7020–T6 في ماء البحر [+]

مروج ناصر مجيد [*] علي هاشم جريان [*] معمر ابراهيم اسماعيل [*]

المستخلص :

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير المعاملات الحرارية على الموصلية الكهربائية والتآكل الكهروكيميائي لسبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم)$7020-T_6$ حيث تم تقطيع صفائح من السبيكة بأبعاد (6 × 50 × 100) mm ، وبعدها اجريت المعاملة الحرارية المحلولية بالتسخين الى درجة حرارة 500℃ ثم التبريد السريع بالماء ، بعدها تم اجراء عملية تعتيق صناعي للصفائح حيث تم التسخين الى درجة حرارة 180℃ لفترات زمنية (4–3–2–1) ساعه ، ثم التبريد البطئ بالهواء ، تم قياس الموصلية الكهربائية للصفائح قبل وبعد المعاملة ، وذلك لبيان تأثير المعاملة الحرارية المحلولية والتعتيق الصناعي على الموصلية الكهربائية ، وقد وجد ان الموصلية الكهربائية تزداد بزيادة زمن التعتيق الى حد معين وبعدها تبدأ بالتناقص بسبب الاطوار المترسبة التي تم التعرف عليها بعد اجراء اختبار حيود الاشعة السينية X–ray diffraction ، وكذلك اجري اختبار التآكل الكهروكيميائي بجهاز المجهاد الساكن حيث تم تصنيع عينات اختبار التآكل من الصفائح اعلاه بأبعا (2 × 15 × 15) mm وفق المواصفة القياسية ASTM G71–31، حيث تم تحديد جهد الدائرة المفتوحة حسب موقع المعدن في السلسلة الكهروكيميائية ، وبعدها تم زيادة الجهد ب (100 ± mV) عند معدل مسح (scan rate) مقداره 3 mV/sec ، وتم حساب تيار التآكل باستخدام طريقة تافل الاستقرائية Tafel extrapolation method ووجد انه بزيادة زمن التعتيق يزداد معدل التآكل بسبب زيادة الموصلية الكهربائية للمعدن والاطوار المترسبة بعد التعامل الحراري .

المفتاح Keywords : المعاملات الحرارية ، سبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم) $7020-T_6$ ، الموصلية الكهربائية ، التآكل الكهروكيميائي

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND ELECTROCHEMICAL CORROSION RATE FOR AL-ZN-MG ALLOY 7020-T6 IN SEA WATER

Murooj Naser Majeed Ali Hashim Jryian Muammar Ibrahim Ismail

Abstract :

This work involves study the effect of heat treatments on electrical conductivity and electrochemical corrosion of Al-Zn-Mg alloy 7020-T_6 .The specimens were prepared with dimensions of 100 × 50 ×6 mm and subjected to solution heat treatment at 500℃ and artificial ageing at 180℃ for (1,2,3,4) hours , then the electrical conductivity for all

[+] تاريخ إستلام البحث 2012/11/26 ، تاريخ قبول النشر 2014/6/9
[*] مدرس مساعد / معهد التكنولوجيا / بغداد

sheets were measured. It was found that the electrical conductivity increases with increasing of aging time then decrease because of the precipitating phases that have been identified after conducting a test of X-ray diffraction as well as electrochemical corrosion test which investigated by Potentiostat, for specimens with dimensions 1.5×1.5×2 mm according to ASTM G71-31 . Open circuit potential was measured and compared with the position of metal in the galvanic series then voltage was increased by ±100 mv , at scan rate 10mV/sec , corrosion parameters were calculated according to Tafel extrapolator method, increase in the current and calculate the corrosion current. It was found that the increasing of ageing time causes increasing of phases precipitation, that effect on electrical conductivity and then corrosion rate .

المقدمة Introduction :

الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity هي خاصية من خواص اي مادة تمثل قدرتها على نقل الشحنات المتحركة من مكان الى اخر ، وتعكس مقدار قابلية المادة لمرور التيار فيها ، ويعبر عنها العالم (جورج اوم) في صيغته المغناطيسية وهي صيغة محورة من القانون الكهربائي كالتالي [1] :

$$i = \sigma E \quad \ldots\ldots 1$$

حيث E = شدة المجال الكهربائي (فولت لكل متر) .

i = كثافة التيار (أمبير لكل متر مربع) .

σ = الموصلية الكهربائية (سيمنس لكل متر) .

والموصلية في المعدن تمثل مقلوب المقاومة R

$$\sigma = \frac{1}{R} \quad \ldots\ldots 2$$

وقد وجد بأن مقاومة المعدن تزداد بزيادة درجة الحرارة وعليه فأن الموصلية الكهربائية للمعدن تزداد كلما قلت درجة الحرارة ويعبر عن ذلك بالقانون التالي [1]

$$R_t = R_0([1 + (\alpha . t)] \quad) \quad \ldots\ldots 3$$

حيث R_t = مقاومة الموصل بدرجة حرارة t ° C وبوحدة قياس [أوم]

R_0 = مقاومة الموصل بدرجة حرارة الصفر المئوي

α = معامل الحرارة للمادة وتقاس بـ [جول/ م . ث . م °]

t = درجة الحرارة °C

والجدول رقم (1) يوضح نسبة الموصلية الكهربائية لمعادن مختلفة والتي تمثل مقدار السلك المعدني لتوصيل التيار الكهربائي (%) وعند درجة حرارة 20°C حيث نلاحظ ان النسبة المئوية للموصلية الكهربائية للألمنيوم هي (61%)

بينما تساوي (100%) للنحاس ، الا ان الالمنيوم يمتاز بخفة وزنه وقلة كثافته مما يجعله مناسبا اكثر في التطبيقات الكهربائية وخاصة سبائك الالمنيوم المستخدمة في صناعة الاسلاك [1]

جدول رقم (1): الموصلية الكهربائية لمعادن مختلفة [1]

المعدن	نسبة الموصلية الكهربائية المئوية (%)
الفضة Ag	105
النحاس Cu	100
الذهب Au	70.5
الالمنيوم Al	61
التنكستن T	31.2
النيكل Ni	22.1
الحديد Fe	14

ولتقليل القدرة الضائعة نتيجة سريان التيار الكهربائي في الموصل (المعدن) يجب ان تكون المادة المستعملة في صناعة السبيكة ذات مقاومة نوعية منخفضة او ذات موصلية عالية ، وهذا يؤدي الى تقليل مقدار هبوط الجهد في الموصلات (الاسلاك) ، اما بالنسبة الى سبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم) فأنها تتميز بحساسيتها العالية للحرارة ، حيث تستعمل في صناعة وسائل النقل في الاوساط البحرية ، وتشكل هذه السبيكة بالتشكيل على البارد ويتم اصلادها بالترسيب ، حيث تسخن الى 500°C ثم تخمد بالماء ، ويعاد تسخينها بدرجة 180°C ويمكن بواسطة هذه المعاملة تحقيق مقاومة شد للسبيكة تزيد على (300 نيوتن/ملم مربع) مع خفض التوصيل الكهربائي Electric Conductivity بما لا يزيد على 10% [2] ، وأن تأثير المعاملات الحرارية على الموصلية الكهربائية لها أثر كذلك على مقاومة التآكل للمعدن حيث أن التآكل هو فشل يصيب المعدن نتيجة تعرضه الى تفاعل كيميائي عند اتحاده بالاوكسجين أو تفاعل كهروكيميائي ، وقد تناولنا في بحثنا هنا تأثير المعاملة الحرارية لسبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم) على الموصلية الكهربائية والتآكل الكهروكيميائي الناتج من امرار تيار كهربائي بجهد معين يتم قياسه من دائرة مفتوحة في خلية بعدها يمرر التيار وتغلق الدائرة ، ويمثل المعدن القطب الموجب لها ويتم تحديد تيار التآكل حيث أن كثافة التيار عند نقطة التآكل (A) Corrosion Current تسمى (i_{corer}) ، والجهد عند تلك النقطة يسمى بجهد التآكل Corrosion Potential (E_{corr}) ، ويحسب معدل التآكل بالاعتماد على قانون فراداي Faraday's Law [3] .

$$W = a.Q/nF \quad \text{.....4}$$

حيث ان W = كتلة المعدن المتآكل

a = الوزن الذري للعينة

Q = الشحنة الاجمالية المارة في المعدن وتساوي (التيار × الزمن)

n = عدد الالكترونات المنقولة في التفاعل

F = ثابت فرداي ويساوي 96500

ويمكن اشتقاق معادلة سرعة التآكل بالاعتماد على قانون فاراداي :

$$W = \frac{a \times Q}{n \times F}$$

$$\because Q = I \times t \quad , \quad e = \frac{a}{n} \quad \text{الوزن المكافئ} = e$$

$$\therefore W = \frac{e \times I \times t}{F}$$

$$\because W = Sd \times \rho$$

$$\therefore Sd \times \rho = \frac{e \times I \times t}{F}$$

$$Corrosion\ Rate = \frac{\text{معدل الاختراق}}{\text{الزمن}} = \frac{d}{t} = \frac{I \times e}{s \times \rho \times F}$$

$$I \text{ كثافة التيار} = \frac{I \text{ شدة التيار}}{S \text{ مساحته}}$$

$$\therefore CR = k \times I_{Corr} \times \left(\frac{e}{\rho}\right)$$

$$CR_{mm/y} = 3.271 \times I_{Corr} \times \left(\frac{e}{\rho}\right)$$

$$CR_{mpy} = 0.13 \times I_{Corr} \times \left(\frac{e}{\rho}\right) \quad \ldots\ldots (5)$$

يتأكسد الالمنيوم في الهواء الخارجي مكون قشرة اوكسيدية رقيقة تحمي سطحه من الاستمرار في التأكسد ، ويقاوم الالمنيوم التآكل في ماء البحر والعديد من الحوامض والقواعد والصودا الكاوية والمواد الانشائية مثل الاسمنت والجص .[2]

ولسبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم) ذات نسبة مغنيسيوم عالية 10% حيث تزداد نسبة الشد والخضوع والصلادة مع ازدياد نسبة المغنيسيوم ، وبأضافة عنصر الزنك نحصل على سبيكة تمتاز بقابلية لحام وصقل وأنوده جيدة ، كما تمتاز بمقاومة عالية ضد التآكل في ماء البحر والمواد القاعدية والاجواء البحرية وتزداد هذه المقاومة مع ازدياد نسبة المغنيسيوم وعليه فأن سبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم) تستعمل لاغراض الاسلاك الكهربائية وتمتاز ايضا بمقاومة جيدة ضد التآكل بتأثر التغيرات الجوية ، وتستخدم هذه السبيكة في هياكل السيارات والسفن البرية والجسور والمسقفات . [2]

يعتبر ماء البحر من الاوساط العالية التآكل بسبب غنائها بالكلورايد Chloride والموصلية العالية للتيار الكهربائي ، أن موصلية ماء البحر هي (0.10) سيمنس لكل متر ، وعليه فأنها تعتمد على الايونات لذا فأن السبائك التي تستخدم في التطبيقات الهندسية تتعرض الى التآكل النقري والكلفاني ، وأن التآكل النقري يحدث عندpH لماء البحر بين (8.5 – 8) لذلك فأن pH تبقى مستقرة عند طبقة الاوكسيد مما يكسب الالمنيوم مقاومة جيدة في ماء البحر [3, 4] .

وقد تناول العديد من الباحثين دراسة سبيكة الالمنيوم حيث درس Rio de Janeiro في 2007 مقاومة تآكل لسبيكة الالمنيوم (7020-T6) في ماء البحر واكد انها تعتمد على طبيعة الطبقة الاوكسيدية وعلى درجة الحرارة ، وأشاراالى ان التآكل يتخذ أشكال مختلفة عند درجات حرارة مختلفة وهذا التأثير يتوقف على التركيب الكيميائي للفلز وطبيعة الوسط ، ويجب اختبار الحامضية pH وفق التركيب الكيميائي للفلز لان معدل التآكل يزداد في المحاليل الحامضية مما يسبب كسر طبقة اوكسيد الالمنيوم وعندها يستمر التآكل ، وأكد ان طبقة الاوكسيد تكون مستقرة عند pH يتراوح (4.5 – 8.5) [5].

أما الباحث Chin-Chin Chang في 2010 فقد تناول دراسة تأثير المعاملات الحرارية لسبيكة الالمينوم 7050 T6) (على الموصلية الكهربائية وعلى بعض الخواص الميكانيكية وقد أشار الى ان زمن التعتيق ودرجة الحرارة لهما دور كبير على الموصلية الكهربائية وان أفضل درجة هي 180°C وان زمن التعتيق هو 24 ساعة [6].

درس كلا من Shukry H. Aghdeab و Ahmed A. Abulwahhab في 2011 تأثير الموصلية الكهربائية على عمليات قطع المواد غير المعدنية ذات الصلادة العالية بالقوس الكهربائي وأكد ان المواد غير الموصلة تحتاج الى شرارات كهربائية عالية وتيار كهربائي عالي [7].

أما الباحث مصطفى خليل اسماعيل في 2011 فقد تناول دراسة تأثير المعاملات الحرارية على مقاومة التآكل لسبيكة ألمنيوم ($7020-T_6$) حيث اجريت معاملة محلولية عند 480°C والتبريد السريع بالماء اتبعها تعتيق صناعي عند درجة 180°C ولمدة (1 , 4) ساعة ، واكد ان معدل التآكل يزداد بزيادة زمن التعتيق بسبب الاطوار المترسبة [8].

درس الباحثين هاني عزيز و ماجد حميد في 2010 دراسة مقاومة التآكل لسبيكة من الالمنيوم 7020-T6 في ماء البحر تحت تأثير عدة متغيرات (درجة الحرارة و السرعة) :

حيث أجري اختبار التآكل الكهروكيميائي عند درجات حرارة °C(25 , 45 , 50) وسرع (1 , 2 , 3) متر/دقيقة في ماء البحر وتوصلا الى ان معدل التآكل يزداد بزيادة درجة الحرارة ويقل بزيادة السرعة [9].

اما الهدف من هذا العمل فهو دراسة تاثير المعاملات الحرارية لسبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسوم) (7020-T6) على التوصيل الكهربائي ومقاومة التاكل الكهروكيميائي في ماء البحر .

الجانب العملي :

1. **اختيار المعدن** : تم اختيار سبيكة (المنيوم – زنك – مغنيسيوم) ($7020-T_6$) وذلك لاستخدامها في عدد من التطبيقات الهندسية منها وسائط النقل البحرية ، وأن تحليلها الكيميائي مبين في الجدول رقم (2) .المنجز في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية باستخدام جهاز مطياف ARL .

جدول رقم (2): التحليل الكيميائي للسبيكة المستخدمة (T_6–7020)

العنصر	القيمة القياسية	القيمة الفعلية wt%
Si	0.35	0.121
Fe	0.40	0.290
Cu	0.20	0.200
Mn	0.05 – 0.5	0.0764
Mg	1 – 1.5	1.25
Cr	0.10 – 0.35	0.228
Zn	4 – 5	4.50
Ti	0.08	0.0319
Al	Balance	Balance

2. **تهيئة الصفائح للمعاملات الحرارية :** تم تقطيع صفائح من السبيكة بأبعاد 6 × 50 × 100 mm لغرض اجراء المعاملات الحرارية عليها .
3. **تصنيف عينات الاختبار :** بعد الانتهاء من عملية تقطيع الصفائح تم تصنيفها الى مجاميع وفق الجدول رقم (3) .

جدول رقم (3): تصنيف صفائح سبيكة 7020–T6

رمز العينة	A	B	C معاملة محلولية	D معاملة محلولية	E معاملة محلولية	F معاملة محلولية
الحالة	بدون تعامل حراري	معاملة حرارية محلولية	عملية تعتيق صناعي 180 C° لمدة ساعه	عملية تعتيق صناعي 180 C° لمدة ساعتين	عملية تعتيق صناعي 180 C° لمدة 3 ساعات	عملية تعتيق صناعي 180 C° لمدة 4 ساعات

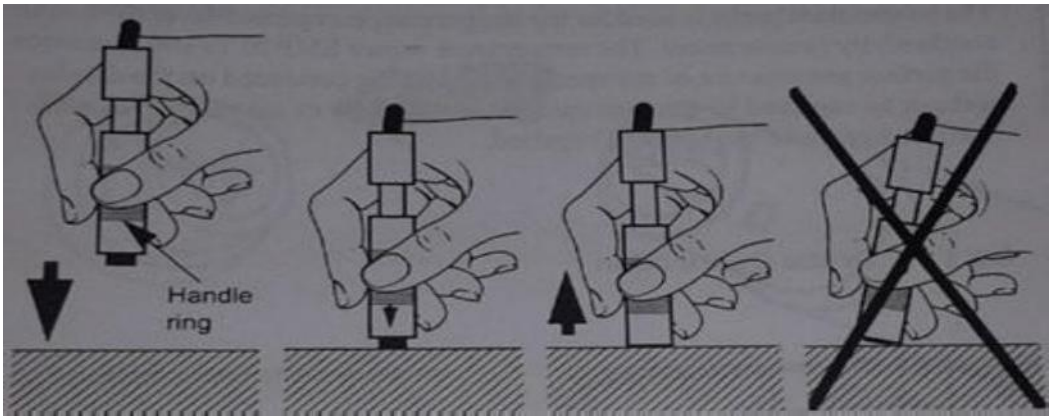
4. **المعاملات الحرارية :** تم اجراء معاملة حرارية محلولية على جميع الصفائح في الجدول رقم (3) تضمنت تسخينها الى 500℃ ولمدة ساعة ثم التبريد السريع بالماء بعدها تم اعادة تسخين العينات الى درجة 180℃عند فترات زمنية (4–3–2–1 ساعة) لغرض اجراء التعتيق الصناعي .

<u>الفحوصـــات والاختبـــارات :</u>

أ. **فحص الموصلية الكهربائية :**

تم قياس الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity في المعهد المتخصص للصناعات الهندسية وظهرت النتائج كما مبين في الجدول رقم (4) وفق الخطوات الاتية :

1. التنظيف الخارجي لصفائح السبيكة من الاتربة والدهون .
2. تسخين صفائح السبيكة الى درجة 20°C ، حيث يحتوي الجهاز على متحسس حراري لقياس درجة حرارة العينة .
3. وضع مجس الجهاز Probe بتأنٍ وبشكل عمودي على العينة ، وعدم تحريك المجس على سطح العينة كما في الشكل رقم (1) .
4. رفع المجس بما لا يقل عن 5cm عن العينة قبل البدء بقياس الموصلية الكهربائية لعينة أخرى .
5. تم قياس الموصلية الكهربائية بأستخدام جهاز رقمي نوع SIGMASCOPE, SMP10 ألماني المنشئ .



شكل رقم (1): طريقة وضع المجس على صفيحة السبيكة

جدول رقم (4): قياس الموصلية الكهربائية لصفائح سبيكة 7020-T6

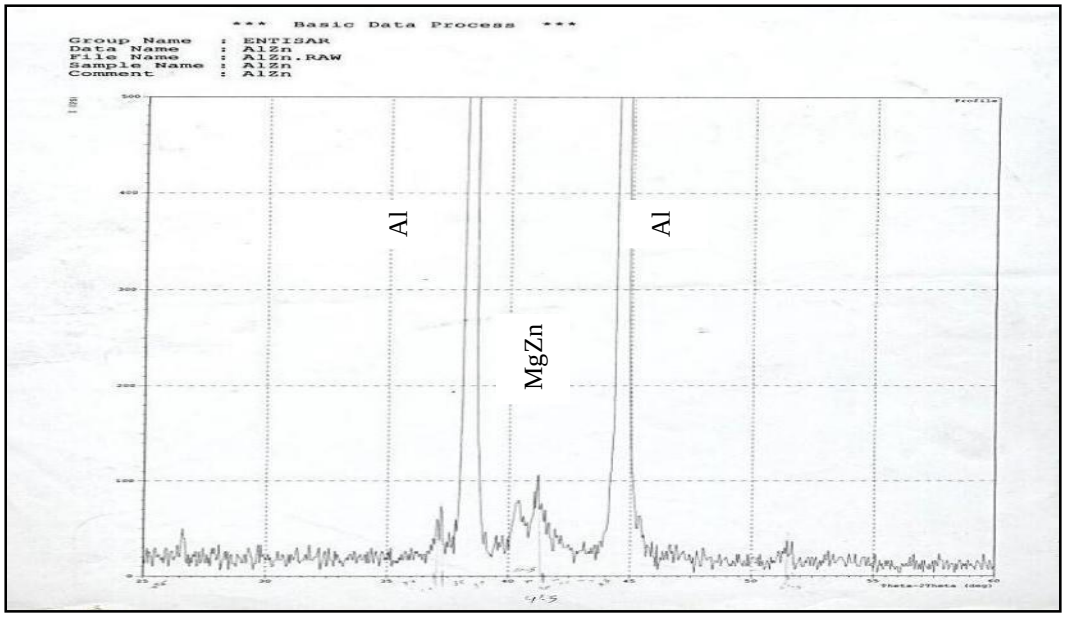
رمز العينة	A	B	C	D	E	F
القيمة µS/m	31.9	31.6	31.9	32.0	32.2	32.4

ب. اختبار الاشعه السينية X-ray diffraction :

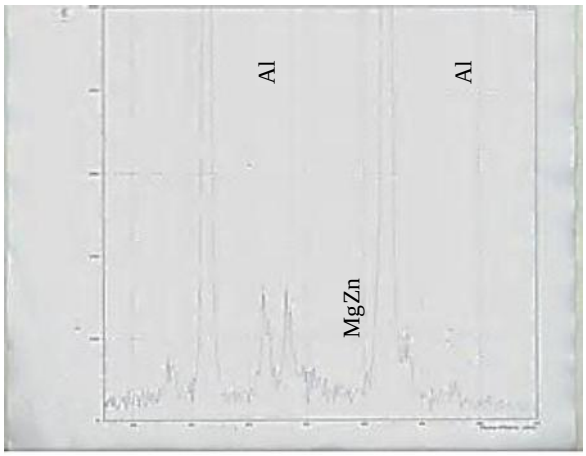
اجري اختبار الاشعه السينية على مجموعة العينات في الجدول رقم (3) بواسطة جهاز حيود الاشعة السينية x-ray diffraction وان نتائج الفحص مبينة في الجدول رقم (5) ، والشكل رقم (2) يبين مخططات حيود الاشعة .

جدول رقم (5): نتائج حيود الاشعة السينية

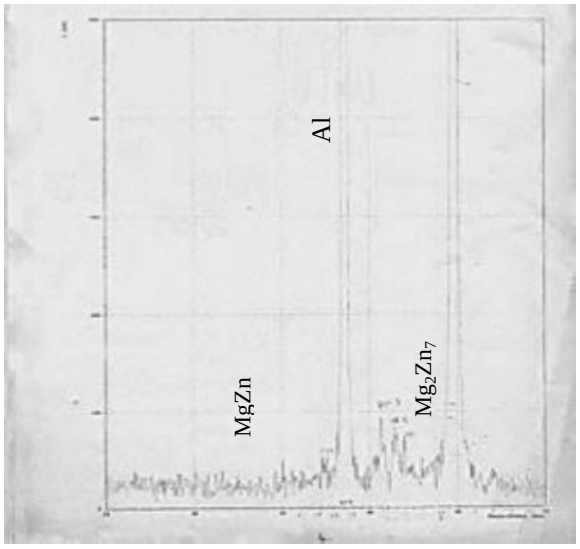
رمز العينة	A	B	C	D	E
الطور	$MgZn_2$	Mg_2Zn_4	Mg_4Zn_7	Mg_7Zn_3	Mg_7Zn_3 + $MgZn_2$



العينة A



العينة C



العينة D

الشكل رقم (2): مخططات حيود الاشعة x-ray لبعض العينات في الجدول رقم (3)

ج. اختبار البنية المجهرية :

تم اجراء فحص البنية المجهرية على العينات المبينة في الجدول رقم (3) وتضمن الفحص الخطوات التالية :

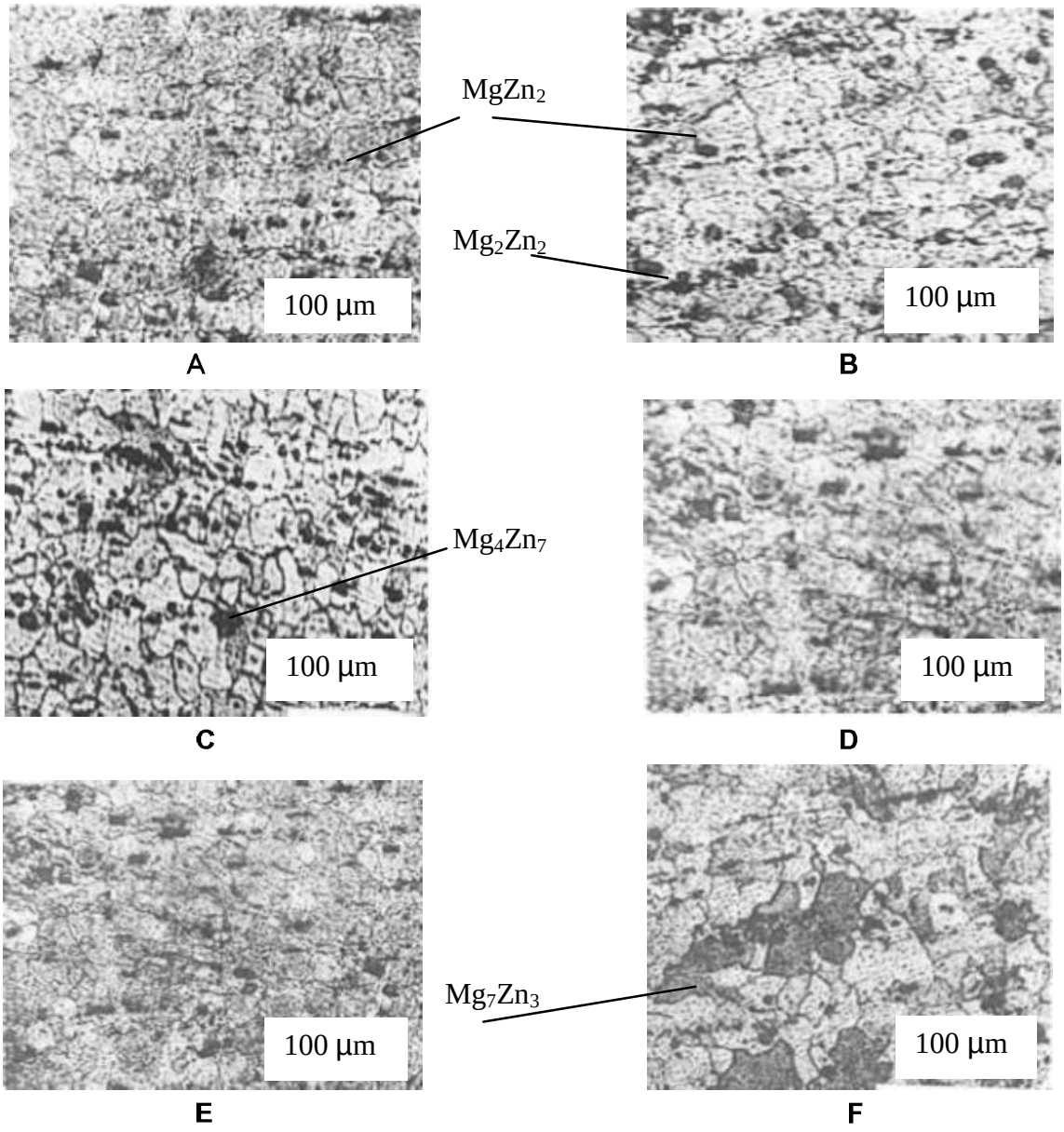
1- تنعيم العينات باستخدام ورق تنعيم بدرجات (200 – 320 – 500 – 800 – 1000) وبأستخدام الماء .

2- صقل العينات بواسطة قماش صقل مع مساعد صقل الومينا بحجم حُبيبي 0.2 مايكرون .

3- معاملة محلولية للسطح باستخدام محلول الاظهار [2.5% NaCl + 8.7% Na_2SO_3 + 11.92% Na_2CO_3] والباقي ماء مقطر .

4- تصوير البنية المجهرية باستخدام مجهر ضوئي حاسوبي متطور من شركة MTJ .

والشكل رقم (3) يبين صور البنية المجهرية للعينات .



الشكل رقم (3): صور البنية المجهرية للعينات في الجدول رقم (3)

اختبار التآكل : تم اجراءه وفق الخطوات التالية :

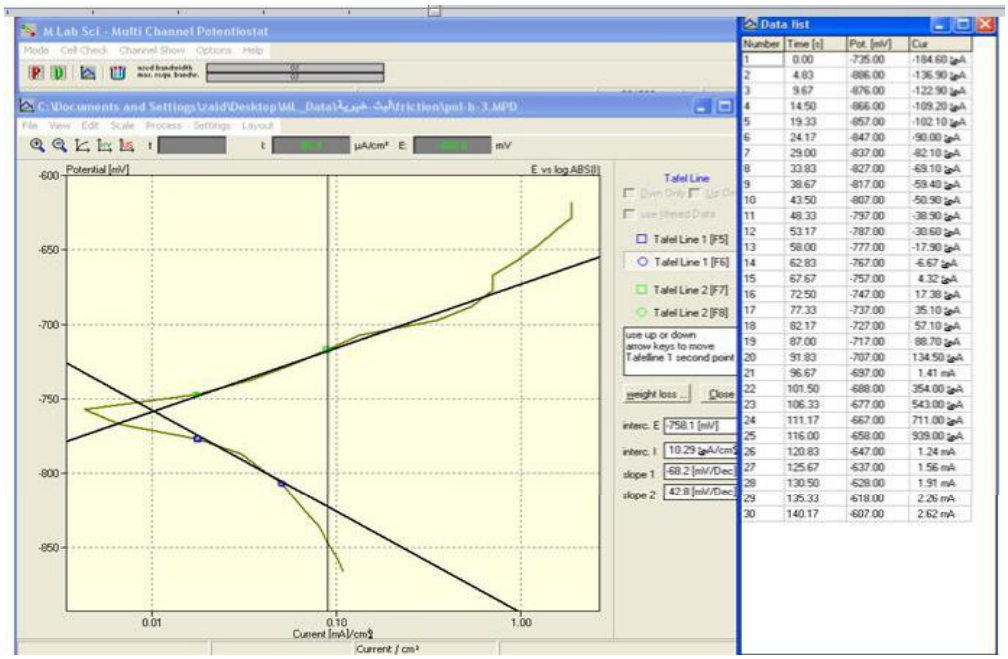
- تصنيع عينات اختبار التآكل : حيث تم تصنيع عينات اختبار التآكل من الصفائح المبينة في الجدول رقم (3) بأبعاد Cm(0.2 × 1.5 × 1.5) وفق المواصفة القياسية (G71 – 31 ASTM) .
- تهيأة محلول التآكل : حيث تم تحضير ماء البحر كوسط تآكل بأذابة 35 غرام من ملح الطعام NaCl في لتر واحد من ماء مقطر ، ثم قياس نسبة الحامضية باستخدام pH meter وقد وجد انها تساوي (6.8) وثم قياس الموصلية الكهربائية لماء البحر ووجد انها تساوي (17.8) سيمنز/متر وتركيز الاملاح تساوي (1 ppm).
- اجراء اختبار التآكل باستخدام جهاز المجهاد الساكن (potentiostat) نوع (Mlab200 Bank Elec.) ألماني المنشأ عند معدل سرعة تساوي 3mV/sec باستعمال الخلية الكهروكيميائية الموضحة بالشكل رقم (4) ، وتسجل قراءات التيار عند كل 10mVعند مدى ±100mV وان النتائج مبينة في الجدول رقم (6).

الشكل رقم (4): الخلية الكهروكيميائية

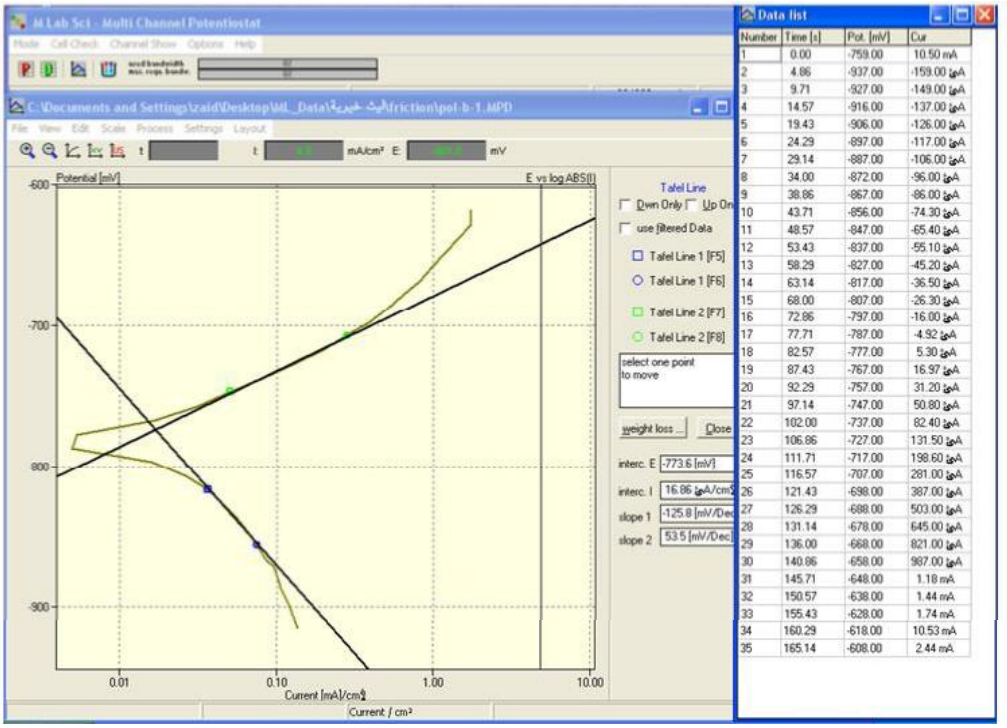
جدول رقم (6): بيانات اختبار التآكل لعينات سبيكة 7020-T6

Sample	E_{core} mV	i_{core} µA/cm^2	Corrosion rate Mpy
A	-758	10.29	4.42
B	-773.6	16.86	7.25
C	-790.6	24.4	10.49
D	-876.5	29.12	12.52
E	-793.9	41..81	17.97
F	-794.4	63.38	27.25

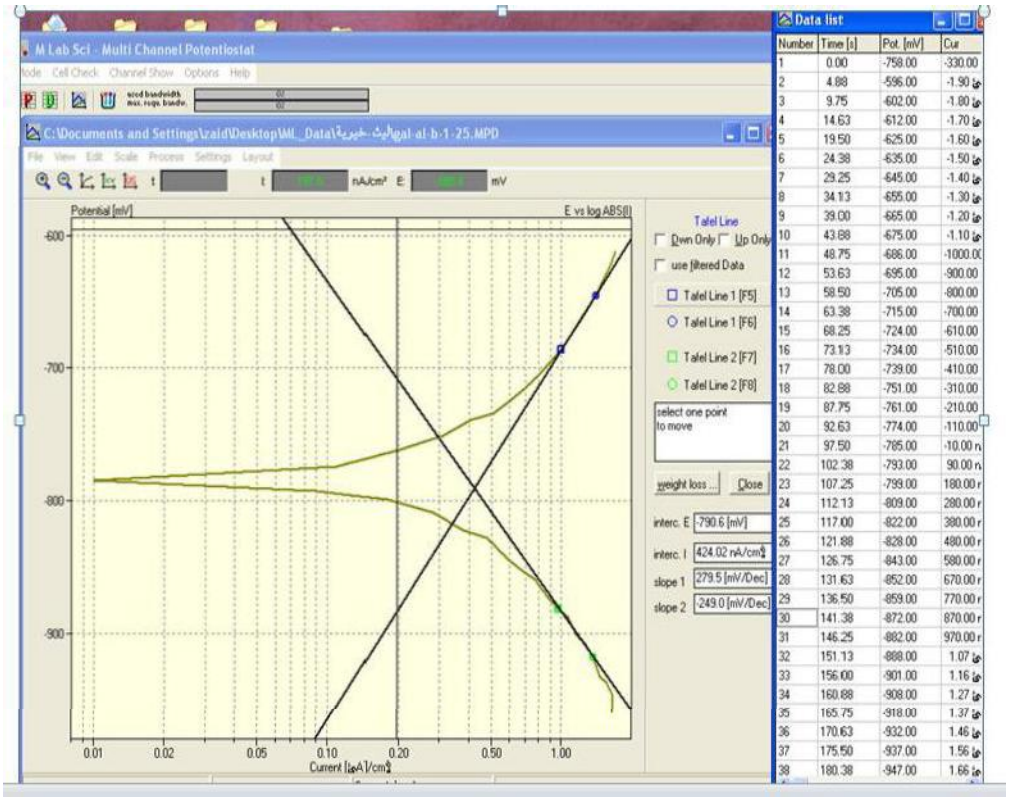
والشكل (5) يوضح منحنيات الاستقطاب لكافة مجاميع عينات سبيكة AA7020-T6 في الجدول رقم (3)


M Lab Sci - Multi Channel Potentiostat
Data list
Potential [mV]
E vs log ABS(I)
Tafel Line
Current [mA]/cm²
Current / cm²

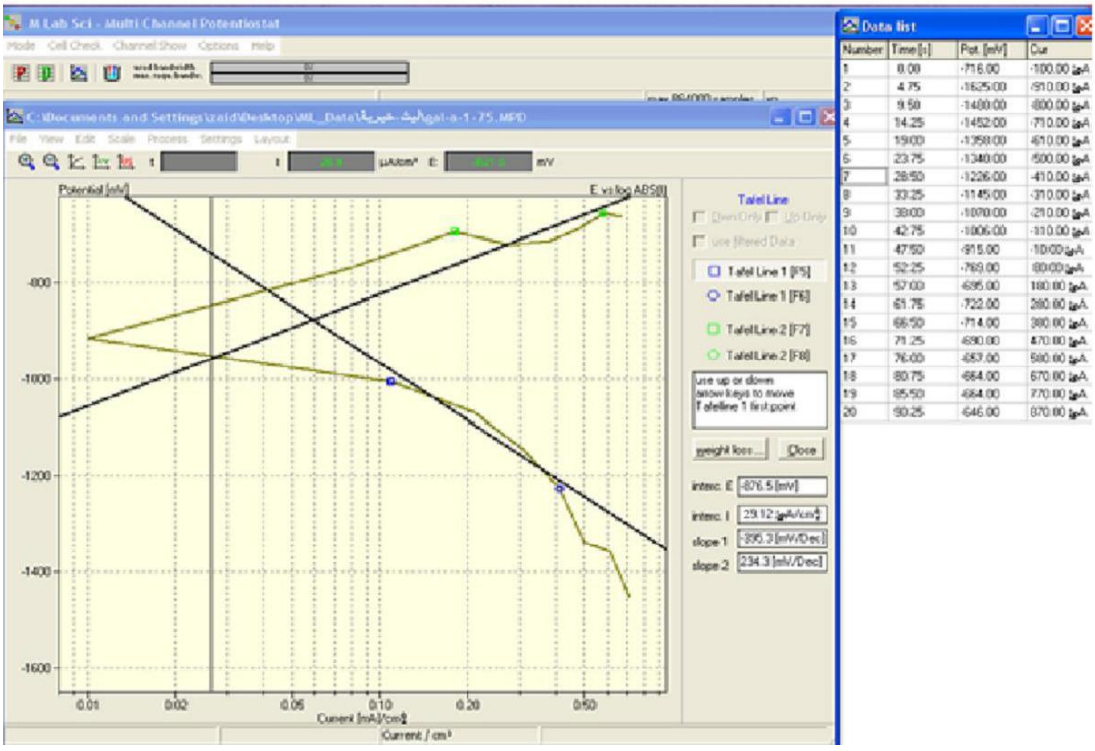
عينة A


M Lab Sci - Multi Channel Potentiostat
Data list
Potential [mV]
E vs log ABS(I)
Tafel Line
Current [mA]/cm²
Current / cm²

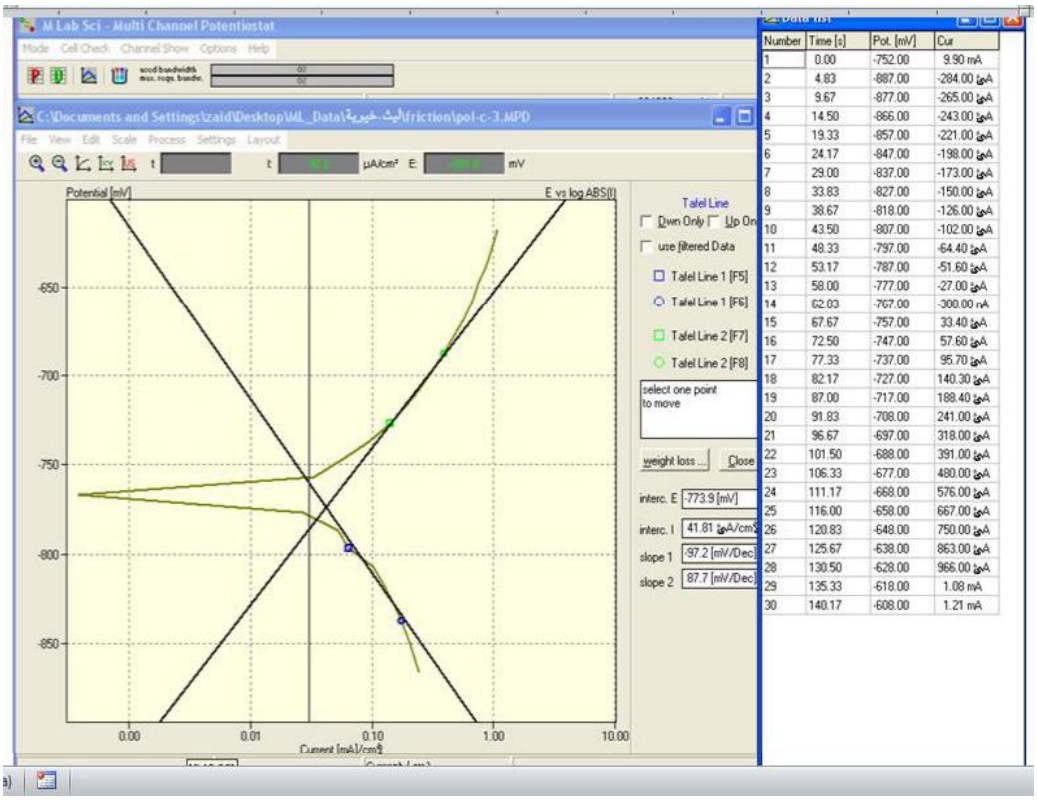
عينة B


M Lab Sci - Multi Channel Potentiostat
Data list
Potential [mV]
E vs log ABS(I)
Tafel Line
Current [µA/cm²]

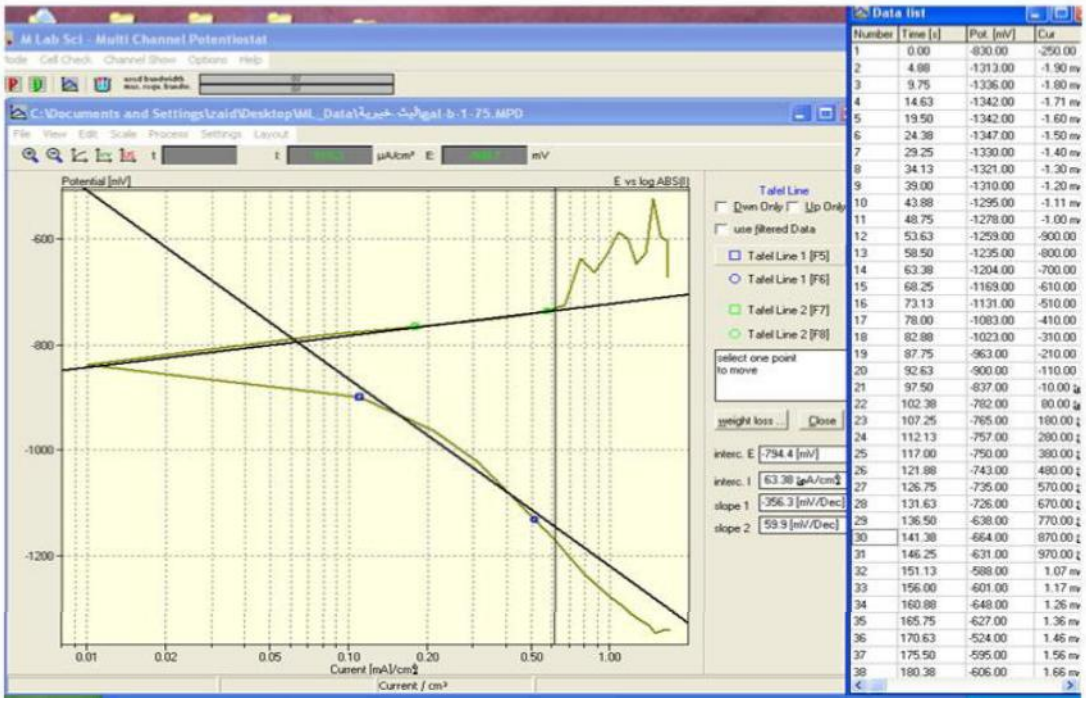
عينة C


M Lab Sci - Multi Channel Potentiostat
Data list
Potential [mV]
E vs log ABS(I)
Tafel Line
Current [mA/cm²]

عينة D



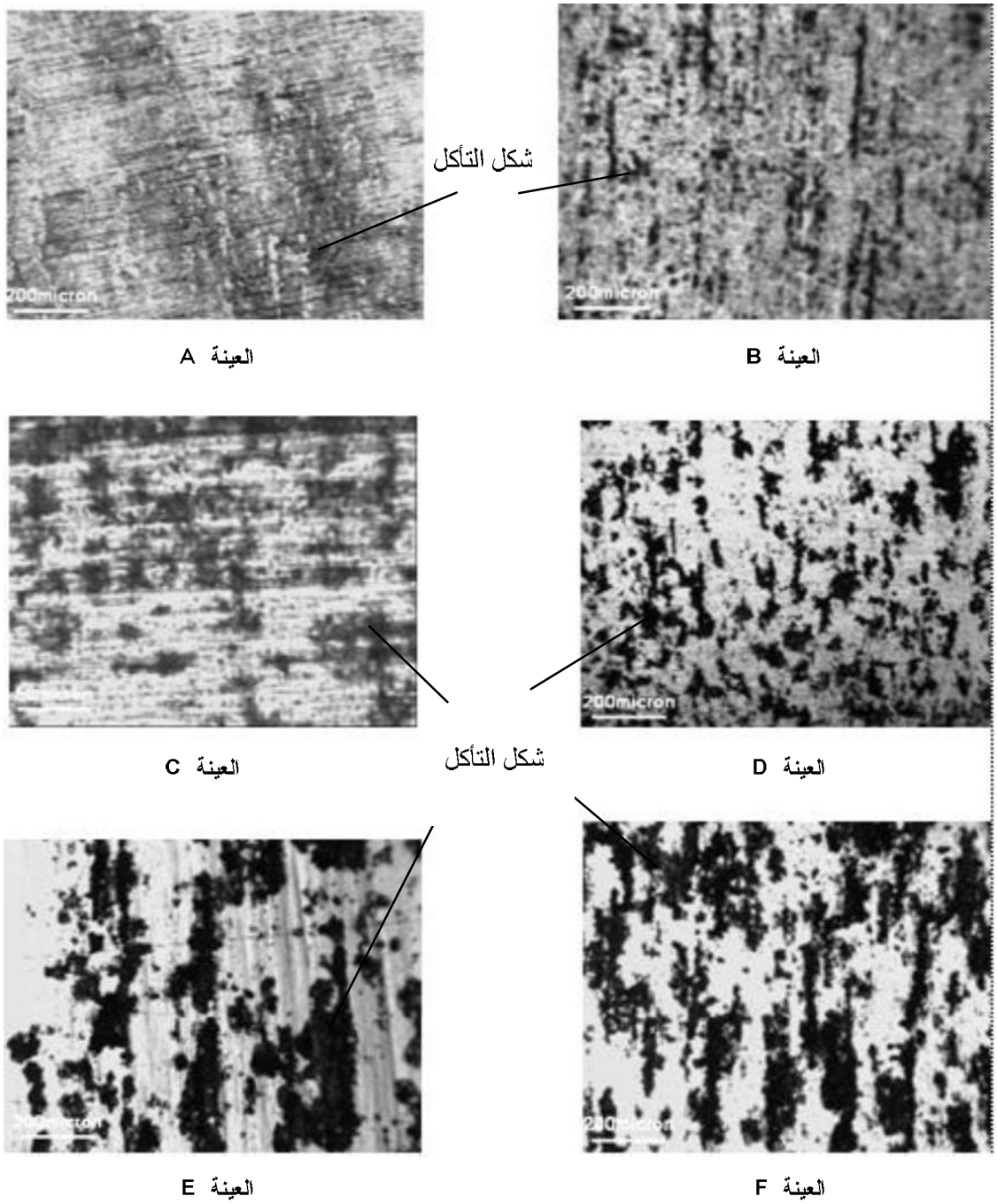
عينة E



عينة F

الشكل رقم (5) منحنيات الاستقطاب لعينات سبيكة AA7020-T6

وبعد الانتهاء من اختبار التآكل الكهروكيميائي تم تصوير سطح العينات باستخدام مجهر ضوئي مزود بكاميرا للتعرف على تاثير التآكل على السطح وان صور التآكل موضحة بالشكل رقم (6)



الشكل رقم (6): صور التآكل لكافة مجاميع العينات في الجدول رقم (3)

المنـاقشـــة :

جدول رقم (4) يوضح نتائج الموصلية الكهربائية لكافة مجاميع العينات المبينة في الجدول رقم (3) حيث نلاحظ ان المعاملة الحرارية المحلولية لسبيكة المنيوم – زنك – مغنيسيوم ($7020-T_6$) عند درجة حرارة 500°C والتعتيق الصناعي بأزمنة مختلفة وعند درجة حرارة ثابتة 180°C ساهما في زيادة الموصلية الكهربائية حيث يتم في مراحل التعتيق الاولى تجهيز الطاقة لنويات المخلوط المترسب والغني بالفراغات وخاصة عند الحدود الحبيبية وكذلك تسمح بترسيب اعداد كبيرة من النوى وبأنصاف اقطار مختلفة .

ومن الجدول رقم (2) الذي يمثل التركيب الكيميائي للسبيكة وجد ان الزنك – والمغنيسيوم هما العناصر الرئيسية في السبيكة وان للزنك معدل انتشار عالي في درجة الحرارة الاعتيادية وقابلية ذوبان منخفضة في الالمنيوم مسببة تكوين MgZn بحدود حبيبة طويلة ، ان عملية الاذابة والانتشار تزداد عند زيادة زمن التعتيق مكونة اطوار اضافية هي $Mg_2Zn_7, Mg_3Zn_4, MgZn_2$ ومبينة بالجدول رقم (5) والشكل رقم (2) ، وهذا ينعكس على مقاومة التآكل التي تقل عند زيادة زمن التعتيق حيث ان كمية الاطوار المترسبة والتي تسلك سلوكا انوديا وان نشوء ونمو نقر التآكل تحدث عند ترسب الطور $MgZn_2$ وكما مبين في صور التآكل في الشكل رقم (6) وهذا يتفق مع ماتوصل له الباحث في المصدر[3]

ومن الجدول رقم (6) وجد ان العينة A اعطت اقل تآكل بينما اعطت العينة F اعلى معدل تآكل وان الشكل رقم (5) الذي يمثل السلوك الكاثودي والانودي لعينات التاكل حيث ان زيادة زمن التعتيق يعمل على زيادة الجهد الكهربائي للتاكل بالاتجاه السالب وهذا يعني ان مقاومة التاكل تقل بسبب ترسيب الاطوار الوسطية ومركباتها اذ يلاحظ ان زيادة زمن التعتيق المسخن الى درجة حرارة معينة فان عملية ترسيب الاطوار لها زمن كافي لحدوث الطاقة الحركية للأطوار المترسبة اذ يولد بنية مجهرية مختلفة وعليه فان زيادة زمن التعتيق سبب في زيادة كثافة تيار التاكل وهذا يتفق مع ماجاء به الباحثين في المصدر[9,8]وعند مقارنة كثافة التيار لعينات المجموعة A اعطت مقاومة افضل من باقي عينات المجموعة من الجدول رقم (3) وان افضل زمن تعتيق اعطته العينة C .

الاستنتاجات :

1- ان معدل التآكل يتناسب تناسبا طرديا مع الموصلية .
2- زيادة زمن التعتيق ساهم في زيادة معدل التآكل .
3- ان المعاملات الحرارية بصورة عامة لها تأثير مهم في تقليل مقاومة التآكل لسبيكة 7020- T6 .

المصـــادر :

1 – د. اسعد عبد المجيد الاوسي وأخرون ، *" الدوائر والقياسات الكهربائية "* ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، هيئة المعاهد الفنية ، ط2 ، دار الكتب للطباعة والنشر / جامعة الموصل . 1991

2 – د. قحطان خلف الخزرجي ، *"علم المواد الهندسية"* ، دجلة ، الطبعة 1 ، 2010 ، الاردن .

3 - Wojcirech, Jarezak – " Faculty of Mechanism and Electrics Influence of the Heat treatment in the electro chemical corrosion of Al-Zn-Mg alloys , revised 2p81 – 103 Glymiapolemd , October 1991 .

4 - L. E. Vmoru and O. O. Ige" Effects of Tin on Aluminum – Zink – Magnesium Alloy as sacrificial anode in sea water " *Journal of Minerals and Matures characterization and Engineering* Vol. 7 . No 2 , P. 105 – 113 , 2007 .

5 - Rio de Janeiro, "Localized corrosion of 7xxx - T7 Aluminum Alloys in chloride media" *international and congress of the ABM* , January , p. 24 -27,2007

6 - Chin – Chun , Ji – Gang "optimization of Heat Treatment parameters with the Taguchi method for the Al7050 Aluminum alloy" , *IACSIT International of Engineering and Technology* Vol.2 , No 3 , June 2010 ISSN : 1793 – 8236

7 - D. Shukry H. Aghdeab& D. Ahmed A. Abudulwahab "Study the Effect of Electrical current on Averages surface Roughness of Borosilicate Glass a EDM Machining and Comparison using Mat lab Program " , *Eng& Tech . Journal* ,Vol. 29 No.6 . 2011

8 – مصطفى خليل اسماعيل ، " دراسة تأثير المعاملات الحرارية على مقاومـة التآكل في سبيكـة المنيوم (020–T6)" *Eng& Tech , Journal* , Vol. 29 , No.8 . 2011

9 – د. هاني عزيز ، د. ماجد حميد ، دراسة " مقاومة التآكل لسبيكة الالمنيوم (7020–T6) في ماء البحر تحت تأثير متغيرات (درجة الحرارة والسرعة) ، *المؤتمر العلمي لهيئة التعليم التقني* ، النجف ، 2010 .