



كلية الهندسة - جامعة بغداد

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

جمعية كليات الهندسة
اعضاء اتحاد الجامعات العربية

تأثير معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق على صلادة ومقاومة الشد والبنية المجهرية لسبيكة الألمنيوم 7075

محمد يحيى النيفاوي^{1*}، فؤاد ضحية²¹ قسم هندسة التصميم والإنتاج، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة البعث، حمص، سوريا، yahya.nefawy@gmail.com² قسم هندسة التصميم والإنتاج، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة البعث، حمص، سوريا.

* الباحث الممثل: محمد يحيى النيفاوي E-mail: yahya.nefawy@gmail.com

نشر في: 30 حزيران 2021

الخلاصة – تحسن معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق الحرارية (RRA) مقاومة الشد لسبائك الألمنيوم. في هذا البحث لدراسة تأثير درجة حرارة وزمن عملية الإرجاع على صلادة ومقاومة الشد والبنية المجهرية لسبيكة الألمنيوم 7075 تم تطبيق معالجات الإرجاع في درجات حرارة مختلفة هي 180 °C, 240 °C , 370 °C لفترات زمنية مختلفة هي 30 min, 90 min، وقد وصلت السبيكة لأعلى صلادة ومقاومة على الشد لها والتي بلغت على التوالي 165 HB, 586 MPa عند الإرجاع في الدرجة 180 °C لمدة 30 min. وأدت معالجة RRA لسبيكة الألمنيوم 7075 لترسيب أطوار أنعم وأكثر تجانس وكثافة بالمقارنة مع معالجة T6.

الكلمات الرئيسية – " سبيكة الألمنيوم عالية المقاومة 7075 "، " الإرجاع وإعادة التعتيق "، " صلادة "، " مقاومة الشد "، " بنية مجهرية "، " حيود الأشعة السينية "

1. المقدمة

سبائك السلسلة 5xxx بمقاومة ممتازة للتآكل لذلك تستخدم في صناعة السفن، أما سبائك السلسلة 6xxx فتتمتع بقابلية ممتازة للتشكيل بالبتق لذلك تصنع منها المنتجات المتعددة ذات المقاطع المختلفة بالبتق، أما سبائك الألمنيوم من السلسلة 7xxx وهي من السبائك عالية المقاومة فتستخدم في الصناعات الفضائية والجوية على وجه الخصوص بسبب كثافتها المنخفضة ومقاومة الشد العالية لها أي أنها ذات متانة نوعية عالية [11]، تعتبر سبائك السلسلة 7XXX من سبائك الألمنيوم القابلة للمعالجة الحرارية بالتعتيق الاصطناعي وتأتي المقاومة العالية لسبيكة الألمنيوم 7075 بفعل مناطق Guinier – Preston (GP) ورواسب الطور شبه المستقر η(MgZn₂) الغني بالمغنيزيوم والزنك [5]

2. الدراسات السابقة

تتغير خواص سبيكة الألمنيوم 7075 وبنيتها المجهرية والأطوار المتشكلة باختلاف نوع المعالجة الحرارية المطبقة ومتغيرات هذه المعالجة، حيث درس الباحثان A. Ghosh and M. Ghosh تأثير زمن معالجة المجانسة على البنية المجهرية والأطوار المتشكلة وخواص سبيكة الألمنيوم 7075 [1]. وقد درس الباحث F. Viana وزملاؤه تأثير المعالجات الحرارية المختلفة كالتعتيق الطبيعي، والتعتيق الاصطناعي T6، والإفراط في التعتيق T7، والإرجاع بعد التعتيق، والإرجاع وإعادة التعتيق RRA على البنية المجهرية والأطوار المترسبة لسبيكة الألمنيوم 7075 [4]. بينما درس الباحثان Mavropoulos and Skolianos تأثير هذه المعالجات الحرارية المختلفة على سلوك تآكل سبيكة الألمنيوم 7075 [2]. كما درس الباحثان Özer and Karaaslan تأثير متغيرات معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق RRA على البنية المجهرية والأطوار المترسبة وعلى مختلف أنواع التآكل لسبيكة الألمنيوم 7075 [6].

إن مقاومة سبيكة الألمنيوم 7075 على الشد تبلغ قيمتها العظمى عند تطبيق المعالجة الحرارية T6 حيث تعرض السبيكة لمعالجة حرارية محلولية في درجة حرارة بين 460 °C و 490 °C لفتره زمنية بين 35 min و 60

ينتشر فلز الألمنيوم في صخور الأرض بنسبة تفوق كل الفلزات الأخرى، فهو يمثل نحو 8% من القشرة الأرضية، والألمنيوم معدن ذو لون أبيض فضي، وزنه خفيف جداً فوزنه النوعي (2.7 gm/Cm³)، أي ما يعادل ثلث الوزن النوعي للفولاذ، وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء إذ تبلغ موصليته ثلثي موصلية النحاس، إلا أنه معدن قساوته منخفضة لا تتعدى (40 HB) ومقاومته على الشد لا تزيد عن (90 N/mm²) ولهذا فإن معظم التطبيقات والمجالات التي نستخدم فيها الألمنيوم يكون في صورة سبائك سبائك بإضافة عناصر سبائكية للألمنيوم، وإن العناصر السبائكية الأساسية التي تضاف للألمنيوم هي: النحاس Cu، والمغنيزيوم Mg، والمنغنيز Mn، والسيلكون Si، والزنك Zn، ونحصل بإضافة هذه العناصر للألمنيوم على سبائك الألمنيوم الأساسية والتي ترقم حسب جمعية الألمنيوم Aluminum Association كما يلي [5]:

1xxx	الألمنيوم النقي (99.0% أو أكثر نقاوة)
2xxx	سبائك الألمنيوم - نحاس
3xxx	سبائك الألمنيوم - منغنيز
4xxx	سبائك الألمنيوم - سيليكون
5xxx	سبائك الألمنيوم - مغنيزيوم
6xxx	سبائك الألمنيوم - مغنيزيوم - سيليكون
7xxx	سبائك الألمنيوم - زنك
8xxx	سبائك الألمنيوم - عناصر أخرى

تتميز كل سلسلة من هذه السلاسل بخاصية تميزها عن باقي السلاسل كالموصلية الكهربائية الممتازة التي تتمتع بها سبائك السلسلة الأولى 1xxx لذلك تستخدم في التطبيقات الكهربائية، والمقاومة العالية جداً كسبائك السلسلتين 2xxx و 7xxx وتستخدم بكثرة في صناعة أجزاء ومكونات الطائرات، أما السلسلة 3xxx فتتمتع بقابلية تشكيل وتوصيل حراري فتستخدم في تصنيع علب المشروبات الغازية والمبادلات الحرارية، وتتمتع



الشكل 1: الفرن الكهربائي المستخدم في المعالجات الحرارية

4. النتائج والمناقشة

تم إجراء اختبارات على العينات المعالجة حرارياً بمختلف الحالات لدراسة تأثير درجات حرارة وأزمنة معالجة الإرجاع على خواص سبيكة الألمنيوم 7075.

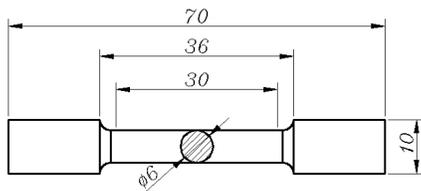
4.1 دراسة خواص الشد

تم إجراء اختبار الشد في مختبر خواص المواد في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة البعث وفق المواصفة ASTM-B557 عن طريق جهاز الاختبار TINIUS OLSEN H25KS المبين في الشكل 2، تم الاختبار في درجة حرارة الغرفة وبسرعة 25 mm/min وبقوة مطبقة مقدارها 500 KN ويظهر في الشكل 3 أبعاد عينة الشد المختبرة التي تم الحصول عليها من السبيكة بعد عمليات التشغيل الميكانيكي المناسبة (خراطة)، وقد تم تطبيق المعالجات الحرارية على العينات بعد انتهاء عمليات التشغيل.

يظهر في الشكل 4 تغيرات مقاومة الشد لسبيكة الألمنيوم 7075 بتغير درجة حرارة وزمن معالجة الإرجاع ومقارنتها مع مقاومة السبيكة 7075 عند تطبيق معالجة T6، يمكن أن نلاحظ بأن مقاومة الشد تنخفض بزيادة زمن معالجة الإرجاع، حيث ومن أجل مختلف درجات حرارة الإرجاع كانت قيم مقاومة الشد للسبيكة عند الإرجاع لمدة 90 min أقل منها عند الإرجاع لمدة 30 min أي أن زيادة زمن الإرجاع قد أدى لانخفاض مقاومة الشد لسبيكة الألمنيوم 7075.



الشكل 2: جهاز اختبار الشد المستخدم



الشكل 3: أبعاد عينة الشد بـ mm

min ثم تسقى سريعاً في الماء، ثم يطبق التعتيق الاصطناعي في درجة الحرارة 120°C لمدة 24 ساعة [13]، لكن في هذه الحالة وبعد تطبيق معالجة T6 ستكون السبيكة عرضة للتآكل المحلي كتآكل التقشر والتآكل بين الحبيبات وتآكل التشقق الإجهادي. لذلك عادة ما تطبق المعالجة T73 لتحسين مقاومة التآكل للسبيكة ولكن ذلك يتم على حساب مقاومة سبيكة الألمنيوم على الشد والتي تنخفض بحدود 10 إلى 15% [8,7].

في حين أن معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق RRA التي طورها Cina في عام 1974 تؤمن بزيادة كل من مقاومة السبيكة على الشد ومقاومتها للتآكل وفي هذه المعالجة تعرض سبيكة الألمنيوم للتعتيق الاصطناعي ثم لإرجاع ثم لإعادة التعتيق، وبفعل هذه المعالجة سيكون هناك تغير في حجم وتوزيع الحبيبات وأشكال الرواسب وتركيبها الكيميائي الموجودة في الحبيبات وعلى حدودها [3].

وسيتم في هذا البحث دراسة تأثير تغير درجة حرارة وزمن عملية الإرجاع في معالجة RRA على صلادة ومقاومة الشد والبنية المجهرية لسبيكة الألمنيوم عالية المقاومة 7075.

3. منهجية البحث

كانت سبيكة الألمنيوم 7075 المستخدمة في البحث على شكل لوح بسماكة 4.5 cm، ويبين الجدول 1 التركيب الكيميائي القياسي والتجريبي (الناتج بعد تحليل السبيكة 7075 بجهاز التحليل الطيفي السبكترومتر).

الجدول 1: النسب الوزنية للعناصر في السبيكة 7075

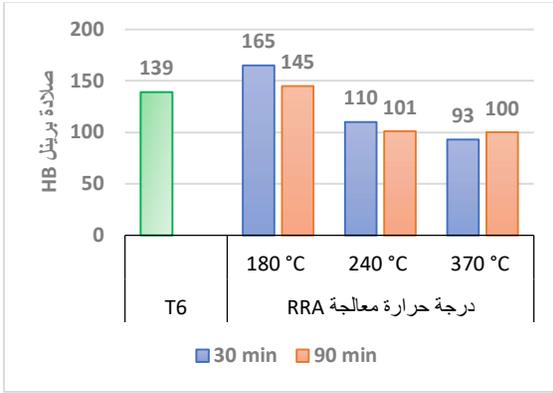
العنصر	التركيب القياسي	التركيب التجريبي
السيليكون Si	< 0.4	0.085
التيتانيوم Ti	< 0.2	0.05
الكروم Cr	0.18-0.28	0.18
الحديد Fe	< 0.5	0.17
النحاس Cu	1.2-2	1.8
المغنسيوم Mg	2.1-2.9	2.35
المنغنيز Mn	< 0.3	0.01
الزنك Zn	5.1-6.1	5.8
الألمنيوم Al	Bal.	Bal.

أستخدم الفرن الكهربائي المبين في الشكل 1 لتطبيق المعالجات الحرارية على العينات، حيث تم تطبيق المعالجة الحرارية المحلولة في درجة الحرارة 450°C لمدة ساعتين، ثم تمت سقاية العينات بماء في درجة حرارة الغرفة، ثم تم تطبيق معالجة التعتيق الاصطناعي T6 في درجة الحرارة 120°C لمدة 24 ساعة، ثم تم تطبيق معالجات الإرجاع في درجات حرارة مختلفة هي 180°C , 240°C , 370°C لفترات زمنية مختلفة هي 30 min و 90 min، وقد تم اختيار قيم متغيرات معالجة الإرجاع بحيث تقع ضمن المجال المنصوح به في الدراسات المرجعية وبحيث تغطي القيم الصغيرة والمتوسطة والكبيرة [3]، وأخيراً وبعد معالجات الإرجاع تمت إعادة التعتيق في درجة الحرارة 120°C لمدة 24 ساعة، ويبين الجدول 2 المعالجات الحرارية المطبقة ومتغيراتها.

الجدول 2: متغيرات المعالجات الحرارية المطبقة

الزمن	درجة الحرارة	
2 hour	450°C	1- معالجة حرارية محلولة
24 hour	120°C	2- تعتيق اصطناعي T6
30 min 90 min	180°C 240°C 370°C	3- إرجاع
24 hour	120°C	4- إعادة التعتيق الاصطناعي

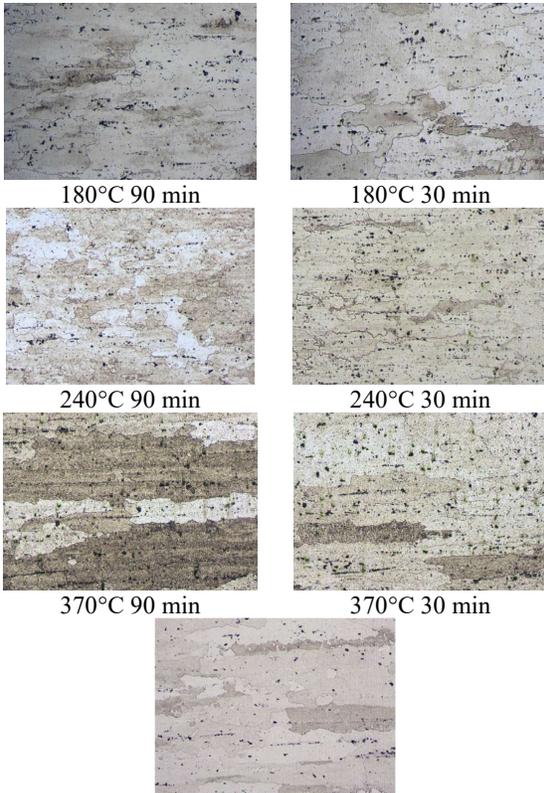
أن مناطق Guiner-Priston (GP) التي تكون متماسكة بشكل كامل مع السبيكة الأساس تعطي الصلادة المرتفعة للسبيكة، إن مناطق GP المتشكلة في البنية المجهرية للسبيكة 7075 بعد التعتيق الاصطناعي ستنوب بفعل تأثير معالجة الإرجاع، لذلك وبانحلال هذه المناطق بسبب زيادة درجة حرارة أو مدة معالجة الإرجاع ستتخفض قيم الصلادة ومقاومة الشد.



الشكل 6: تغير صلادة برينل للسبيكة 7075 بتغير درجة حرارة وزمن معالجة الإرجاع

4.3 دراسة البنية المجهرية

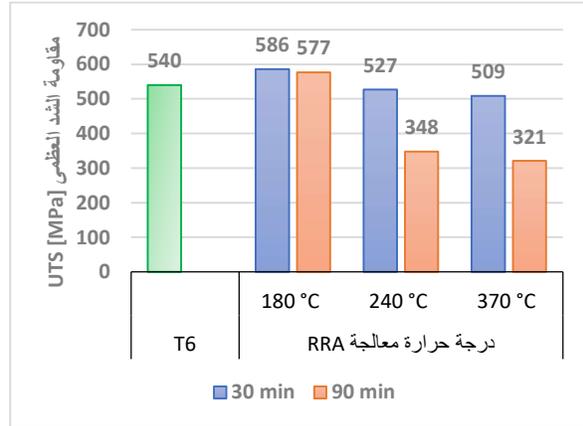
إن تأثير معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق على مقاومة الشد للسبيكة 7075 يتعلق بتكوينات البنية المجهرية، وللحصول على الصور المجهرية الضوئية المبينة في الشكل 7 لسبيكة الألمنيوم 7075 بعد تطبيق معالجة RRA بدرجات حرارة وأزمنة مختلفة وفق المواصفة ASTM-E3 تم استخدام المجهر الضوئي B-353 Met Optika وبمقدار تكبير 200X.



T6

الشكل 7: الصور المجهر الضوئي لعينات من سبيكة الألمنيوم 7075

كما يمكن أن نلاحظ أيضاً بأن زيادة درجة حرارة معالجة الإرجاع قد أدى لانخفاض مقاومة الشد للسبيكة، وقد انخفضت مقاومة الشد عند زيادة زمن أو درجة حرارة معالجة الإرجاع بنتيجة انحلال مناطق GP. وكانت أعلى قيم مقاومة الشد لسبيكة الألمنيوم 7075 عند الإرجاع في درجة حرارة 180°C لمدة 30 min وبلغت 586 MPa وهي أعلى من مقاومة السبيكة عند تطبيق المعالجة T6، بينما كانت أقل قيم مقاومة الشد عند درجة حرارة إرجاع 370°C لمدة 90 min وبلغت 321 MPa.



الشكل 4: تغير مقاومة الشد للسبيكة 7075 بتغير درجة حرارة وزمن معالجة الإرجاع

4.2 دراسة الصلادة

تم إجراء اختبار الصلادة وفق المواصفة ASTM-E10 بواسطة جهاز قياس صلادة برينل من نوع ERNSL طراز NR3 DR المبين في الشكل 5، برأس قياس كروي بقطر 2.5 mm والحمل المسلط [N] 613، وقد أخذت أكثر من قراءة لكل عينة من مناطق مختلفة لتحديد القيمة المتوسطة لقساوتها.



الشكل 5: جهاز قياس صلادة برينل

يظهر في الشكل 6 تغيرات صلادة برينل لسبيكة الألمنيوم 7075 بتغير درجة حرارة وزمن معالجة الإرجاع ومقارنتها مع مقاومة السبيكة 7075 عند تطبيق معالجة T6، نلاحظ أن صلادة برينل للسبيكة انخفضت مع زيادة زمن معالجة الإرجاع وكذلك مع زيادة درجة حرارة الإرجاع، وقد وصلت صلادة برينل للسبيكة إلى أعلى قيمة لها عند درجة حرارة إرجاع 180°C لمدة 30 min حيث بلغت الصلادة حينها 165 HB وهي أعلى من صلادة السبيكة عند تطبيق معالجة T6.

الألمنيوم، (a) بعد معالجة T6، (b) بعد المعالجة RRA [6]

ونلاحظ من الشكل 8 وجود اختلاف في بنية سبيكة الألمنيوم 7075 والأطوار المتشكلة فيها بين حالتَي المعالجة T6 و المعالجة RRA، ففي حالة المعالجة T6 توجد مناطق Guinier Preston (GP) في الحبيبات والتي تكون متماسكة بشكل كامل مع أساس البنية، كما يوجد الطور η شبه المتماسك، ومن ناحية أخرى فإن الطور $\eta = \text{MgZn}_2$ غير المتماسك يوجد على شكل شبكة أطوار مستمرة موجودة على حدود الحبيبات، (الشكل 8- a).

نتيجة معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق سيكون هناك تغيرات في البنية المجهرية وهي انحلال جزئي لمناطق (GP) والرواسب η في الحبيبة، وتشكيل رواسب الطور η المتجانسة والأدق في تلك المناطق المنحلة، وإن رواسب الطور η ذات الحالة المستقرة وذات الهيكل الشبكي المتصل على حدود الحبيبات تصبح غير متصلة وكبيرة الحجم (الشكل 8-b) [4].

وبالتالي في نهاية عملية الإرجاع وإعادة التعتيق RRA تتشكل في الحبيبات رواسب أنعم وأكثر تجانس وكثافة بالمقارنة مع حالة معالجة T6، وفي نفس الوقت فإن الأطوار المتصلة ذو الهيكلية الشبكية على حدود الحبيبات تصبح مجزأة ومتقطعة، وهذا ما يقدم تفسير لارتفاع قيم مقاومة الشد والصلادة عند تطبيق معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق (RRA) عما كانت عليه في معالجة التعتيق الاصطناعي T6.

4.4 دراسة حيود الأشعة السينية XRD

تتغير خواص المادة بالاعتماد على البنية المجهرية الميكروية والأطوار، تحدد هذه الأطوار الخصائص المميزة للمواد مثل المطيلية وسلوك المادة عند الانهيار، وعند تعرض المادة لأي تشوه ستتغير البنية المجهرية وبالتالي سيتغير طيف حيود الأشعة السينية، تتألف بنية السبيكة 7075 المعرضة للتعتيق الاصطناعي بشكل أساسي من الطورين Al و الطور η وهي الرواسب المترنة المستقرة الموجودة في حدود الحبيبات والرواسب شبه المتماسكة في الحبيبة للسبيكة 7075 وهي ذات بنية كيميائية هي MgZn_2 [10,9].

تم إجراء اختبارات حيود الأشعة السينية على العينات المعالجة بالمعالجتين T6 و RRA حيث تم استخدام جهاز من نوع Philips طراز PW 1830 المبين في الشكل 9.



الشكل 9: جهاز اختبار حيود الأشعة السينية XRD

أظهرت نتائج تحليل طيف حيود الأشعة السينية XRD المبينة في الشكل 10 أن قمم عنصر الألمنيوم عند تطبيق معالجة RRA للسبيكة 7075 أصبحت أقصر عما كانت عليه عند معالجة T6، في حين ازداد تركيز قمم الطور MgZn_2 عند تطبيق معالجة RRA وهذا ما يشير أن معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق RRA قد عملت على تكوين رواسب أكثر كثافة.

بعد معالجة RRA بأزمنة ودرجات حرارة مختلفة عند تكبير 200X

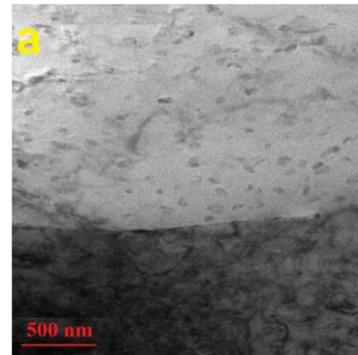
تمت عملية الشد باستخدام جهاز الشد نصف الآلي وأوراق الشد المائي المؤلفة من حبيبات من كربيد السيليكون ذات الدرجات وفق التسلسل 600 ، 800 ، 1000 ، 1200 وقد تم التبريد بتمرير تيار مائي أثناء الشد تجنبا لأي تغيرات في البنية بسبب الحرارة الناتجة.

وللحصول على سطح مصقول بدون خدوش للعينات تم استخدام معجون الماسي للفصل بقياس $0.25 \mu\text{m}$ تمت عملية التخريش بغمس السطح لمدة 8 ثوان في محلول الإظهار Keller's Reagent وهو ذو التركيب التالي [12]:

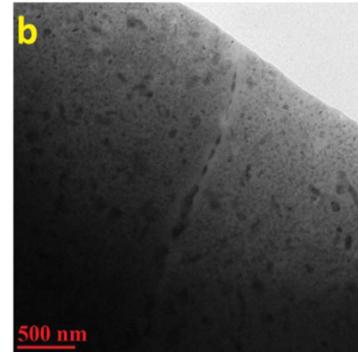
$1 \text{ Cm}^3 \text{ HF}, 1.5 \text{ Cm}^3 \text{ HCL}, 2.5 \text{ Cm}^3 \text{ HNO}_3, 95 \text{ Cm}^3 \text{ H}_2\text{O}$

تعطي صور المجهر الضوئي فكرة عامة عن التغيرات الحاصلة في البنية بفعل المعالجات الحرارية، ويمكن أن نلاحظ بشكل عام أن حبيبات البنية المجهرية للعينات المعالجة بالإرجاع وإعادة التعتيق (RRA) كانت ذات حجم أقل منها عند تطبيق معالجة بالتعتيق الاصطناعي T6، كما أن حجم الحبيبات أصبح أكبر عند زيادة درجة حرارة أو زمن معالجة الإرجاع.

وللحصول على معلومات أكثر لادب من تحليل البنية باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح SEM أو النافذ TEM وقد تعذر ذلك بسبب عدم جاهزية هذه المجاهر لدينا في الوقت الذي أعدت فيه الدراسة، ويمكن الإشارة هنا إلى ما قام به الباحثان Özer and Karaaslan [6] حيث استخدموا المجهر الإلكتروني النافذ TEM من أجل دراسة البنية المجهرية والأطوار الناتجة عن الترسيب من أجل حالتين المعالجة الحرارية T6 و RRA لسبيكة الألمنيوم 7075، ومن أجل ذلك قاما بتجهيز عينات بشكل أقراص دائرية بقطر 3mm وبسماكة لا تتجاوز $3 \mu\text{m}$ ، ثم صقل العينات كهربائياً في محلول حمض النتريك و75% ميثانول في درجة حرارة 30°C وجهد مسلط 15 V، وقد تمت الدراسة على المجهر JEOL JEM HRTEM 2100 وتطبيق 200 kV، وتظهر هذه الصور المجهرية في الشكل 8 من أجل حالتين المعالجة الحرارية T6 و RRA لسبيكة الألمنيوم 7075.



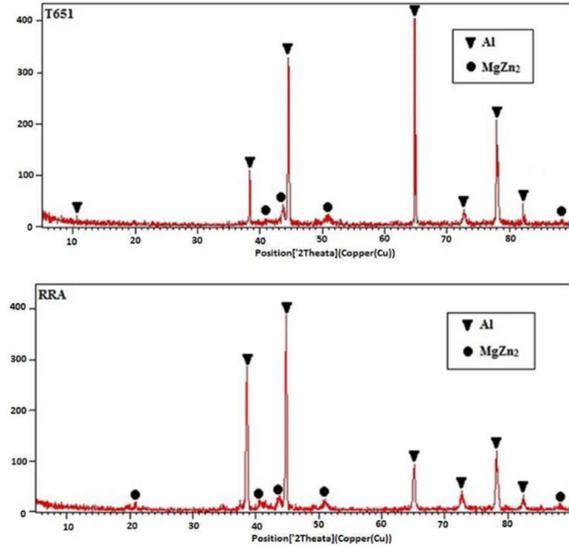
T6



RRA

الشكل 8: صور المجهر الإلكتروني الماسح TEM لسبيكة

- [3] B. Cina. Patent US Patent 3 856 584, 1974.
- [4] F. Viana, A. M. P. Pinto, H. M. C. Santos and A. B. Lopes, "Retrosession and re-ageing of 7075 aluminium alloy: microstructural characterization," Journal of Materials Processing Technology, no. 92, pp. 54-59, 1999.
- [5] George E. Totten and D. Scott MacKenzie, Handbook of Aluminum Physical Metallurgy and Processes, MARCEL DEKKER, INC, 2003.
- [6] Gökhan Özer and Ahmet Karaaslan, "Effects of RRA heat treatment on the exfoliation corrosion (EXCO), intergranular corrosion (IGC), and electrical conductivity of AA7075 alloy," Materials and Corrosion, 2018.
- [7] Guosheng Peng, Kanghua Chen, Songyi Chen and Huachan Fang, "Influence of repetitious-RRA treatment on the strength and SCC resistance of Al–Zn–Mg–Cu alloy," Materials Science and Engineering A, no. 528, p. 4014, 2011.
- [8] LI Guo-feng, ZHANG Xin-ming, LI Peng-hui and YOU Jiang-hai, "Effects of retrosession heating rate on microstructures and mechanical properties of aluminum alloy 7050," Transactions of Nonferrous Metals Society of China, no. 20, p. 935, 2010.
- [9] Oskouei R. H. , Barati M. R. and Ibrahim R. N. , "Surface Characterizations of Fretting Fatigue Damage in Aluminum Alloy 7075-T6 Clamped Joints: The Beneficial role of Ni–P Coatings," Materials (Basel), 2016.
- [10] Pastor A. and Svoboda H. G. , "Time-evolution of Heat Affected Zone (HAZ) of Friction Stir Welds of AA7075-T651," Materials Physics and Chemistry, 2013.
- [11] Tapany Udomphol, Aluminum and its Alloy, Suranaree University of Technology, 2007. 2
- [12] W. F. Gale and T. C. Totemeier, Smithells Metals Reference Book, 8 ed., Butterworth-Heinemann, 2004.
- [13] Z. H. Ji and Z. Z. Jing, "7075-T6 aluminium alloy exfoliation corrosion sensitivity and electrochemical impedance spectroscopy under stress," Materials Research Innovations, vol. 19, p. 230, 2015.



الشكل 10: طيف حيود الأشعة السينية XRD لسبيكة الألمنيوم 7075 المعالجة T6 و RRA

5. الاستنتاجات

1. تغيرت مقاومة الشد لسبيكة الألمنيوم 7075 بتغير درجة حرارة وزمن معالجة الإرجاع حيث انخفضت مقاومة الشد بزيادة زمن معالجة الإرجاع، كما أن زيادة درجة حرارة معالجة الإرجاع قد أدى لانخفاض مقاومة الشد للسبيكة.
2. وصلت سبيكة الألمنيوم 7075 لأعلى قيمة للمقاومة على الشد عند الإرجاع في درجة حرارة 180°C لمدة 30 min وبلغت 586 MPa وهي أعلى من مقاومة السبيكة عند تطبيق المعالجة T6، وكان مقدار التحسن في مقاومة الشد كنسبة مئوية 8.5%.
3. تغيرت صلادة برينل لسبيكة الألمنيوم 7075 بتغير درجة حرارة وزمن معالجة الإرجاع، حيث انخفضت صلادة برينل للسبيكة مع زيادة زمن معالجة الإرجاع وكذلك مع زيادة درجة حرارة الإرجاع.
4. وصلت صلادة برينل لسبيكة الألمنيوم 7075 إلى أعلى قيمة لها عند درجة حرارة إرجاع 180°C لمدة 30 min حيث بلغت الصلادة حينها 165 HB وهي أعلى من صلادة السبيكة عند تطبيق معالجة T6، وكان مقدار التحسن في صلادة برينل كنسبة مئوية 18.7%.
5. أظهرت نتائج تحليل طيف حيود الأشعة السينية XRD لسبيكة الألمنيوم 7075 بعد تطبيق معالجة RRA ازدياد تركيز قمم الطور MgZn₂ بالمقارنة مع معالجة T6، وهذا ما يشير أن معالجة الإرجاع وإعادة التعتيق RRA قد عملت على تكوين رواسب أكثر كثافة.

المصادر

- [1] A. Ghosh and M. Ghosh, "Microstructure and texture development of 7075 alloy during homogenisation," Philosophical Magazine, 2018.
- [2] A. Mavropoulos and S. Skolianos, "Effect of Heat Treatments on the Corrosion Behavior of High Strength Aluminum Alloy," International Journal of Advanced Engineering and Management Research, 2018.

Effect of Retrogression and Re-Aging Heat Treatment on Hardness, Tensile Strength and Microstructure of 7075 Aluminum Alloy

Mohamad Yehea Al nefawy¹ * and Fouad El dahiye²

¹ Department of Design and production engineering Al-Baath University, Homs, Syria, E-mail: yahya.nefawy@gmail.com

² Department of Design and production engineering Al-Baath University, Homs, Syria, E-mail: FouadEldahiye@gmail.com

*Corresponding author: Mohamad Yehea Al nefawy and email: yahya.nefawy@gmail.com

Published online: 30 June 2021

Abstract— Retrogression and Re-Aging (RRA) Heat Treatment improves the tensile of aluminum alloys. In this research, to study the effect of Retrogression temperature and Retrogression time on the hardness, tensile strength and microstructure of 7075 aluminum alloy, have been applied. Retrogression treatments at different temperatures 180°C, 240°C and 370°C for 30 min and 90 min. When the retrogression temperature was 180°C for 30 min, the alloy has reached its highest hardness and tensile strength; they were respectively 165 HB and 586 MPa. RRA treatment of aluminum alloy 7075 led to precipitate a smoother, more homogeneous, and denser phase compared to the T6 treatment.

Keywords— 7075 High Strength Aluminum Alloy, Retrogression and Re-Aging, Hardness, Tensile Strength, Microstructure, XRD