



دراسة الخواص الميكانيكية لمتراكبات ذات أساس سبيكة (Al-Cu-Mg)

سهامة عيسى صالح
ميرفت مهدي الجنابي
قسم هندسة المواد/ الجامعة التكنولوجية

(Received 6 February 2011; accepted 23 October 2011)

الخلاصة

يتناول البحث الحالي تحضير قضبان طولها (13 cm) وقطرها (1.5 cm) من مواد متراكبة ذات أساس معدني والمتمثل بسبيكة (Al-Cu-Mg) مقواة بدقائق الزركونيا (ZrO_2) بنسب وزنيه مختارة هي (5.5, 3.5, 2.5, 1.5)%. حضرت سبيكة الأساس والمواد المترابطة بطريقة السباكة باستخدام تقنية الدوامة (Vortex Technique) لتشتيت دقائق الزركونيا في سبيكة الأساس، فضلا عن ذلك تم تحضير مجموعتين رئيسيتين من المواد المترابطة بالاعتماد على الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا المتمثلة ($50mm > p.s \geq 0.1mm$) و ($63mm > p.s \geq 50mm$) على التوالي. وتضمنت الدراسة تأثير المعاملة الحرارية المحلولية عند درجة (505°C) وعملية التشكيل اللاحقة فضلا عن عملية التعتيق عند درجة (185°C) وخلال أزمنة مختلفة ودراسة تأثير تقوية سبيكة الأساس بدقائق الزركونيا على بعض خواصها الميكانيكية. وقد أظهرت نتائج الفحص المجهرية أن البنية المجهرية للمادة المترابطة ذات حبيبات انعم من السبيكة الأساس، أما فيما يخص فحص الصلادة ومقاومة الشد فقد بينت النتائج ازدياد قيم كل من الصلادة ومقاومة الشد مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة لتصل الى اعلى قيمة لها عند النسبة الوزنية 3.5% والبالغة (140H.V)، (570H.V) على التوالي ثم تسلك المادة سلوكا مغايرا ولكنها تبقى عند قيم اعلى مما هي عليه في السبيكة الأساس في حين لوحظ إن قيم المطيلية تقل باستمرار مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة. أما تأثير الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا على الخواص الميكانيكية فقد لوحظ أن هناك انخفاض قليل في قيم الصلادة ومقاومة الشد مع زيادة الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا ولكن تبقى اعلى مما هي عليه في السبيكة الأساس والبالغة (110H.V)، (210H.V) على التوالي بينما هناك زيادة قليلة في قيم المطيلية مع زيادة الحجم الحبيبي ولكنها تبقى أقل مما هي عليه في السبيكة الأساس.

الكلمات المفتاحية: تقنية الدوامة، مواد مترابطة، دقائق الزركونيا، سبيكة (المنيوم- نحاس- مغنسيوم).

1. المقدمة

بالتشتيت من حيث وجود طور ثان بحجم حبيبي صغير يعمل على اعاقه حركة الانخلاع في السبيكة لكن هذا الطور يتكون عند رفع درجة حرارة السبيكة عاليا ويترسب عند الاخمد والتعتيق عند درجة حرارة منخفضة. إن عملية تصنيع مواد مترابطة ذات أساس معدني تتم عند درجات حرارية عالية وفي هذه الظروف تبرز مشكلة التلاؤم الكيميائي والميكانيكي بين المادة الأساس وطور التقوية، ترتبط مشكلة التلاؤم الكيميائي بالتفاعلات الكيميائية والإتصال عند السطوح الفاصلة وتحل هذه المشكلة أما باستعمال تقنية تصنيع يمكن إنجازها عند درجات حرارة منخفضة أو بإختيار أطوار مستقرة ثرموديناميكياً. وعليه هناك الكثير من الدراسات تعمل منذ الربع الأخير من القرن الماضي وحتى يومنا هذا في إجراء العديد من التعديلات على طرق تصنيع المواد المترابطة ذات الأساس المعدني (Metal- Matrix Composite) منها تقنية الترشيح بالعصر (Infiltration Squeeze) من قبل الباحث (Mortensen) [3] وذلك من اجل الوصول الى افضل تغلغل للسائل المعدني في الفراغات البينية لمجموعة من الالياف القصيرة وزيادة تبلل الالياف لمادة الأساس مما اكسب المادة المترابطة خواص افضل. وفي تحضير مادة متراكبة ذات اساس من الالمنيوم المقوى بالسمنتيت (Fe_3C) استخدمت تقنية السباكة الميكانيكية (Mechanical Alloying) [4] تحت ظروف تحضير مختلفة (طحن المساحيق). المعاملة الحرارية للمساحيق، وزمن ودرجة حرارة الكبس) وظهرت نتائج الفحص التوافق ما بين مادة الأساس و مواد التقوية. كما

تعد سبيكة الالمنيوم - نحاس- مغنسيوم (Al - Cu- Mg) إحدى سبائك الالمنيوم المهمة في كثير من المجالات المدنية والعسكرية حيث تكتسب هذه السبيكة بعد المعاملة الحرارية خواص ميكانيكية عالية نتيجة قابليتها على الاصداد بالترسيب هذا مما حفز في الكثير من الباحثين في هذا المجال بتكثيف جهودهم البحثية حول إمكانية استخدام سبائك الالمنيوم في إنتاج مواد متراكبة (Composite Materials) ذات أساس الالمنيوم مقواة بحبيبات سيراميكية بهدف تحسين خواصها الميكانيكية بأكثر من آلية ومنها آلية الاصداد بالتشتيت [1]. أن هذا النوع من التقوية يستعمل في الأنظمة الفلزية وذلك عن طريق تشتيت طور خامل صلد يتكون من دقائق وذات أقطار أقل من مايكرون واحد، وتكون الدقائق المضافة عادة بنسب قليلة لا تتجاوز (15%) من وزن المادة المترابطة تنشأ التقوية بالتشتيت عندما تتحمل مادة الأساس الجزء الأكبر من الاجهاد المسلط على المادة المترابطة بينما تعمل الدقائق المشتتة على اعاقه حركة الانخلاع المتكونة في المادة الأساس ومنع حدوث التشقق فيها، ان مدى التقوية يعتمد على فاعلية الدقائق المشتتة في اعاقتها لهذه الحركة [2]. ومن المميزات التي يتصف بها هذا النوع من التقوية هي إمكانية جمعه مع الية تقوية اخرى مثل الاصداد بالترسيب (Precipitation Hardening) والذي يكون مشابها للتقوية

للسبيكة المدعمة بنسبة 5% wt % AlN [11]. ومن الدراسات الحديثة تدعيم سبيكة A356.2 بدقائق من رماد قشور الرز Rice Husk Ash والمحضرة بتقنية السباكة بالمزج فقد لوحظ ان زيادة نسبة التدعيم بال دقائق يؤدي الى انخفاض في قيم الكثافة وزيادة قليلة في قيم الصلادة للمادة المترابطة المحضرة [12]. كما درست تأثير نوعية دقائق التقوية المتمثلة بالالومينا والزركونيا المضافة الى سبيكة (Al-Cu-Mg) والمحضرة بطريقة السباكة باستخدام تقنية الدوامة فقد لوحظ ازدياد قيم كل من مقاومة الكلال والصلادة مع زيادة نسب دقائق التقوية المضافة. اما تأثير نوعية الدقائق فقد لوحظ هناك زيادة ملحوظة في قيم مقاومة الكلال والصلادة بالنسبة للمادة المترابطة المقواة بالالومينا مقارنة مع تلك المقواة بدقائق الزركونيا [13].

يهدف البحث الحالي الى تصليد سبيكة (Al-Cu-Mg) بأكثر من آلية ودراسة بعض خواصها الميكانيكية والمتمثلة بمقاومة الشد القصوى والمطيلية والصلادة من خلال إضافة دقائق الزركونيا (ZrO_2) الى منصهر السبيكة الأساس علاوة على دراسة تأثير الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا (ZrO_2) المضافة الى السبيكة الأساس.

٢. الجزء العملي

تم اعتماد تقنية السباكة في التحضير لما تتمتع به من مواصفات تميزها عن غيرها ومنها الكلفة الواطئة والمرونة العالية في تصنيع نماذج بأشكال وأحجام مختلفة حضرت سبيكة الأساس (Al-Cu-Mg) وذلك بصهر الالمنيوم النقي، ذات كتلة معلومة، داخل بودقة من الكرافيت وباستعمال فرن كهربائي نوع (Carbolite) اجريت عملية الصهر عند درجة حرارة (750 °C) وبعد التأكد من حدوث الانصهار التام اغمر الى داخل المنصهر رايش من النحاس النقي بنسبة وزنية (4%) ومحفوظا داخل رقائق من الالمنيوم (Aluminum Foils) رافق عملية الغمر مباشرة تحريك المنصهر بشكل مستمر باستعمال قضيب من الحديد الصلب بعد ذلك تم اضافة رايش من المغنيسيوم النقي بنسبة وزنية (1.5%) الى السبيكة المنصهرة وبنفس الطريقة التي تم بها اضافة رايش النحاس مع التحريك المستمر بعد ذلك سكبت محتويات البودقة في قوالب اسطوانية الشكل من الحديد الصلب ذات قطر (1.5cm) وارتفاع (13cm) والمسخنة مسبقا الى درجة حرارة (250 °C) لمنع حدوث التبريد المفاجئ للمنصهر.

اتجهت البحوث الى دراسة تأثير عناصر السبك ومواد التقوية المضافة اليها وتأثير كل من الكسر الحجمي، وحجم وشكل مواد التقوية المضافة في الية التصليد بالتشيت لهذه الدقائق. في عام (1983) قامت الباحثة (Nawal) [5] واخرون بدراسة البنية التركيبية لمادة مترابطة محضرة بطريقة الدوامة (vortex) ولاحظوا ان حبيبات الالومينا تتجمع على طول الحدود البلورية وداخل الخلايا. كما استنتجوا ان الصلادة ومقاومة الشد قد تحسنت عند الفحص في درجات الحرارة الاعتيادية والعالية حوالي (250 °C). وفي دراسة من قبل الباحث (Kneko) [6] بتحضير مادة مترابطة من الالمنيوم مدعمة بدقائق سيراميكية متنوعة (TiC, Sic, Al_2O_3) باستخدام طريقة التسبيك الميكانيكي استنتجوا ان التوزيع المتجانس للدقائق مع الحجوم الحبيبية الناعمة اعطى خواص ميكانيكية جيدة. وفي دراسة حول امكانية تصليد سبيكة (Al-4%Cu) باكثر من الية وذلك بدمج البيتي التصليد بالتشيت والتصليد بالترسيب باستخدام دقائق الالومينا كمادة تقوية ودقائق المغنيسيا كمادة معززة للتبلية واستنتج ان الصلادة المايكروية تزداد مع زيادة نسبة الالومينا لتصل الى اعلى قيمها البالغة (136H.V) عند النسبة الوزنية للالومينا 0.5% وذات حجم حبيبي (0.5 μ m)، بينما تقل قيم الصلادة مع زيادة الحجم الحبيبي لدقائق الالومينا وعند نسب مغنيسيا ثابتة [7]. كما استخدمت تقنية السباكة في تحضير مادة مترابطة ذي اساس (Al2219) وبتشيت نسب وزنية مختلفة من دقائق Sic واظهرت النتائج ان معدلات البلى للمادة المترابطة تقل مع زيادة دقائق Sic [8]. اما تأثير اضافة دقائق كاربيد السليكون ذات حجم حبيبي ثابت 40 μ m على سبيكة (Al-Si) المحضرة بتقنية السباكة بالمزج فقد درست من قبل (Ranjit) وجماعته [9] ولاحظوا ان التدعيم بنسبة 8% الى 12% ادى الى زيادة قيم الصلادة ومقاومة الشد والانضغاط لسبيكة (Al-Li) وعند التدعيم بنسبة 18% بدقائق Sic ادى الى انخفاض هذه الخصائص ولكن بقيت اعلى مما هي عليه في سبيكة الأساس وكما استنتجوا ان التدعيم بدقائق Sic ادى الى تقليل زمن الوصول الى قيم الصلادة العظمى للمادة المترابطة المعتمدة. وفي دراسة حول تأثير الكسر الحجمي لدقائق Sic على دورات الفشل لسبيكة (2124Al-Si-Cu) المحضرة بتقنية ميتالورجية المساحيق وسبيكة (A57G/Al-Si-Mg) المحضرة بتقنية السباكة [10] فقد لوحظ انخفاض مقاومة الكلال للمادة المترابطة ذات الأساس (A57G) الى (25MPa) عند دورات الفشل البالغة (10^6) في حين بلغت مقاومة الكلال للمترابك ذات الأساس (2124) الى (363MPa) عند نفس دورات الفشل، كما لوحظ ان زيادة الحجم الحبيبي لدقائق Sic ادى الى انخفاض في مقاومة الكلال. ان اضافة دقائق من نتريد الالمنيوم AIN الى سبيكة (Al-Si) ادت الى زيادة قيم الصلادة من 44H.V لسبيكة الأساس الى 89H.V

الجدول -1-

التحليل الكيميائي للسبيكة الأساس.

العنصر	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Ni	Pb	Sn	Sb	Al
النسبة المئوية %	0.22217	0.18725	4.28826	0.46851	1.28793	0.09898	0.02905	0.00786	0.00458	0.00144	0.00557	0.01171	Rem %

الدوامة (Vortex Technique) وعليه تم تقطيع السبيكة الأساس الى قطع صغيرة لغرض تحديد الوزن المطلوب منها استنادا الى الكسر الوزني لمادة التقوية. ولتجانس توزيع دقائق

١.٢ تحضير المادة المترابطة

أنتجت المادة المترابطة بطريقة السباكة بالمزج باستعمال تقنية

(C⁰) لازالة الرطوبة الى داخل المنصهر مع الاستمرار بعمل الخلاط الكهربائي بعد ذلك صب المنصهر في القوالب المعدنية الاسطوانية الشكل والمسخنة مسبقا الى درجة حرارة (250⁰C) والجدول (2) يوضح النسب المستعملة لدقائق الزركونيا في السبيكة الاساس.

الزركونيا داخل المنصهر استعمل لهذا الغرض خلاط كهربائي مصنوع من الفولاذ ومزود بمروحة من مادة مقاومة لاتصدأ، أنزل الخلاط الكهربائي الى داخل البودقة وتم تدوير المنصهر بسرعة (700 r.p.m) للحصول على دوامة داخله وبعد ذلك تم اضافة دقائق الزركونيا المسخنة مسبقا الى درجة حرارة (250

الجدول - ٢-

نسب الزركونيا المستعملة في السبيكة الاساس.

Samples	ZrO ₂ (%)	Grain Size (μm)
A Al - 4%Cu - 1.5%Mg	-	-
A ₁	1.5	50 μm ≥ p.s ≥ 0.1 μm
A ₂	2.5	
A ₃	3.5	
A ₄	5.5	
B ₁	1.5	63 μm ≥ p.s ≥ 50 μm
B ₂	2.5	
B ₃	3.5	
B ₄	5.5	

٢.٢. تقطيع النماذج

بعد اكمال عملية الصب للمواد المترابطة والحصول على نماذج اسطوانية الشكل ولضمان الحصول على مواد مترابطة متجانسة فقد اهتمت بداية ونهاية النماذج الاسطوانية المحضرة وذلك بقطع كل عينة من الاعلى والاسفل بمقدار (0.5cm) خشية من عدم تجانس التوزيع لمادة التقوية فيها، تم اجراء عملية تشكيل على البارد لسبيكة الاساس وكذلك السبيكة المدعمة بدقائق الزركونيا (ZrO₂)، وذلك بتسليط حمل مقداره (5tons). اجريت المعاملة الحرارية للنماذج لكل من السبيكة الاساس والمواد المترابطة المنتجة لغرض التجانس الحراري والتخلص من بعض عيوب السباكة كالانعزال وضمان توزيع الاطوار بشكل متجانس في الصبة وقد اجريت المعاملة المحلولية بدرجة حرارة (505 °C) مدة اربع ساعات ثم الاخمد بالماء البارد تبعها بعد ذلك عملية تعتيق وذلك بالتسخين الى درجة حرارة (185 °C) والبقاء لفترات زمنية مختلفة ما بين (18-2hr) .

٣. اختبار الشد

اجريت اختبارات الشد على النماذج المصنعة حسب المواصفات القياسية باستعمال جهاز نوع (Instron Universal Machine) طراز(22333)، حمولة الجهاز القصوى (200KN) ياباني المنشأ 1982. والشكل (1) يوضح الصور الفوتوغرافية لعينات اختبار الشد قبل وبعد الفحص.



الشكل - ١- الصور الفوتوغرافية لعينات اختبار الشد بعد الفحص.

٤. اختبار الصلادة

المحلولية والتعتيق، باستعمال جهاز نوع (PW- 1840) ومادة الهدف من النحاس بطول موجي مقداره $(\lambda_{Cu}=1.5405 \text{ \AA})$.

اجري فحص الصلادة الدقيقة على العينات المحضرة حيث يتكون الجهاز المستعمل في الفحص من هرم ماسي بزواوية رأس (136°) حيث تم تسليط حمل مقداره (0.5 Kg) مدة (5sec.) بعدها تم قياس قطر الاثر الناتج وحسبت قيم الصلادة من العلاقة التالية:-

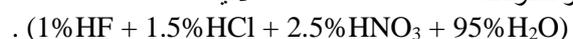
$$H.V = 1.854 \frac{P}{D^2}$$

حيث ان:-

P: الحمل المسلط

D: قطر الاثر

تم اجراء الفحص المجهرى باستعمال مجهر ضوئي نوع (Nikon) ياباني المنشأ مزود بكاميرا رقمية بعد ان تم اولا اجراء عمليات التنظيف والتنعيم للعينات وذلك باستعمال اوراق تنعيم مختلفة وحسب التدرج (180، 320، 600، 800، 1200)، اما عملية الاظهار فقد استعمل فيها محلول الاظهار حسب النسب والمكونات الآتية:



لغرض معرفة الاطوار التي تضمنتها السبيكة الاساس والمواد المترابكة المحضرة فقد تم اجراء فحص حيود الاشعة السينية عند درجة حرارة الغرفة وكذلك عند اجراء المعاملة الحرارية

الجدول -٣-

يوضح نتائج فحص حيود الاشعة السينية للسبيكة الاساس (Al-Cu-Mg) بعد السباكة مباشرة.

2θ	$d_m(\text{\AA}^\circ)$	$d_s(\text{\AA}^\circ)$	Phase	I/I ₀
38.2	2.33	2.34	AL	100
42.5	2.10	2.12	Cu ₂ AL	10
44.4	2.08	2.03	Mg ₂ Cu ₆ Al ₅	80
60.8	1.50	1.51	CuAl ₂	6
64.7	1.43	1.43	Al	22
78.1	1.22	1.22	Al	24
82.3	1.16	1.16	Al	7

الجدول -٤-

يوضح نتائج فحص حيود الاشعة السينية للسبيكة الاساس (Al-Cu-Mg) بعد السباكة والمعاملة المحلولية والتعتيق عند فترة مقدارها (8hr).

2θ	$d_m(\text{\AA}^\circ)$	$d_s(\text{\AA}^\circ)$	Phase	I/I ₀
38.4	2.33	2.34	AL	100
44.5	2.03	2.02	Al	47
44.5	2.03	2.02	Mg ₂ Cu ₆ Al ₅	40
60	1.43	1.43	Al	22
60	1.43	1.41	CuAl ₂	7
78.3	1.21	1.23	CuAl ₂	16
82.4	1.16	1.17	CuAl ₂	3

الجدول -٥-
يوضح نتائج فحص حيود الأشعة السينية للمادة المترابطة المحضرة عند نسبة تدعيم (5wt%) التي أساسها سبيكة (Al-Cu-Mg) بعد السباكة مباشرة.

2θ	$d_m(A^\circ)$	$d_s(A^\circ)$	Phase	I/I ₀
38.3	2.34	2.34	AL	100
42.3	2.13	2.18	Zro ₂	6
44.5	2.03	2.02	Al	47
47.1	1.92	1.98	Zro ₂	8
64.7	1.43	1.46	Mg ₂ Cu ₆ Al ₅	35
78.2	1.22	1.23	CuAl ₂	20
82.5	1.16	1.17	CuAl ₂	3

الجدول -٦-
يوضح نتائج فحص حيود الأشعة السينية للمادة المترابطة المحضرة عند نسبة تدعيم (5.5wt%) التي أساسها سبيكة (Al-Cu-Mg) بعد السباكة والمعاملة المحلولية والتعتيق عند فترة مقدارها (8hr).

2θ	$d_m(A^\circ)$	$d_s(A^\circ)$	Phase	I/I ₀
37.9	2.36	2.31	Mg ₂ Cu ₆ Al ₅	80
44	2.05	2.02	Al	47
77.9	1.22	1.26	Zro ₂	10
28.1	1.17	1.17	CuAl ₂	9

الجدول -٧-
يوضح نتائج فحص حيود الأشعة السينية لمسحوق دقائق الزركونيا (ZrO₂).

2θ	$d_m(A^\circ)$	$d_s(A^\circ)$	Phase	I/I ₀
24.1	3.68	3.63	Zro ₂	14
27.9	3.19	3.16	Zro ₂	100
31.2	2.85	2.83	Zro ₂	65
33.9	2.63	2.61	Zro ₂	20
49.7	1.83	1.84	Zro ₂	18
55	1.66	1.65	Zro ₂	14
59.4	1.55	1.54	Zro ₂	10
65.2	1.42	1.42	Zro ₂	6
70.7	1.32	1.30	Zro ₂	2

٢.٥. نتائج فحص الصلادة الدقيقة

٢.٥. نتائج فحص الصلادة للمادة المترابطة

١.٢.٥. نتائج فحص الصلادة للسبيكة الأساس

الشكل (3) يبين تأثير النسبة الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة في قيم الصلادة لسبيكة الأساس بعد إجراء المعاملة المحلولية عند درجة حرارة (505 °C) ولمجموعتين من السبائك المبينة في الجدول (2) المجموعة الأولى (A) مدعمة بدقائق الزركونيا حجمها الحبيبي يتراوح بين (0.1µm ≤ p.s ≤ 63µm) والمجموعة الثانية (B) مدعمة بدقائق الزركونيا حجمها الحبيبي يتراوح بين (50µm ≤ p.s ≤ 63µm). يلاحظ من الشكل ان قيم الصلادة لسبيكة الأساس تزداد عند إضافة دقائق الزركونيا إليها وان نسبة الزيادة تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لدقائق الزركونيا ولكلا المجموعتين لتصل الى اعلى قيمة لها عند الكسر الوزني (3.5 %) ان الزيادة في قيم الصلادة لسبيكة الأساس يعود الى طبيعة دقائق الزركونيا اذ تعمل هذه الدقائق والتي يزيد حجمها عن مايكرون واحد كعوائق لتشوه سبيكة الأساس وذلك بسبب صلابتها العالية [15]، كما وان الدقائق التي لا يزيد حجمها عن (0.1µm) والمتشتتة داخل بنية سبيكة الأساس تعمل على اعاقه حركة الانخلاعات المتكونة في مادة الأساس وبالتالي سوف يساهم كلا النوعين في زيادة قيمة الصلادة. اما زيادة قيم الصلادة لسبيكة الأساس مع زيادة نسبة الإضافة لدقائق الزركونيا يمكن ان ينسب الى وجود دقائق صلدة في سبيكة الأساس وينسب وزنية مختلفة علاوة الى اختلاف الحجم الحبيبي سوف يؤدي الى تغير بعض العوامل ومن ضمنها المسافة بين الدقائق (D_p) تبعا للعلاقة الآتية [16]:-

$$D_p = \frac{2d^2}{3V_p} (1 - V_p) \quad \dots(1)$$

حيث ان:-

d: حجم الدقائق (µm)

V_p: الكسر الحجمي للدقائق

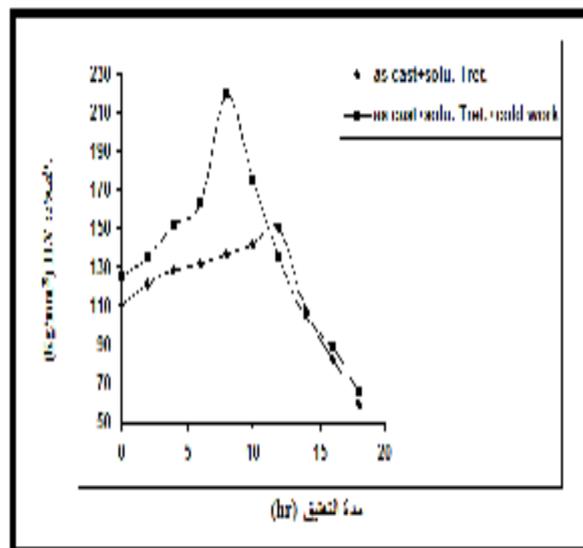
D_p: المسافة بين الدقائق

أن وجود دقائق الزركونيا في هكذا شروط سوف تعمل على اعاقه حركة الانخلاعة بنسبة اكبر عند النسب الوزنية العالية من الدقائق المضافة، ولكي تمر الانخلاعة خلال هذه الدقائق المشتتة في طور سبيكة الأساس فان الاجهاد المسلط يجب ان يكون كافيا لحني الانخلاعة وبالتالي فان ذلك سوف يتطلب زيادة الحمل المسلط وهذا يعني زيادة في قيم الصلادة [14-15].

علاوة على ما تقدم فان وجود دقائق الزركونيا بنسبة اعلى من (3.5%) قد يؤدي الى زيادة احتمال تواجد تجمعات كثيرة ومنثورة داخل سبيكة الأساس بشكل غير متجانس مما يخفض من قيم الصلادة قليلا عن قيمها العليا التي وصلت إليها، كما يلاحظ من الشكل (3) إن معدل الزيادة في قيم الصلادة متناظرا في كلا المجموعتين سوى فارق زيادة قليلة في قيم الصلادة بالنسبة للمجموعة (A) ويعود ذلك الى احتواء هذه المجموعة على نسبة وزنية غير محددة من الدقائق الصغيرة جدا تعمل على تقوية السبيكة بالتشتيت والتي تعذر البحث الحالي على تحديد نسبها الوزنية لما تتطلب من تقنيات دقيقة في الفصل .

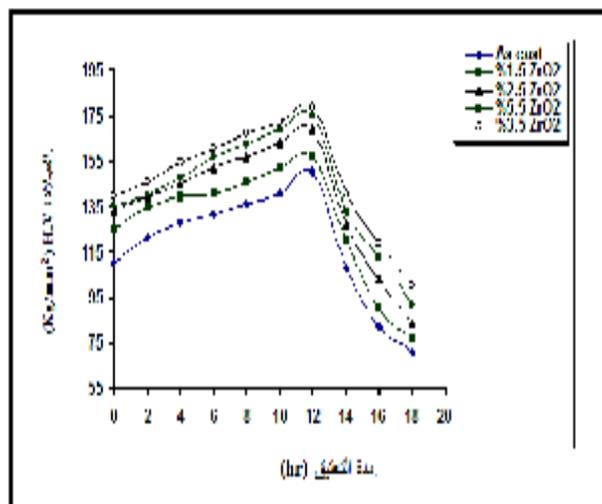
من خلال ملاحظة الشكل (2) والذي يوضح تأثير زيادة زمن التعتيق في قيم الصلادة لسبيكة الأساس (Al-Cu-Mg) بعد إجراء المعاملة المحلولية عند درجة (505 °C) والتعتيق عند درجة حرارة (185 °C) يلاحظ ان صلادة السبيكة الأساس بعد الصب والمعاملة المحلولية والتعتيق تزداد مع زيادة مدة التعتيق لتصل إلى أعلى قيمة لها عند مدة تعتيق مقدارها (12hr) ويعود ذلك إلى ترسيب دقائق صغيرة جدا من الطور (CuAl₂) حيث تعمل هذه الدقائق على إعاقة حركة الانخلاعات مما يؤدي إلى تصليد السبيكة وزيادة مقاومتها تدريجيا، وباستمرار زيادة مدة التعتيق إلى اكثر من (12hr) يلاحظ انخفاض قيم الصلادة ويعود سبب هذا الانخفاض الى تجمع الدقائق المترسبة وتكون جسيمات اكبر حجما فضلا عن فقدان انفعالات التطابق بين الأرضية والدقائق المترسبة [14]، أن المعاملة الحرارية تعمل على تكون أطوار وسطية ناتجة عن العمليات الانتشارية لعناصر السبك (النحاس والمغنيسيوم) وهذا ما أكدته نتائج فحص حيود الأشعة السينية جدول (3) يلاحظ ظهور الطور (Mg₂Cu₆Al₅) حيث أن ظهوره يؤدي إلى سحب الألمنيوم والنحاس وبالتالي تأخير عملية ترسيب الطور (CuAl₂) وعليه ان كل ما تقدم سوف يؤدي إلى تشكيل عوائق اقل لحركة الانخلاعات مما يؤدي الى انخفاض قيم الصلادة .

أما بعد إجراء عملية التشكيل بعد المعاملة المحلولية للسبيكة الأساس فنلاحظ من خلال شكل (2) زيادة قيم الصلادة لسبيكة الأساس عما كانت عليه قبل التشكيل وانخفاض الزمن إلى (8hr) للوصول إلى الصلادة العظمى ويعود السبب في ذلك الى ان عملية التشكيل على البارد بعد المعاملة المحلولية سوف تؤدي إلى زيادة عدد عيوب البنية البلورية (مثل الانخلاعات والذرات البينية والخلوات) وعليه سوف تعرقل عيوب البنية البلورية حركة الانخلاعات فترفع بالتالي من المقاومة وتخفض من اللدونة، علاوة على ذلك ان التشكيل على البارد قد زاد من سرعة مدة التعتيق بسبب تكون فراغات كثيرة مما سبب في سرعة الانتشار أي سوف تزداد سرعة عمليات تحول البنية [14] .

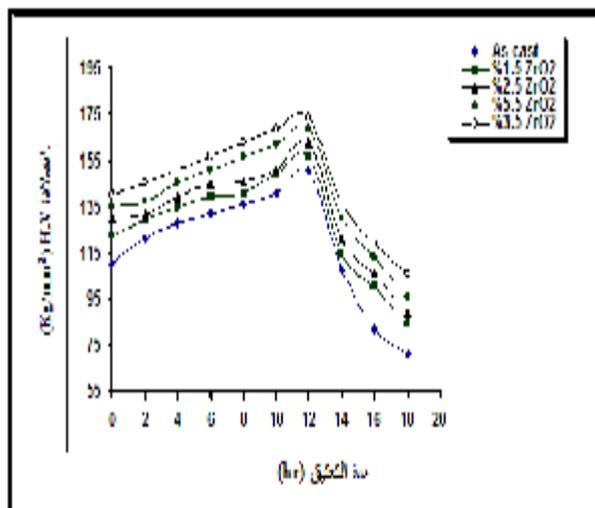


شكل ٢- تأثير مدة التعتيق على قيم الصلادة للسبيكة الأساس.

(0.1 μ m) في المجموعة (A) والتي تعمل على زيادة قيم الصلادة على ضوء ماتبين اعلاه .



(4-A) ($50\text{nm} > p.s \geq 0.1\text{nm}$)



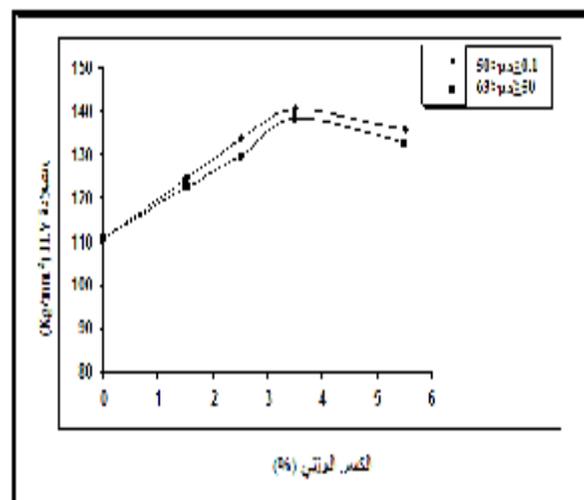
(4-B) ($63\mu\text{m} > p.s \geq 50\mu\text{m}$)

شكل 4- تأثير مدة التعتيق الاصطناعي لسبيكة الاساس المقواة بدقائق الزركونيا على قيم الصلادة.

4.2.5. تأثير عملية التشكيل اللدن البارد في قيم الصلادة

الشكلان (5-A,5-B) يبينان تأثير عملية التشكيل على البارد والمعاملة المحلولية اللاحقة في مراحل التعتيق الاصطناعي لكافة السبائك المحضرة، وقد لوحظ من خلال الشكلين ان عملية التشكيل والمعاملة المحلولية ادت الى انخفاض المدة المطلوبة للوصول الى قيم الصلادة العظمى والبالغة (12hr) قبل عملية التشكيل الى (8hr) بعد عملية التشكيل،

كما لوحظ ان قيم الصلادة العظمى وكذلك قيم الصلادة المحسوبة خلال مراحل التعتيق قد زادت عما كانت عليه قبل اجراء عملية التشكيل ولكافة العينات المحضرة، ويعزى ذلك الى ان عملية التشكيل على البارد والمعاملة المحلولية للعينات كلها



شكل-3. تأثير النسبة الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة للسبيكة الاساس على قيم الصلادة

3.2.5. تأثير عملية التعتيق الاصطناعي على سبيكة الاساس المقواة

ان الشكلان (4-A,4-B) يبين تأثير مدة التعتيق عند درجة حرارة (185°C) (بعد اجراء المعاملة المحلولية) في قيم الصلادة لسبيكة (Al-Cu-Mg) المقواة بدقائق الزركونيا بنسب وزنية مختلفة (1.5, 2.5, 3.5, 5.5%) وذات احجام جزيئية مختلفة ($50\text{nm} > p.s \geq 0.1\text{nm}$) و ($63\mu\text{m} > p.s \geq 50\mu\text{m}$) على الترتيب .

حيث يلاحظ من الشكلين ان اضافة دقائق الزركونيا لا يؤثر في مراحل التعتيق اذ ان قيم الصلادة لكافة السبائك تزداد مع زيادة مدة التعتيق لتصل الى قيمها العظمى عند مدة تعتيق مقدارها (12hr) وان صلادة السبائك المقواة بدقائق الزركونيا تزيد عن مثيلاتها لسبيكة الاساس وان معدل الزيادة في الصلادة يزداد مع زيادة الكسر الوزني للدقائق المضافة ويلاحظ ايضا ان قيم الصلادة العظمى للسبائك المقواة تزيد عن قيم الصلادة العظمى للسبائك الخالية من الدقائق والسبب في ذلك يعود الى ان اضافة دقائق الزركونيا وتوزيعها في ارضية السبيكة الاساس يؤدي الى زيادة صلادة السبيكة وان الزيادة في قيم الصلادة مع زيادة مدة التعتيق يعود الى تفكك المحلول الجامد المفرط التشبع في السبيكة اثناء مراحل التعتيق وظهور الاطوار المستقرة (CuAl_2) و (Al_2CuMg) والتي ستؤدي الى عرقلة حركة الانخلاعة وبالتالي الى زيادة قيم الصلادة، فضلا عن وجود آلية اخرى ساهمت في عملية اصلاص السبيكة المقواة بدقائق الزركونيا حيث تعمل الدقائق التي يزيد حجمها الحبيبي عن مايكرون واحد والموزعة بشكل متجانس في ارضية سبيكة الاساس كعوائق لتشوه سبيكة الاساس وبالتالي تؤدي الى زيادة قيم الصلادة علاوة على ذلك ان دقائق الزركونيا الاصغر حجما تعمل على عرقلة حركة الانخلاعة وبالتالي زيادة قيم الصلادة. [14]

كما يلاحظ ايضا من الشكلين ان الاختلاف في حجم دقائق الزركونيا لا يؤثر في مراحل التعتيق وانما تؤدي زيادة حجم الدقائق الى التقليل من معدل الزيادة التي حصلت للصلادة خلال مراحل التعتيق للسبائك المقواة بدقائق الزركونيا اذ يلاحظ ان قيم الصلادة للمجموعة (A) تزيد قليلا عن قيم الصلادة للمجموعة (B) وذلك يعود الى وجود دقائق ذات حجم حبيبي اقل من

كما يلاحظ ان اعلى قيم للصلادة العظمى حصلت للعينات المشكلة والمقواة بدقائق الزركونيا ولكلا الحجمين، حيث يعزى ذلك الى اشتراك اكثر من البية في عملية تصليد هذه السبائك والمتمثلة اولا بالاصلاذ بالتشتيت الناتج عن اضافة دقائق ذات احجام حبيبية دقيقة علاوة على زيادة الصلادة من خلال اضافة دقائق من الزركونيا ذات احجام حبيبية تتراوح بين (1µm-50µm) فضلا عن الاصلاذ بالتشكيل ومن ثم الاصلاذ بالترسيب خلال مدة مقدارها (8hr) وعند درجة حرارة (185 °C) كل هذه الاليات قد شاركت في عملية الاصلاذ .

وايضا من خلال الشكل (6) يمكن ملاحظة تأثير حجم الدقائق المضافة حيث يلاحظ ان قيم الصلادة تقل مع زيادة الحجم الحبيبي ولكنها تبقى اعلى مما عليه في السبيكة الاساس، وهذا يمكن تفسيره على أساس العلاقة [16] :-

$$T_i = \frac{G_m \cdot b'}{D_p} \quad \dots(2)$$

حيث ان:

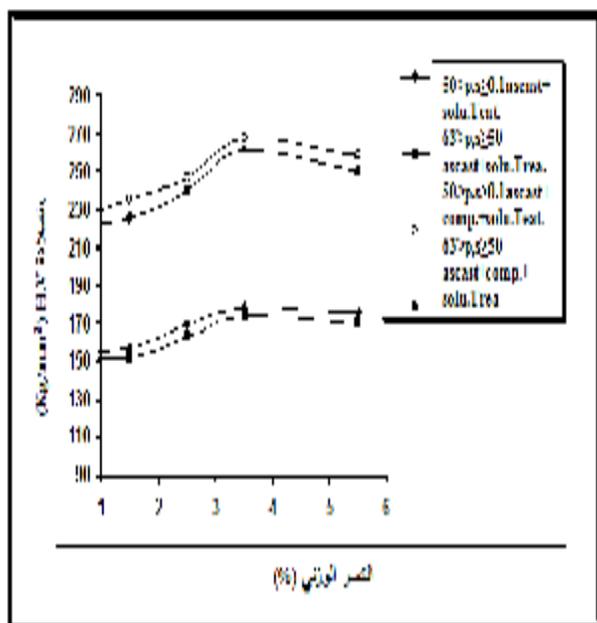
T_i : الاجهاد المطلوب لمرور الانخلاعة.

b' : متجه بيرجر.

G_m : معامل القص للمادة الاساس.

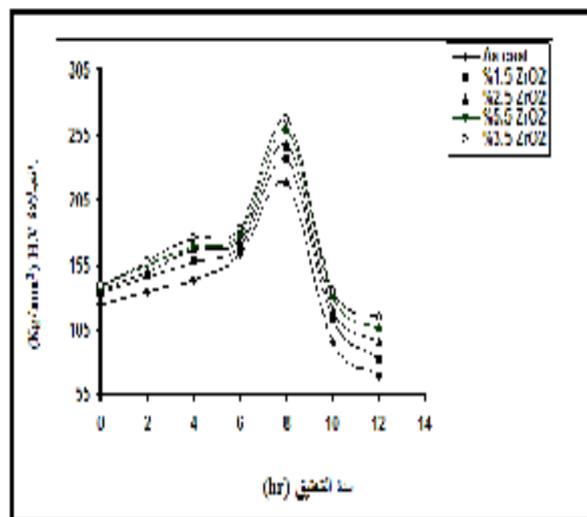
D_p : المسافة بين الدقائق (العلاقة رقم (1))

يمكن ملاحظة العلاقة العكسية بين الاجهاد المطلوب لمرور الانخلاعة خلال الدقائق ومربع الحجم الحبيبي لهذه الدقائق، وهذا يعني ان أي نقصان في قيمة الحجم الحبيبي سيكون مصحوبا بزيادة ملحوظة في قيمة الاجهاد المطلوب لمرور الانخلاعة وبالتالي زيادة في قيم الصلادة .

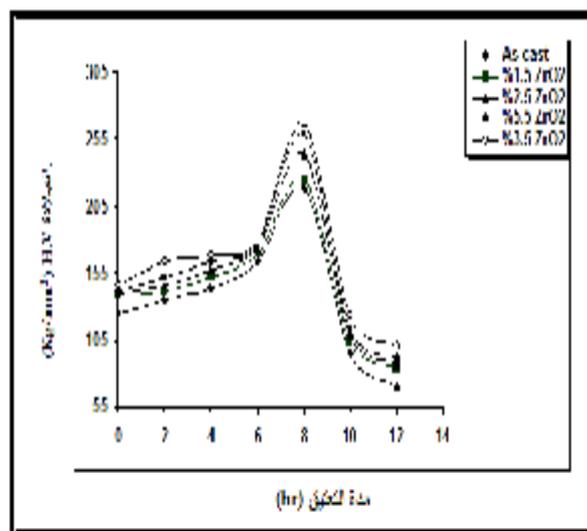


شكل-6- العلاقة بين قيم الصلادة العظمى والنسب الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة للسبيكة الأساس وبالأحجام الحبيبية المختلفة.

ساهمت في تسريع عملية التعتيق وذلك بسبب تكوينها نسبة عالية من الفراغات والتي تتجمع على مسافات قصيرة مما تسبب في تسريع عملية الانتشار علاوة على انها تعمل كغوية لمناطق الترسيب [14].



(4-A) (50mm > p.s ≥ 0.1mm)



(4-B) (63µm p.s ≥ 50µm)

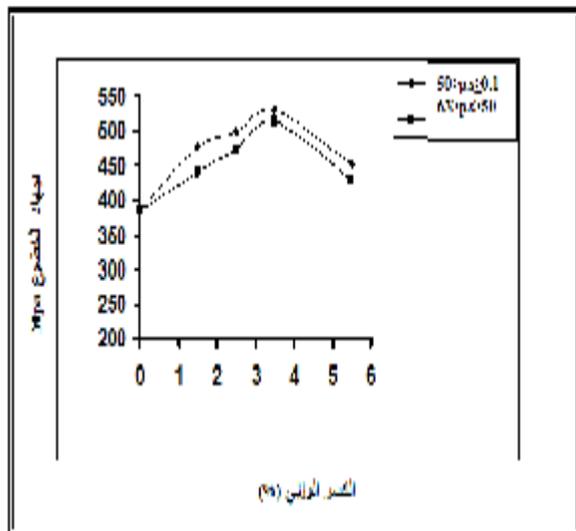
شكل 5- تاتير عملية التشكيل على البارد والمعاملة المحلولية اللاحقة على قيم الصلادة.

3.5. تأثير نسبة الزركونيا المضافة للسبيكة الاساس في قيم الصلادة العظمى

الشكل (6) يبين تغير قيم الصلادة العظمى مع الكسر الوزني لدقائق الزركونيا المضافة الى السبيكة الاساس (Al-Cu-Mg) علاوة على تأثير الحجم الحبيبي للدقائق المضافة. حيث يلاحظ من الشكل زيادة قيم الصلادة العظمى مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة لغاية النسبة (3.5wt%) بعدها تقترب قيم الصلادة العظمى من الاستقرار مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة

٤.٥. نتائج فحص الشد Result of Tesile Test

كما ان مقاومة الخضوع للسبائك المقواة بدقائق الزركونيا سوف تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي للمسافة بين الدقائق وعليه سوف تؤدي الى زيادة مقاومة الخضوع عند زيادة نسبة الزركونيا ولكن عند وجود دقائق الزركونيا بنسب اعلى من (3.5%) فان ذلك يؤدي الى احتمال تواجد تجمعات كثيرة منتشرة بصورة غير متجانسة، ان وجود هذه التجمعات يعني التقليل من دور الدقائق في اعاقه حركة الانخلاعة وبالتالي نقصان في قيم مقاومة الشد وقيم اجهاد الخضوع .

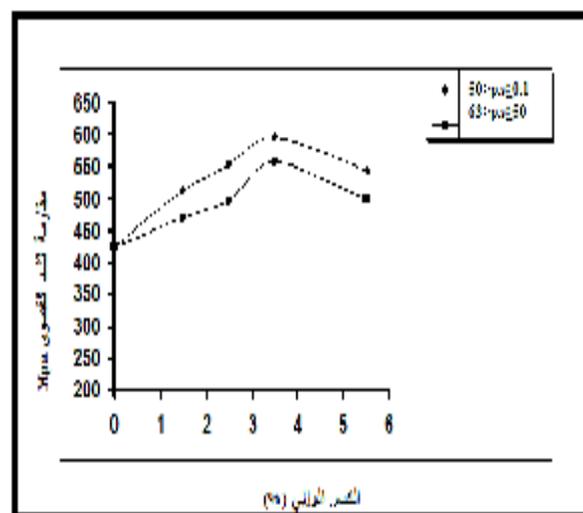


شكل 8- العلاقة بين قيم إجهاد الخضوع والنسب الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة الى السبيكة الاساس والمعاملة المحلولية عند درجة (505 °C) والمعتقة عند درجة (185 °C) مدة (8hr).

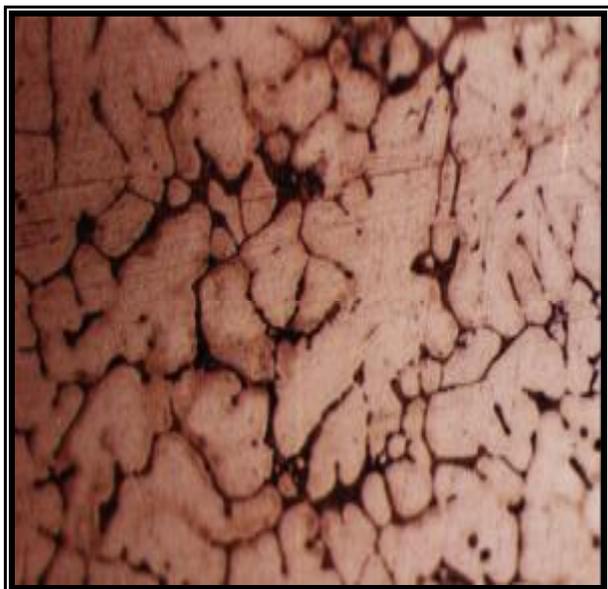
٤.٥.١. نتائج فحص المطيلية

الشكل (9) يبين تغير قيم المطيلية مع النسب الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة الى السبيكة الاساس. حيث يلاحظ من الشكل ان سبيكة (Al-Cu-Mg) ابدت نقصاناً في قيم المطيلية عند اضافة دقائق الزركونيا لها بنسب وزنية مختلفة وعلى العكس من ذلك فقد لوحظ زيادة قيم المطيلية مع زيادة الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا ولكنها تبقى اقل من قيمة المطيلية للسبيكة الاساس. ان المطيلية تسلك سلوكاً معاكساً للخواص الميكانيكية المتمثلة بمقاومة الشد القصوى والصلادة ان هذا يمكن ان يعزى الى طبيعة الدقائق السيراميكية الهشة وكذلك ان نقصان في الحجم الحبيبي والمسافة بين الدقائق يعملان على تقليل المطيلية .

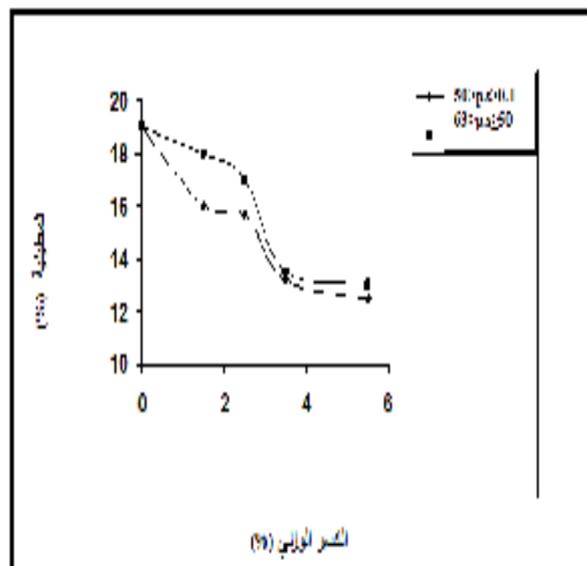
من خلال فحص الشد لسبيكة الاساس والسبائك المقواة والمعاملة محلولياً والمعتقة عند درجة (185°C) مدة (8hr) تم الحصول على قيم مقاومة الشد القصوى واجهاد الخضوع واجهاد الكسر والمطيلية. والشكل (7) يبين تغير قيم مقاومة الشد القصوى للسبيكة الاساس والسبائك المقواة مع نسب الزركونيا المضافة لسبيكة الاساس. اما الشكل (8) فيبين تغير قيم اجهاد الخضوع للشكلين (7) و (8) زيادة قيم مقاومة الشد القصوى وكذلك قيم اجهاد الخضوع مع زيادة النسب الوزنية لدقائق الزركونيا حيث يلاحظ من المضافة وتستمر القيم بالزيادة مع زيادة النسب الوزنية لتصل الى اعلى قيمة لها عند النسبة الوزنية (3.5%) وبعد ذلك تسلك المادة سلوكاً مغايراً حيث تنخفض قيمة مقاومة الشد القصوى وقيمة اجهاد الخضوع مع زيادة النسبة الوزنية للزركونيا المضافة ولكن تبقى محافظة على قيم اعلى مما هي عليه في السبيكة الاساس وان الزيادة في قيم مقاومة الشد القصوى للسبائك المقواة بدقائق الزركونيا يعود الى طبيعة هذه الدقائق الصلدة والموزعة في سبيكة الاساس باحجام جزيئية مختلفة والتي تعمل على زيادة متانة السبيكة خلال الية الاصلا بالتشنت من جراء وجود دقائق صغيرة جدا حجمها الحبيبي لايزيد عن (0.1μm) ومن خلال تواجد الدقائق الاكبر حجماً سوف تعمل هذه الدقائق كعوائق لتشوه سبيكة الاساس أي تحوير التشوه الحاصل في المادة وذلك بسبب صلابتها العالية وعليه فان كلا الأليتين سوف تعمل على عرقلة حركة الانخلاعات وبالتالي زيادة متانة المادة، هذا علاوة على وجود هذه الدقائق الصلدة في سبيكة الاساس بنسب مختلفة سوف يعمل على تقليل المسافة بين الدقائق (D_p) وخصوصاً حينما تكون موزعة بشكل منتظم وبنسب وزنية اعلى سوف تعمل على عرقلة حركة الانخلاعة بنسبة اكبر ولكي تمر الانخلاعة خلال الدقائق المشتتة والموزعة في طور سبيكة الاساس فان الاجهاد المسلط يجب ان يكون كافياً لحني الانخلاعة، وبما ان الاجهاد المطلوب لحني الانخلاعة يتناسب عكسياً مع المسافة بين الدقائق حسب العلاقة (2) كما وان المسافة بين الدقائق تقل بزيادة نسبة الزركونيا لذلك سوف يتم تسليط اجهاد اكبر لممر الانخلاعات خلال الدقائق .



شكل 7- العلاقة بين قيم الشد القصوى والنسب الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة لسبيكة الاساس والمعاملة المحلولية عند درجة (505 °C) والمعتقة عند درجة (185 °C) مدة (8hr).



سبيكة الاساس (A)



شكل 9- تغير قيم المطيلية مع النسب الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة الى السبيكة الاساس والمعاملة المحلولية عند درجة (505 °C) والمعتقة عند درجة (185 °C) مدة (8hr).

5.5. نتائج الفحص المجهرى

الشكل (10) يوضح البنية المجهرية لكل من السبيكة الأساس والمادة المترابكة بعد عملية السباكة وقبل اجراء التشكيل والمعاملة الحرارية ، حيث نجد لوحظ ان السبيكة الأساس عبارة عن محلول جامد مكون من النحاس في الألمنيوم كما يلاحظ كبر الحبيبات ووجود عيوب السباكة كالفجوات والانعزال. اما المادة المترابكة فنجد ان بنيتها ذات حبيبات انعم مقارنة مع السبيكة الاساس مع ملاحظة تجمعات وتكتلات لدقائق الزركونيا الناعمة.

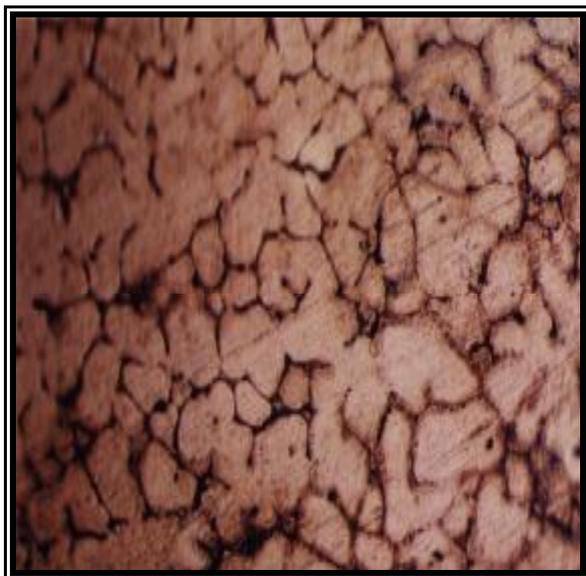
اما الشكل (11) فيوضح البنية المجهرية لكل من السبيكة الاساس والمادة المترابكة بعد عملية السباكة واجراء عملية التشكيل حيث تبين ان السبيكة عبارة عن حبيبات ناعمة ومتجانسة نوعا ما وممتدة باتجاه التشكيل وكذلك غلق الفجوات المتكونة اثناء عملية السباكة، كما يلاحظ ان توزيع دقائق الزركونيا للمادة المترابكة يكون اكثر انتظاما بعد عملية التشكيل .

الشكل (12) يوضح البنية المجهرية لكل من السبيكة الاساس والمادة المترابكة بعد عملية السباكة والتشكيل والمعاملة الحرارية المحلولية والتعتيق عند قيمة الصلادة العظمى حيث يلاحظ زيادة في حجم الحبيبات المتكونة تشتيت دقائق الزركونيا في السبيكة الاساس .

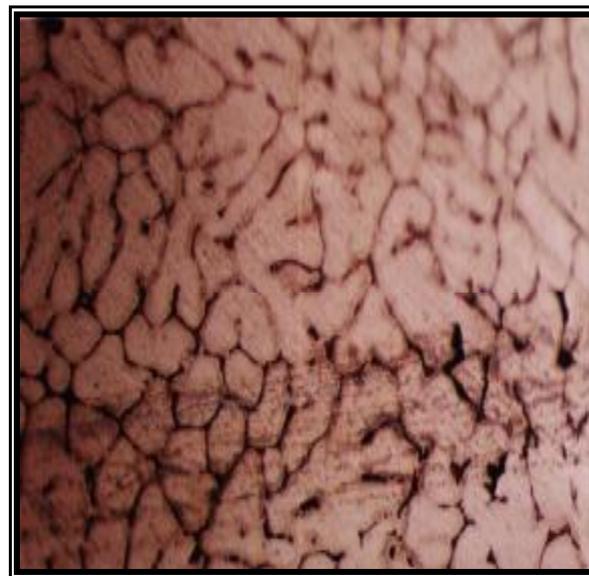


المادة المترابكة (B)

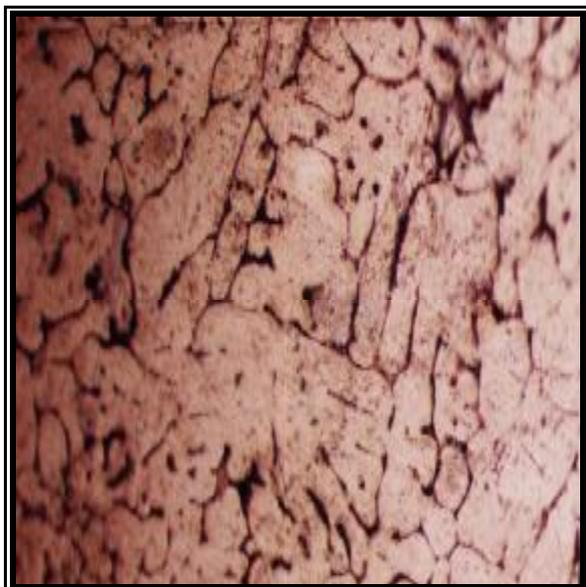
الشكل 10- البنية المجهرية بعد عملية السباكة للسبيكة الأساس (A) والمادة المترابكة (B). قوة التكبير (200x).



سبيكة الأساس (A)



سبيكة الأساس (A)



المادة المترابطة (B)



المادة المترابطة (B)

الشكل ١٢- البنية المجهرية بعد عملية السباكة والتشكيل والمعاملة الحرارية للسبيكة الأساس قوة التكبير (200x).

الشكل ١١- البنية المجهرية بعد عملية السباكة والتشكيل للسبيكة الأساس (A) والمادة المترابطة (B) قوة التكبير (200x).

٦. الاستنتاجات

- [6] J.Knneko and M.Sugamata "Mechanics alloying of aluminium with ceramic particles" .J.aluminium 65(1989) 507 .
- [7] سهامة عيسى صالح" تصليد سبائك الالمنيوم باكثر من الية " الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد الثاني عشر ، العدد التاسع . 18-7 (1993)
- [8] Basavarajappa, S., Chandramohan, G., Subramanian, R. and Chandrasekar, A., "Dry Sliding Wear behaviour of Al 2219/SiC metal matrix Composites" Material Science Poland, 24 : 357-363(2006).
- [9] Randit. Bauri and M.K. Surappa "Processing and properties of Al-Li Sic composites" Sci. and Tech. of Advanced Materials 8(2007) 494-502.
- [10] Bayraktor, E., Masounave, J., Caplain, R. and Bathias C., "Manufacturing and damage mechanisms in metalMatrix composites", Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 31/2: 294-300(2008).
- [11] M.N. Wahab, A.R. Doud and M.J Ghazali "Preparation and characterization of stir cost-Aluminum Nitride Reinforced Aluminum metal matrix composites" International-J.of mechanical and material Engineering(IJMME) 4(2) (2009) pp:115-117.
- [12] D. Siva Prasad, A. Ramakrishna "Fabrication and characterization of A 356.2-Rice Husk Ash composite using stir casting technique" International J. of Eng. Sci. and Technology 2(21) 2010pp:7603-7608.
- [13] Sahama,E. Salih, Sahib,M. Al-Saffar, and Sarmad, I. Ibrahim"Effect of Ceramic Particies Addition on the Hardness and fatigue values of the Composite Metal Matrix(Al-Cu-Mg) "J. of King Abdulaziz University Eng. Sci., 21(2) 2010 pp127-150.
- [14] Donald R. Askeland and Pradeep P. Fulay"Essentials of Materials Science and Engineering" second Edition, Cengage Learning (2010).
- [15] D.A. Porter & K.E. Easterling "Phase Transformations in Metals & Alloy" 2nd. ed., Champan & Hall India (1992).
- [16] D.A.Thornton and v.colangclo"Fund of Eng. Mat.", 1st ed, 1985 .

١. التعتيق عند زمن مقداره (8 hr) يؤدي إلى تحسن ملحوظ وواضح في المواصفات الميكانيكية .
٢. أدت عملية التشكيل والمعاملة الحرارية الى تقليل مدة التعتيق المطلوبة للوصول الى قيم الصلادة العظمى لسبيكة الاساس والمادة المترابكة المنتجة.
٣. إن إضافة دقائق الزركونيا وتشتيتها في بنية السبيكة الاساس ادت الى زيادة قيم الصلادة ولكنها عملت كحواجز معيقة لترسيب دقائق الطور الثانوي (CuAl₂) وبالتالي زيادة مدة التعتيق المطلوبة للوصول الى قيم الصلادة العظمى .
٤. إن قيم مقاومة الشد القصوى والصلادة للمادة المترابكة المنتجة اعلى مما هو عليه في السبيكة الاساس كما وتزداد هذه القيم مع زيادة النسب الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة لسبيكة الاساس لتصل الى اعلى قيمها عند النسبة الوزنية (3.5wt%) البالغة (570MPa) (140kg/mm²)، في حين تنخفض قيم المطيلية للمادة المترابكة ويزداد انخفاضها مع زيادة النسب الوزنية لدقائق الزركونيا المضافة لسبيكة الاساس.
٥. أدت زيادة الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا الى انخفاض في قيم مقاومة الشد القصوى والصلادة في حين سببت زيادة الحجم الحبيبي الى تزايد في قيم المطيلية للمادة المترابكة.
٦. أثبتت نتائج الفحص بحيود الأشعة السينية ظهور دقائق الطور الثانوي (CuAl₂) في السبيكة الأساس والمادة المترابكة، فضلاً عن ظهور دقائق الزركونيا في نتائج الفحص بحيود الأشعة السينية للمادة المترابكة.

٧. المصادر

- [1] R.J .Arsenault and R.M. fisher "Micro structure of fiber and particulate SiC in 6061 Al composites", J.scripta met.17(1983) 67-71.
- [2] Massardier, V. and Merle, P., "Mechanisms of Interaction Controlling the Kineties of Zone Formation in MMC" Materials Science and Eng., A249: 109-120 (1998).
- [3] Mortensen, A., "Melt Infiltration of metal matrix composites, in comprehensive composite materials", Metal Matrix Composites, T.W. Clynn (ed.), Elsevier, 3 pp: 21-540 (2000).
- [4] Chatterjee, U.K. and Dhindaw B.K., "Synthesis of Aluminum- Cementite Metal matri composite by mechanical alloying". International Conference on Advances inMaterials and Materials Processing (ICAMMP-2006), 3-5 February (2006) 79-85.
- [5] N.Izzat ,E.S. Dwarakadasa,S.K Goel and Abdul-razzaq Ismail"SEM study of fracture in an (Al-Al₂O₃-MgO) cast particle composite" ,J.Metal.Sci.Lett.2(1983) 750-752 .

Study of Mechanical Properties of (Al-Cu-Mg) Alloy Matrix Composite

Sahama E. Salih

Mervit M. Al-Jnabi

Department of Materials Engineering/ University of Technology

Abstract

The present research had dealt with preparing bars with the length of about (13 cm) and adiameter of (1.5 cm) of composite materials with metal matrix represented by (Al-Cu-Mg) alloy cast enforced by (ZrO_2) particles with chosen weight percentages (1.5, 2.5, 3.5, 5.5 %). The base cast and the composite materials were prepared by casting method by uses vortex Technique in order to fix up (ZrO_2) particles in homogeneous way on the base cast. In addition to that, two main groups of composite materials were prepared depending on the particles size of (ZrO_2)

($50mm > p.size \geq 0.1mm$), ($63mm > p.size \geq 50mm$) respectively.

The study also contained the effect of insolution heat treatment at ($505^\circ C$) and the following forming process in addition to aging process at ($185^\circ C$) during different periods for all the prepared models. Also we carried on the study of the effect of reinforcement the base cast process with zirconia particles (ZrO_2) on some of its mechanical properties. The optical microscopy test should that the microstructures of the composite materials having fine grains as compare with large grains more of the base cast. As for hardness test & tensile test results showed an increase in hardness & tensile strength in addition to the increase in (ZrO_2) that was added to reach the highest values when the weighted percentage of 3.5% and the amount of (140H.V), (570MPa) respectively. It was noted that the ductile values are reduced continuously with the increase of the added (ZrO_2).

The effect of particle size of (ZrO_2) particles on the mechanical properties, it was noted that there was a little reduction in the values of hardness and tensile strength with an increase of the particle size of (ZrO_2) but remains higher than in the base cast and the amount of (110H.V), (210MPa) respectively. While there was an increase in the ductile values with increasing the particle size but they still less than in the base cast.
