



دراسة تأثير إضافة دقائق كل من الالومينا (Al_2O_3) والزركونيا (ZrO_2) على بعض الخواص الميكانيكية لمترابكات ذات أساس من سبيكة ($Al-Si-Mg$)

سرمد عماد إبراهيم حسين

قسم هندسة المواد/الجامعة التكنولوجية

البريد الإلكتروني: srmade@yahoo.com

(Receive 23 November 2010; accepted 2 June 2011)

الخلاصة

يتناول البحث دراسة تأثير إضافة نوعين من المواد السيراميكية في الخواص الميكانيكية لسبيكة ($Al - Si - Mg$) وهما دقائق الالومينا بحجم حبيبي يتراوح بين ($20\mu m > P.S \geq 0.1\mu m$) ودقائق الزركونيا بحجم حبيبي يتراوح بين ($20\mu m > P.S \geq 0.1\mu m$) وإضافتها إلى السبيكة بنسب وزنية (1% , 0.8 , 0.6 , 0.4 , 0.2). وتمت بطريقة السباكة بالمزج في تصنيع المادة المترابكة باستخدام تقنية الدوامة والتي تعمل على سحب الدقائق إلى داخل المنصهر المعدني وتوزيعها خلاله بشكل متجانس. وتم بعد ذلك إجراء المعاملة المحلولية للعينات عند درجة حرارة ($520^\circ C$) والتعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة ($170^\circ C$) في فترات مختلفة. حيث لوحظ أن قيم الصلادة للسبيكة الأساس تزداد مع مدة التعتيق لتصل إلى أعلى قيمة لها عند مدة (8hr). تم إجراء الفحوصات الميكانيكية للسبيكة الأساس والمادة المترابكة المنتجة والمتمثلة بفحص الشد والصلادة والبلى عند قيم الصلادة العظمى للنماذج المعاملة حرارياً. حيث وجد أن قيم الصلادة تزداد مع زيادة النسب المضافة ولغاية (1%). وأن الزيادة الحاصلة في قيم الصلادة للسبيكة المقواة بدقائق الالومينا أكبر من قيم الصلادة المقواة بدقائق الزركونيا. أما نتائج فحص الشد فقد بينت أن مقاومة الشد والخضوع للمادة المترابكة أعلى مما هي عليه في السبيكة الأساس وتزداد هذه القيم مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة والى حد (0.6%) ثم تسلك سلوكاً مغايراً لكنها تبقى محافظة على قيم أعلى مما هي عليه في السبيكة الأساس. في حين تنخفض قيم المطيلية مقارنة مع السبيكة الأساس ويزداد انخفاضها مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة. وأن الزيادة الحاصلة في قيم مقاومة الشد ومقاومة الخضوع للسبيكة المقواة بدقائق الالومينا أكبر من تلك المقواة بدقائق الزركونيا. في حين أن قيم المطيلية للسبيكة المقواة بدقائق الزركونيا أكبر من المقواة بدقائق الالومينا. كما أدى إضافة دقائق الزركونيا والالومينا إلى تقليل معدل البلى للسبيكة الأساس مع تغير الحمل المسلط. وأن النقصان يزداد مع زيادة النسب المضافة. وأن النقصان الحاصل في قيم معدل البلى للسبيكة المقواة بدقائق الالومينا أكبر من المقواة بدقائق الزركونيا. أثبتت نتائج فحص الأشعة السينية ظهور الطور الثانوي ($AlFeSi$) في كل من السبيكة الأساس والمادة المترابكة بينما أدت المعاملة الحرارية إلى ظهور الأطوار (Mg_2Al) و (Mg_2Si) في البنية المجهرية للسبيكة الأساس والتي أدت إلى تحسن واضح في الخواص الميكانيكية، فضلاً عن ظهور الدقائق السيراميكية في البنية المجهرية للمادة المترابكة والتي كانت بشكل حبيبات ناعمة ومتجانسة نوعاً ما مقارنة بكبر الحبيبات في البنية المجهرية للسبيكة الأساس.

الكلمات المفتاحية: المواد المترابكة، الحشوات السيراميكية، اختبار الشد، اختبار البلى.

1. المقدمة

الواطئة ومقاومتها الجيدة للتآكل وتوصيلها الحراري العالي وقابليتها الممتازة للتشغيل وللصب وللحام [2]. وتتعرض سبائك الألمنيوم المستخدمة في الصناعات المختلفة وخصوصاً صناعة الطائرات إلى انخفاض مقاومتها عند تعرضها إلى ظروف العمل وبتحميل عالٍ وعند درجات الحرارة العالية. وتعد تقنية إضافة المواد السيراميكية إلى السبائك المعدنية ومنها سبائك الألمنيوم مرغوبة اقتصادياً لإنتاج المواد المترابكة ذات الأساس المعدني (MMCs) لما تضيفه على المادة من تحسن واضح في أدائها الميكانيكي عند درجات الحرارة العالية [3]. تمتاز العديد من المواد المترابكة وبالأخص ذات الأساس المعدني والمقواة بالمواد السيراميكية بالكثير من الخواص التي نالت الكثير من الاهتمام. لذلك كانت هناك حاجة ماسة لفهم طبيعة التصرف لهذه المواد وتأثيرها في خواص المادة المترابكة [4].

أن أهم الصعوبات التي تواجه تصنيع هذه المواد هي غياب التبادل بين السبائك المعدنية وطور التقوية، لذلك يعد تحديد طريقة التصنيع من أهم متطلبات نجاح استخدام المواد المترابكة ذات

نتيجة للتطور الصناعي الكبير الذي شهده العالم في كافة المجالات، سعى العلماء والباحثون إلى إيجاد بدائل مختلفة للمواد ذات الاستخدامات الصناعية المتعددة. حيث تحتاج العديد من التطبيقات الهندسية إلى مزيج من الخواص الملائمة التي لا يمكن الحصول عليها من المواد الهندسية الأساسية (كالسبائك واللدائن والسيراميك) ومن أهم هذه الخواص هي المقاومة النوعية العالية ومعامل المرونة النوعي العالي والجساءة العالية والمتانة وقابلية التشكيل [1].

أن التطورات ركزت ومنذ عقد السبعينات صوب الألمنيوم وسبائكها كمواد أساس وعلى نطاق واسع في شتى المجالات المدنية والعسكرية، إذ يعد من أوسع المعادن اللاحديدية استعمالاً لأنه الثاني بعد الصلب استهلاكاً في العالم. وتعد سبائك الألمنيوم من السبائك المهمة جداً لما لها من استعمال واسع في العديد من حقول التكنولوجيا وذلك لامتلاكها العديد من المميزات ككثافتها

محلولية عند درجة حرارة (515C°) ولمدة (1) ساعة، ثم اجري التعتيق عند درجة حرارة (190C°) وبازمان مختلفة واستنتج ان اضافة الالومينا يؤدي الى زيادة الصلادة ونقصان معدلات البلى، كما لاحظ ان مدة التعتيق المطلوبة للوصول الى اقصى صلادة تزداد مع زيادة الالومينا، ومن خلال فحص البنية المجهرية باستخدام المجهر الالكتروني الماسح تبين ان الالومينا تتوزع في سبيكة الاساس بشكل متجانس على الحدود البلورية. كما لاحظ من خلال فحص حيود الاشعة السينية نقصان نسب الطور المترسب (Cu Al₂) مع زيادة نسب الالومينا.

وفي عام (2005) قامت الباحثة ميرفت [14] بتحضير سبيكة (Al-4%Cu-1.5%Mg) وتقويتها بدقائق من مادة الزركونيا (ZrO₂) وبكسر وزني وحجم حبيبي مختلفين ودرست مقاومة الشد والمطيلية والصلادة لتلك المادة المترابطة وقد بينت النتائج ازدياد قيم كل من الصلادة ومقاومة الشد مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة الى حد (3.5 wt %) ثم تسلك المادة سلوكا مغايرا ولكنها تبقى عند قيم اعلى مما هي عليه في السبيكة الاساس في حين لوحظ ان قيم المطيلية تقل باستمرار مع زيادة نسبة الزركونيا المضافة. اما تأثير الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا على الخواص الميكانيكية فقد لوحظ ان هناك انخفاضا قليلا في قيم مقاومة الشد والصلادة مع زيادة الحجم الحبيبي لدقائق الزركونيا بينما هنالك زيادة قليلة في قيم المطيلية مع زيادة الحجم الحبيبي ولكنها تبقى اقل مما هي عليه في السبيكة الاساس.

٢. الهدف من البحث

- ١- دراسة تصنيع مواد مترابطة بطريقة السباكة بالمزج وذلك بإضافة نوعين مختلفة من المواد السيراميكية وهي دقائق الزركونيا ودقائق الالومينا إلى سبيكة (Al-Si-Mg) وبنسب مختلفة (0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1 %).
- ٢- دراسة تأثير اضافة المواد السيراميكية المذكورة في اعلاه على الخواص الميكانيكية للسبيكة الاساس والمتمثلة بخواص الشد والبلى والصلادة.
- ٣- دراسة أطوار التقوية الناتجة بعد المعاملة الحرارية (الاصلا بالترسيب) للسبيكة الاساس والمادة المترابطة عن طريق فحص حيود الأشعة السينية.
- ٤- دراسة البنية المجهرية لكل من مادة الاساس والمادة المترابطة المنتجة باستخدام المجهر البصري.

٣. الجزء النظري

يعتمد التطور (التكنولوجي) والصناعي بشكل كبير على التقدم في إنتاج المواد الهندسية ونتيجة لذلك ظهرت الحاجة لتعويض المواد الهندسية التقليدية التي استخدمت في الصناعة فترات زمنية طويلة بمواد بديلة تحمل صفات هندسية عالية تتفوق بها على المواد التقليدية وذلك لاستغلالها في مختلف الصناعات، كصناعة السيارات والطائرات والسفن والصناعات الكهربائية والمعدات الرياضية [2].

ومن خلال دراسة خواص المواد الهندسية المختلفة (كالمعادن والسيراميك واللدائن) لوحظ وجود تباين في خواص تلك المواد من حيث المقاومة والمتانة واللونة وتحمل درجات الحرارة والموصلية الكهربائية وغيرها [3]. ونتيجة لما تقدم ظهرت الحاجة إلى إنتاج مواد تجمع الصفات الهندسية المشتركة للمواد الهندسية مثل المقاومة والمتانة والصلادة التي تمتاز بها السبائك

الاساس المعدني المقواة بالمواد السيراميكية وذلك لعدم ملائمة طرائق السباكة التقليدية مما أدى إلى قيام الكثير من الدراسات حول إيجاد سبل جديدة لتصنيع المواد المترابطة وحتى يومنا هذا. وتعد كل من طريقة تقوية المساحيق والسباكة بالمزج من أهم التقنيات المتبعة لإمكانية الحصول على توزيع متجانس للدقائق السيراميكية خلال الأرضية وبالتالي الحصول على الاستمرارية المطلوبة للخواص [5].

وفيما يأتي استعراض لعدد من البحوث التي اهتمت بالمواد المترابطة وتطويرها.

ففي عام 1995 درس الباحث Mustafa [6] تأثير إضافة ألياف من الالومينا في معدل البلى لسبيكة (Al-22%Si)، حيث تمت إضافة ألياف الالومينا إلى السبيكة باتباع تقنية السباكة بالضغط اذ تدي إضافة ألياف الالومينا إلى زيادة الحمل المطلوب من حمل الانتقال إلى حمل البلى الشديد لأكثر من ثلاث مرات مقارنة مع السبيكة الاساس وتقل أيضاً من معامل الاحتكاك. ويبقى معدل البلى الذي يتم عنده الانتقال من البلى الاوكسيدي إلى البلى الشديد ثابتاً للسبيكة الاساس والسبيكة المضاف إليها ألياف الالومينا إلا أن الحمل الذي يتم عنده الانتقال يكون مختلفاً تماماً. كما درست الباحثة أسراء [11] عام 1998 تأثير المجانسة الحرارية في مقاومة البلى لسبيكة الألمنيوم الحاوية على (16%Si). وأظهرت النتائج تحسناً في مقاومة البلى وذلك يعود إلى تحول دقائق السليكون من الشكل ذي الحافات الحادة إلى دقائق مستديرة تقريباً بعد المعاملة، فضلاً عن أن معدل البلى يقل بزيادة سرعة الانزلاق.

وفي نفس العام قام الباحث Smagorinski وأخرون [7] بدراسة الخواص الميكانيكية لمادة مترابطة ذات أساس من الألمنيوم ومدعمة بمزيج من الحبيبات السيراميكية ومحضرة بتقنيتي ميتالورجيا المساحيق والرش بالبلازما، وقد تبين أن الخواص الميكانيكية والفيزيائية تكون أفضل للمادة المترابطة المحضرة بتقنية ميتالورجيا المساحيق مثل معامل المرونة ومعامل التمدد الحراري.

كما وقام الباحثان Perez & Yawny [8] عام 2000 بدراسة خاصة متانة الكسر لنوعين من المواد المترابطة المعدنية، الأولى سبيكة (Al-Si-Mg) مقواة بنسبة (15%) من مادة الالومينا، والثانية سبيكة (Al-Si) مقواة بنسبة (15%) من كاربيد السليكون وأجريت عملية تليدين للمادتين عند درجة حرارة (340°C) ومدة (24hr) وتم إجراء اختبار متانة الكسر. وتوصلا إلى أن إجراء المعاملة الحرارية تحسن من قيمة متانة الكسر وكذلك الإجهاد المطلوب لنمو تقدم الشق يكون ذا قيمة عالية وليس هناك تأثير لدرجة حرارة الاختبار على قيم متانة الكسر.

وفي عام (2001) حضر الباحث حازم [12] مادة مترابطة (MgO - Al₂O₃ - 4%Cu - Al) ودرس تأثير اضافة دقائق المغنيسيا في تبللية الالومينا مع السبيكة (Al - Cu) وبالتالي تأثيرها في بعض الخصائص الميكانيكية وظهرت النتائج ان افضل نسبة مغنيسيا مضافة الى خليط المسحوق (Al₂O₃-MgO) كانت بنسبة (14%) ولاحظ بان مقاومة الشد القصوى والصلادة تزداد مع زيادة نسبة الالومينا الى حد (0.5wt%) بعده تسلك المادة سلوكاً مغايراً ولكنها تبقى عند قيم اعلى مما عليه في السبيكة الاساس، بينما تقل المطيلية باستمرار مع زيادة نسبة الالومينا المضافة. وعلاوة على ذلك وجد ان زيادة الحجم الحبيبي يؤدي الى نقصان في مقاومة الشد القصوى والصلادة بينما تزداد المطيلية مع زيادة الحجم الحبيبي ولكنها تبقى اقل من مطيلية المادة الاساس.

وفي العام ذاته قام الباحث عدنان [13] بإنتاج مادة مترابطة ذات اساس (Al - 4.5 % Cu - 1.5% Mg) وبتقنية السباكة حيث تم تشتيت دقائق الالومينا فيها ومن ثم إجراء معاملة حرارية

الكسر الوزني لمادة التقوية لكل من دقائق الزركونيا ودقائق الألومينا والنسب المطلوبة (0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1%). ثم تم وضع القطع الموزونة داخل البودقة وادخلت إلى الفرن الكهربائي الذي تم تثبيته عند درجة حرارة (750°C) لضمان انصهار السبيكة بشكل كامل. ولتجانس توزيع دقائق المواد السيراميكية المضافة داخل المنصهر استعمل لهذا الغرض خلاط كهربائي مصنوع من الفولاذ ومزود بمروحية من مادة مقاومة للصدا، ثم انزل الخلاط الكهربائي إلى داخل البودقة الموجودة داخل الفرن المثبت عند الدرجة الحرارية للحفاظ على سيولة المنصهر. وتم تدوير المنصهر بسرعة (900 r.p.m) للحصول على دوامة داخله، وبعد ذلك تم إضافة الدقائق السيراميكية التي تم تغليفها برقائيق من الألمنيوم والمسحنة مسبقاً إلى درجة حرارة (500°C) لإزالة الرطوبة وتحسين تشتيت الدقائق داخل المنصهر. ونتيجة لفعول الدوامة يتم سحب مسحوق الدقائق السيراميكية إلى داخل المنصهر المعدني وتوزيعه خلاله وبعدها يتم تحريك المنصهر لمدة تتراوح بين (1-5min) لحين تجانس المنصهر الذي يكون بشكل عالق. بعدها تتم عملية الصب في قالب من الفولاذ الذي تم تسخينه مسبقاً إلى درجة حرارة (250°C) لمنع حدوث التبريد المفاجئ للمنصهر. ثم يترك ليتجمد للحصول على المادة المترابطة، وتعاد العملية لعدة مرات وحسب النسب المطلوب إضافتها إلى السبيكة الأساس لكل من دقائق الزركونيا ودقائق الألومينا.

جدول 1-

يوضح التركيب الكيميائي للسبيكة الأساس بعد الصب.

العنصر	النسبة المئوية (%)
Si	7.2
Fe	0.41
Cu	0.15
Mn	0.15
Mg	0.35
Zn	0.015
Ti	0.019
Cr	0.01
Ni	0.005
Pb	0.02
Sn	0.007
Sb	0.023
Al	Rem.

بعدها تم إجراء عملية الاصلاح بالترسيب للسبيكة الأساس والمادة المترابطة و كما يلي:

a- المعاملة المحلولية: تم إجراء هذه المعاملة بدرجة حرارة (520°C) لكل من السبيكة الأساس والمادة المترابطة ولمدة (1hr).

b- الإخماد: بعد انتهاء زمن المعاملة تم التبريد بالماء إلى درجة حرارة الغرفة.

وخفة الوزن والمقاومة الكيميائية التي تمتاز بها اللدائن وكذلك تحمل درجات الحرارة العالية التي تمتاز بها المواد السيراميكية. لذلك تم الاتجاه إلى إنتاج المواد المترابطة (Composite Materials) التي تعرف بأنها المواد الناتجة من دمج مادتين أو أكثر مختلفتين لإعطاء مزيج من الخواص الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية لا يمكن الحصول عليها من المواد الأصلية. أي أنها تحمل الصفات المرغوبة في المواد المكونة لها وتلغي أو تحد من تأثير الخواص غير المرغوبة [4].

4. الجزء العملي

تقسم المواد المستخدمة في هذه الدراسة إلى المادة الأساس ومواد التقوية حيث إن مادة الأساس المستخدمة في هذا البحث هي سبيكة (Al-Si-Mg) لما تتميز به من خواص وتطبيقات على نطاق واسع، وتم استخدام نوعين من المواد السيراميكية وإضافتها إليها بنسب مختلفة ودراسة تأثيرها على الخواص المذكورة نظراً لما تتميز به هذه الدقائق من خواص ميكانيكية عالية. وقد تم إجراء عملية تجفيف للمساحيق قبل الاستخدام لإزالة الرطوبة الموجودة على سطحها عند درجة حرارة (500°C) لتحسين قابلية الترتيب عند إضافتها للسبيكة الأساس وهما:

- a- دقائق الألومينا (Al_2O_3): حيث تم استخدام مسحوق ناعم من دقائق الألومينا المختبري وبحجم دقائق يتراوح بين $(20\mu m > Particle Size \geq 0.1\mu m)$.
- b- دقائق الزركونيا (ZrO_2): حيث تم استخدام مسحوق ناعم من دقائق الزركونيا المختبري وبحجم دقائق يتراوح بين $(20\mu m > Particle Size \geq 0.1\mu m)$.

تم تحضير السبيكة الأساس (Al-7%Si-0.3%Mg) وذلك بصهر سبيكة (Al-12%Si) وبكتلة معلومة داخل بودقة من كاربيد السليكون وباستعمال فرن كهربائي ذو فوهة عليا. حيث أجريت عملية الصهر عند درجة حرارة (750°C) لضمان إتمام عملية الصهر، وبعد التأكد من حدوث الصهر التام يتم إضافة الألمنيوم النقي (99.99%) إلى السبيكة لغرض تقليل نسبة السليكون إلى النسبة المطلوبة مع التحريك المستمر للمنصهر. ثم إضافة المغنيسيوم إلى داخل المنصهر بعد أن تم تهيئته بشكل حبيبات صغيرة وبنقاوة عالية جداً وتغليفه برقائيق من الألمنيوم بشكل يمنع اتصالها مع الهواء تفادياً لحدوث عملية الأكسدة وتغمر داخل المنصهر مع تثبيت الفرن للحفاظ على سيولة المنصهر لحين اكتمال ذوبانية المغنيسيوم مع المنصهر. ثم تتم معالجة المنصهر بواسطة قضيب من الكرافيت، مع التحريك المستمر للمنصهر لحين التجانس. ثم إضافة كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) بشكل مسحوق إلى المنصهر حيث يعمل على طرد الغازات وإزالة الخبث نتيجة لتفاعله مع المنصهر وتكوين طبقة الخبث التي تعلق سطح المنصهر والتي تزال من السطح، بعدها تتم عملية صب منصهر السبيكة في قالب اسطواني الشكل من الفولاذ بقطر (15mm) وارتفاع (130mm) مع ملاحظة التسخين المسبق للقالب إلى درجة حرارة (250°C) لمنع حدوث التبريد المفاجئ للمنصهر. وبعد تجمد المنصهر بشكل تام تخرج الصبة من القالب للحصول على السبيكة الأساس، وأجريت عملية التحليل الكيميائي للسبيكة الأساس وكانت النتيجة كما مبين في الجدول (1).

وتم تحضير المادة المترابطة بطريقة السباكة بالمزج (Stirring Casting) وباستعمال تقنية الدوامة (Vortex Technique) وعليه تم تقطيع السبيكة الأساس إلى قطع صغيرة لغرض تحديد الوزن المطلوب منها استناداً إلى

٥. النتائج والمناقشة

من خلال ملاحظة الشكل (1) والذي يوضح تأثير زمن التعتيق في قيم الصلادة للسيبكية الأساس يلاحظ إن صلادة السيبكية الأساس تزداد مع زيادة مدة التعتيق لتصل إلى أعلى قيمة لها عند مدة تعتيق مقدارها (8hr) ويعود سبب ذلك إلى ترسيب دقائق صغيرة من الطور (Mg_2Si) بعدة مراحل حيث تتكون مناطق ($Gp.Zone$) في المراحل الأولى من التعتيق وهي تزيد من قيمة الصلادة، ثم يتكون الطور (β) وهو المركب غير المستقر (Mg_2Al) والذي يرتبط بالطور الأساس والذي يزيد أكثر من قيمة الصلادة، ثم يتكون الطور (β) وهو الطور المستقر (Mg_2Si) الصلب والذي يكسب السيبكية خواص مقاومة عالية وصلادة عالية [9]. وهذا ما أكدته نتائج فحص حيود الأشعة السينية للسيبكية الأساس قبل وبعد المعاملة الحرارية والمبينة في الجدولين (2,3). حيث تعمل هذه الدقائق إلى إعاقه حركة الانخلاعات مما يؤدي إلى تصليد السيبكية وزيادة مقاومتها. وباستمرار زيادة التعتيق إلى أكثر من (8hr) يلاحظ انخفاض قيم الصلادة ويعود سبب هذا الانخفاض إلى تجمع الدقائق المترسبة وتكون جسيمات أكبر حجماً فضلاً عن فقدان انفعالات التطابق بين الطور (Mg_2Si) والطور الأساس. بالإضافة إلى تكوين أطوار وسطية ناتجة عن العمليات الانتشارية لعناصر السبك قبل وبعد المعاملة الحرارية حيث لاحظنا من خلال حيود الأشعة السينية ظهور الطور الثانوي ($AlFeSi$). إن ظهور هذا الطور يؤدي إلى سحب السيليكون وتأخير ترسيب الطور (Mg_2Si) وبالتالي تكوين عوائق أقل لحركة الانخلاعات مما يؤدي إلى انخفاض قيم الصلادة.

c- التعتيق الاصطناعي: أجريت هذه العملية للسيبكية الأساس والمادة المترابكة بدرجة حرارة ($170^\circ C$) وبأزمان مختلفة هي (2-12 hr) ثم التبريد بواسطة الهواء.

تم إجراء فحص الشد للعينات القياسية بعد عملية التشغيل باستخدام جهاز الشد وبسعة (2.5ton) وبسرعة (1mm/min) ثم إيجاد قيم مقاومة الشد ومقاومة الخضوع و المطيلية لكل من المادة الأساس و المادة المترابكة.

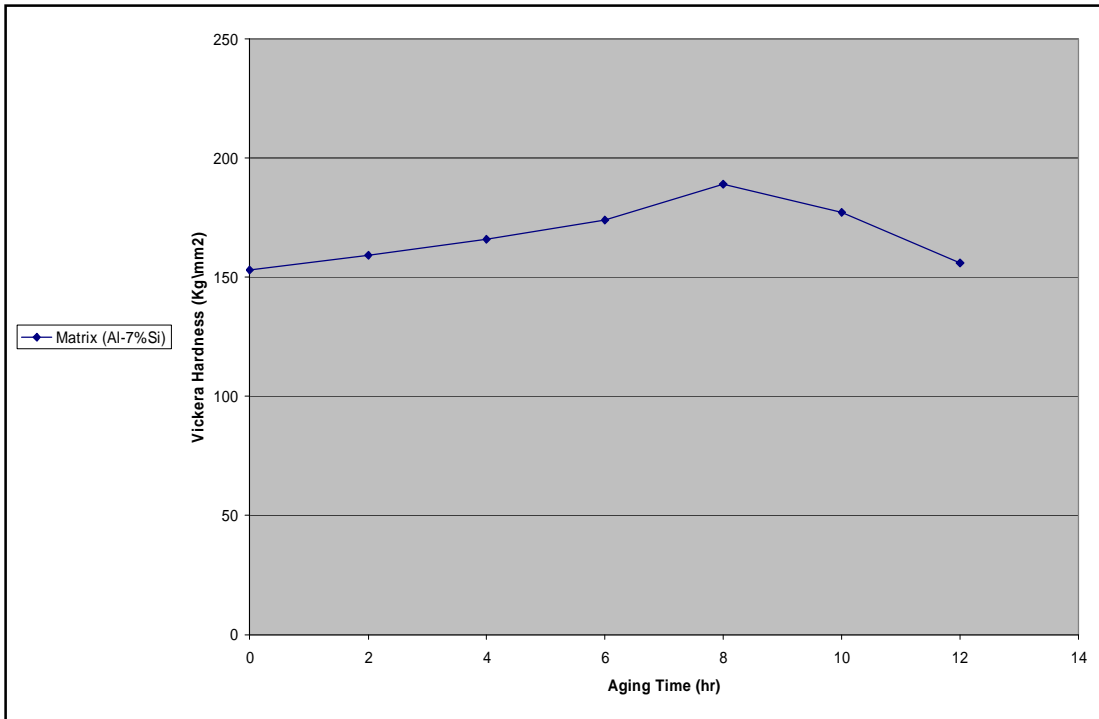
وتم إجراء اختبار البلى باستخدام جهاز البلى الالتصافي نوع (Pin-On Disk) وبتسليط الحمل بصورة عمودية على العينة وبأحمال (2 , 5 , 7 and 10 N) للمادة الأساس والمادة المترابكة لفترة زمنية مقدارها (30) دقيقة. وتم وزن العينة قبل وبعد إجراء الاختبار وحساب الفرق في الوزن ($W1-W2$). ومن ثم حساب معدل البلى.

تم إجراء فحص الصلادة الدقيقة بطريقة ((فيكرز)) حيث تم تسليط حمل مقداره (1 Kg) لمدة (5Sec) على سطح العينة. ومن ثم تم إجراء فحص البنية المجهرية، وفحص حيود الأشعة السينية لغرض معرفة الأطوار الناتجة في السيبكية الأساس والمادة المترابكة، وقد تم اتباع قانون ((برالك)) لحساب المسافة بين المستويات الذرية وتحديد الأطوار المتكونة والمبين في العلاقة الآتية:

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad \dots(1)$$

حيث أن:

(θ) زاوية الحيود، (n) مرتبة الحيود=1، (d) المسافة بين المستويات، (λ) الطول الموجي للأشعة السينية.



شكل - ١ - يوضح تأثير زمن التعتيق الاصطناعي على قيم الصلادة للسيبكية الأساس.

جدول ٢-

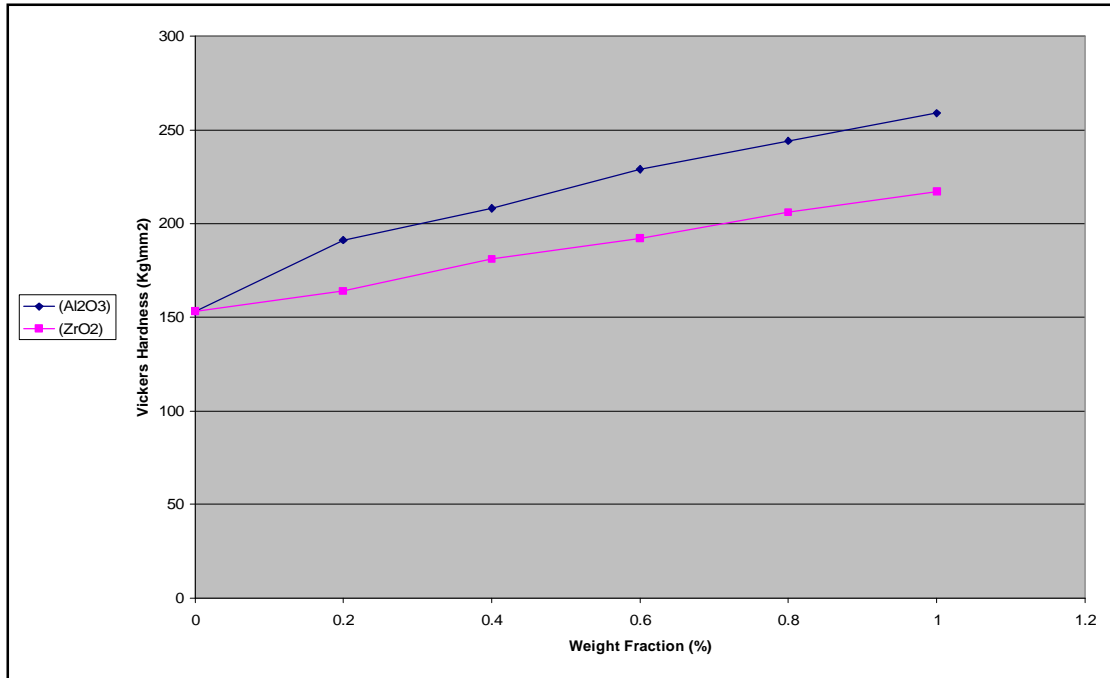
نتائج فحص حيود الأشعة السينية للسبيكة الأساس بعد الصب.

20	dm(A)°	ds(A)°	Phase	I/I ₀
28.1	3.165	3.138	Si	100
38.1	2.358	2.338	Al	100
44.2	2.046	2.024	Al	47
46.7	1.940	1.920	AlFeSi	60
55.5	1.652	1.638	Si	35
64.5	1.441	1.431	AlFeSi	35
77.9	1.224	1.221	Al	24
82.3	1.169	1.169	Al	7

جدول ٣-

نتائج فحص حيود الأشعة السينية للسبيكة الأساس بعد المعاملة المحلولية والتعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) مدة (8hr).

20	dm(A)°	ds(A)°	Phase	I/I ₀
28.2	3.701	3.700	Mg ₂ Si	40
35.2	2.514	2.510	Mg ₂ Al	100
38.0	2.361	2.338	Al	100
44.2	2.044	2.024	Al	47
46.9	1.934	1.929	AlFeSi	15
55.6	1.649	1.599	Mg ₂ Si	20
64.6	1.439	1.429	AlFeSi	35
69.9	1.320	1.320	Mg ₂ Si	60
77.9	1.223	1.224	Mg ₂ Al	70
82.2	1.170	1.169	Al	7
88.2	1.106	1.108	Si	17



شكل ٢ - يوضح تأثير النسب الوزنية للدقائق المضافة للسبيكة الأساس على قيم الصلادة.

(B) ويعود سبب ذلك إلى الصلادة العالية لدقائق الألومينا مقارنة مع دقائق الزركونيا.

إن سبب الزيادة الحاصلة في قيم صلادة السبيكة الأساس يعود إلى طبيعة هذه الدقائق حيث تعمل الدقائق التي يزيد حجمها عن (1µm) كعوائق لتشو السبيكة الأساس وذلك بسبب صلابتها العالية، كما وتعمل الدقائق والتي يقل حجمها عن (1µm) والمشتتة داخل السبيكة على إعاقة حركة الانخلاعات المتكونة وبالتالي سوف يساهم كلا النوعين في زيادة قيمة الصلادة بالإضافة إلى اختلاف الحجم الحبيبي للدقائق المضافة سوف تؤدي إلى تغير بعض العوامل ومن ضمنها المسافة بين الدقائق (D_p) تبعاً للعلاقة الآتية [10]:

الشكل (2) يبين تأثير النسب الوزنية للدقائق المضافة في قيم الصلادة للسبيكة الأساس بعد الصب ولمجموعتين من السبائك، المجموعة الأولى (A) بدقائق الألومينا وبحجم حبيبي بين ($20\mu m > P.S \geq 0.1\mu m$) والمجموعة الثانية (B) بدقائق الزركونيا وبحجم حبيبي بين ($20\mu m > P.S \geq 0.1\mu m$) وبنسب وزنيه (0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1%). حيث يلاحظ أن قيم الصلادة للسبيكة الأساس تزداد مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة ولكلا المجموعتين لتصل إلى أعلى قيمة لها عند النسبة (1%) مع ملاحظة أن الزيادة الحاصلة في قيم الصلادة للمجموعة الأولى (A) أكبر مقارنة مع المجموعة الثانية

$$Ti=3G_m \cdot b \cdot V_p / 2d^2(1-V_p) \quad \dots(3)$$

حيث أن:

(Ti) الإجهاد المطلوب لمرور الانخلاء، (b) متجه بيرجر،
(V_p) الكسر الحجمي، (G_m) معامل القص للمادة الأساس،
(d) حجم الدقائق (μm).

ويمكن ملاحظة العلاقة العكسية بين الإجهاد المطلوب لمرور الانخلاء خلال الدقائق ومربع الحجم الحبيبي لهذه الدقائق، وهذا يعني إن أي نقصان في قيمة الحجم الحبيبي سيكون مصحوباً بزيادة ملحوظة في قيمة الإجهاد المطلوب لمرور الانخلاء وبالتالي زيادة في قيمة الصلادة والمقاومة. والشكل (3) يبين تغير قيم الصلادة العظمى بعد عملية التعتيق عند درجة حرارة (170°C) ولمدة (8hr) مع الكسر الوزني للدقائق المضافة لدقائق الألومينا ودقائق الزركونيا حيث يلاحظ أن قيم الصلادة العظمى تزداد مع زيادة نسبة الدقائق المضافة مع ملاحظة أن الزيادة الحاصلة في قيم الصلادة للمجموعة الأولى أكبر مقارنة مع المجموعة الثانية ويعود سبب ذلك إلى الصلادة العالية لدقائق الألومينا مقارنة مع دقائق الزركونيا.

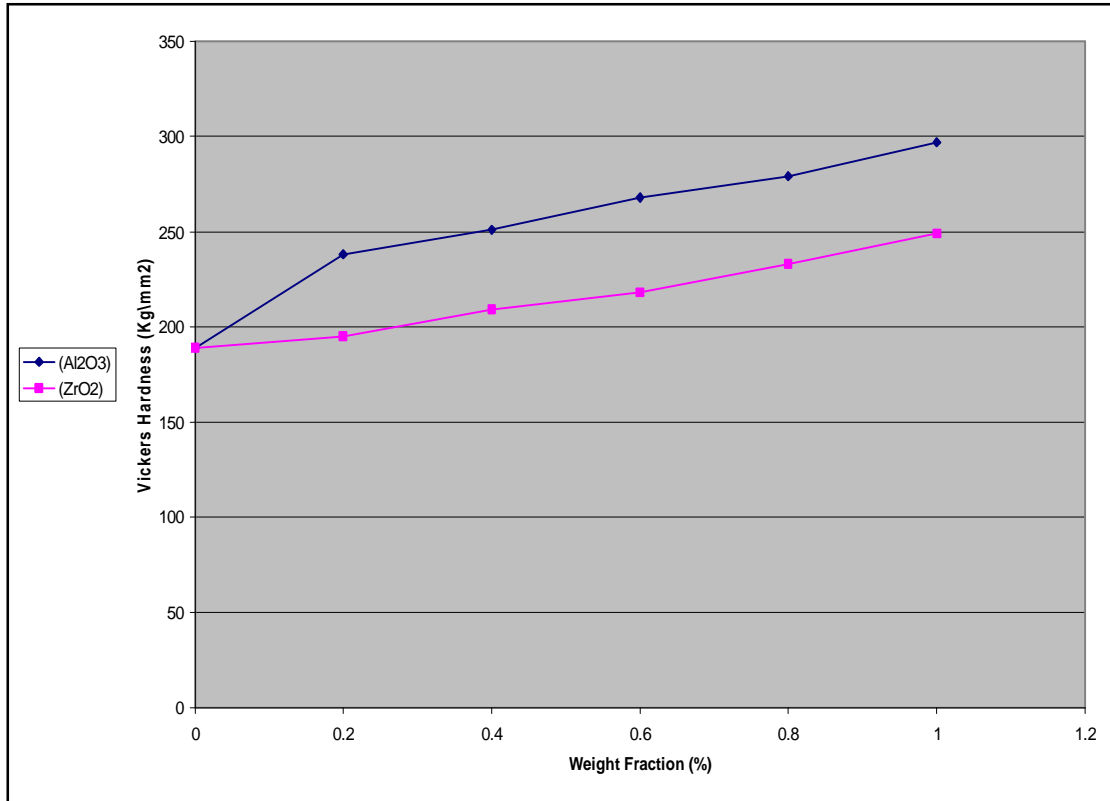
من خلال فحص الشد للسيربيكة الأساس والمادة المترابكة وبعد المعاملة الحرارية المذكورة في اعلاه تم حساب مقاومة الشد القصوى وإجهاد الخضوع والمطيلية لكل من السيربيكة الأساس والمجموعة الأولى (A) مدعمة بدقائق من الألومينا والمجموعة الثانية (B) مدعمة بدقائق من الزركونيا.

$$D_p = 2d^2 / 3V_p(1-V_p) \dots\dots\dots(2)$$

حيث إن:

(d) حجم الدقائق (μm)، (V_p) الكسر الحجمي للدقائق،
(D_p) المسافة بين الدقائق.

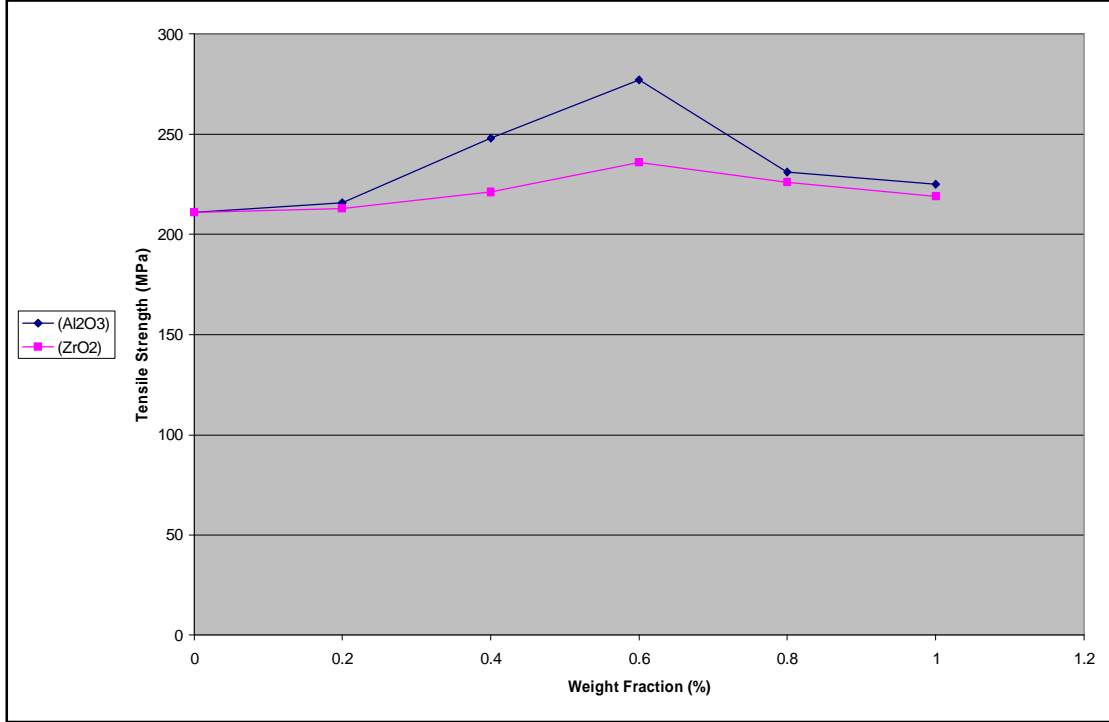
إن وجود هذه الدقائق السيراميكية في هكذا شروط سوف تعمل على إعاقة حركة الانخلاء بنسبة أكبر عند النسب الوزنية العالية من الدقائق المضافة، ولكي تمر الانخلاء خلال هذه الدقائق المشتتة فإن الإجهاد يجب أن يكون كافياً للحني وبالتالي فإن ذلك سوف يتطلب زيادة الحمل المسلط وهذا يعني زيادة قيم الصلادة. بعد إجراء عملية التعتيق الاصطناعي للسيربيكة الأساس المقواة ولكلا المجموعتين وجد إن إضافة دقائق كل من الزركونيا والألومينا إلى السيربيكة الأساس لا يؤثر في مراحل التعتيق حيث إن قيم الصلادة تزداد مع زيادة مدة التعتيق لتصل إلى أعلى قيمة لها عند مدة تعتيق مقدارها (8hr). وإن صلادة السيربيكة المقواة تزداد عن ما هو عليه في السيربيكة الأساس وإن معدل الزيادة يزداد مع زيادة الكسر الوزني للدقائق المضافة والسبب يعود إلى اشتراك أكثر من آلية في حدوث التقوية والتمثلة أولاً بالاصلااد بالثنتيت الناتج من إضافة الدقائق السيراميكية والموزعة داخل أروضية السيربيكة الأساس حيث تعمل كعوائق لتتشوه السيربيكة وإعاقة حركة الانخلاءات وثانياً بالاصلااد بالترسيب المتمثلة بظهور الطور المستقر (Mg₂Si) ذو الصلادة العالية والذي يعمل هو الآخر على إعاقة حركة الانخلاءات مما يؤدي إلى زيادة قيم الصلادة للمادة المترابكة بالإضافة إلى تأثير الحجم الحبيبي للدقائق المضافة التي أقل من (1μm) حيث نلاحظ إن قيم الصلادة تزداد مع نقصان الحجم الحبيبي ويمكن تفسير ذلك على أساس العلاقة التالية [10]:



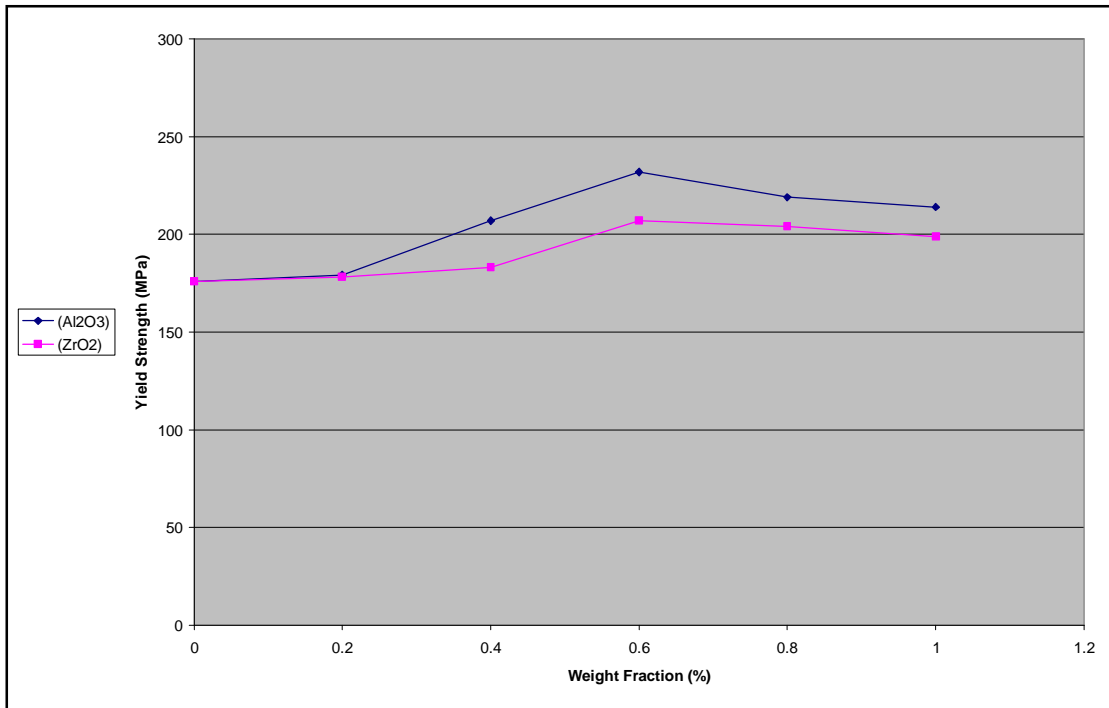
شكل 3 - يوضح العلاقة بين قيم الصلادة العظمى والنسب الوزنية للدقائق المضافة بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).

زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة ولكن تبقى محافظة على قيم أعلى مما هو عليه في السبيكة الأساس. إن الزيادة الحاصلة في هذه القيم للسبيكة المقواة يعود إلى طبيعة هذه الدقائق الصلدة والموزعة في السبيكة الأساس وبأحجام حبيبية مختلفة والتي تعمل على زيادة مقاومة السبيكة وكما بينا أنفاً في سبب زيادة الصلادة بالإضافة إلى ترسيب دقائق الطور (Mg_2Si) الصلد الذي يكسب السبيكة خواص مقاومة جيدة.

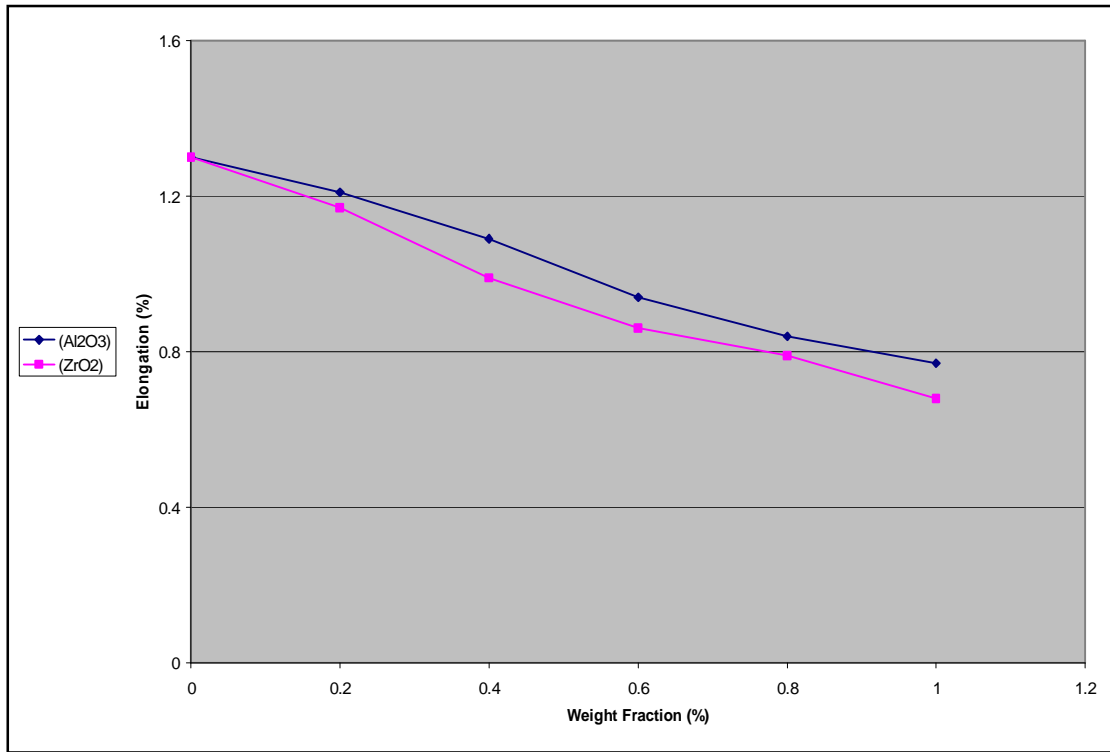
الأشكال (6,5,4) يبين تغير قيم مقاومة الشد القصوى وإجهاد الخضوع والمطيلية على التوالي للسبيكة الأساس والسبيكة المقواة مع النسب المضافة ولكلا المجموعتين. نلاحظ من الشكلين (5,4) زيادة مقاومة الشد القصوى وإجهاد الخضوع مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة لتصل إلى أعلى قيمة لها عند النسبة الوزنية (0.6%) ولكلا المجموعتين وبعد ذلك تسلك المادة سلوكاً مغايراً حيث تنخفض هذه القيم مع



شكل - ٤ - يوضح العلاقة بين قيم الشد القصوى والنسب الوزنية للدقائق المضافة بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).



شكل - ٥ - يوضح العلاقة بين قيم إجهاد الخضوع والنسب الوزنية للدقائق المضافة بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).



شكل - ٦ - يوضح تغير قيم المطيلية مع النسب الوزنية للدقائق المضافة بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).

جدول ٤ - نتائج فحص حيود الأشعة السينية للمادة المترابطة المقواة بدقائق الالومينا بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).

2θ	dm(A)°	ds(A)°	Phase	I/I ₀
34.7	2.514	2.510	Mg ₂ Al	100
44.2	2.045	2.024	Al	47
46.7	1.939	1.929	AlFeSi	15
64.6	1.439	1.429	AlFeSi	35
69.1	1.357	1.320	Mg ₂ Si	60
77.7	1.223	1.21	Al ₂ O ₃	10
77.9	1.223	1.224	Mg ₂ Al	70

جدول ٥ - نتائج فحص حيود الأشعة السينية للمادة المترابطة المقواة بدقائق الزركونيا بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).

2θ	dm(A)°	ds(A)°	Phase	I/I ₀
25.6	3.590	3.700	Mg ₂ Si	40
28.1	3.169	3.138	Si	100
35.1	2.517	2.510	Mg ₂ Al	100
64.6	1.439	1.429	AlFeSi	35
77.5	1.22	1.26	ZrO ₂	10
77.9	1.223	1.224	Mg ₂ Al	70
82.3	1.169	1.169	Al	7

الشكلين (7) و(8) يوضحان العلاقة بين معدل البلى والحمل المسلط على كل من السبيكة الأساس والمادة المترابطة الحاوية

كما إن مقاومة الخضوع للسبائك المقواة تتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي للمسافة بين الدقائق وعليه سوف يؤدي ذلك إلى زيادة مقاومة الخضوع للسبيكة مع زيادة نسبة الدقائق المضافة والى حد (0.6%) وكما موضح من خلال العلاقة الآتية [9]:

$$\sigma_y = \frac{1}{\sqrt{Dp}} \quad \dots(4)$$

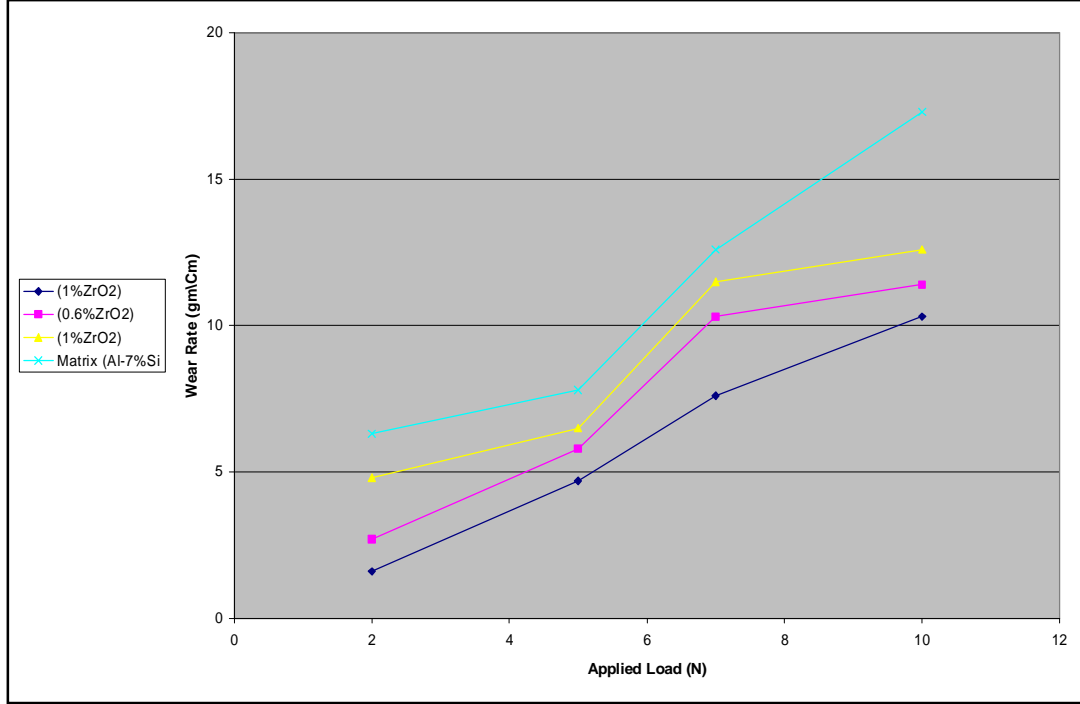
حيث إن:

(σ_y) إجهاد الخضوع للمادة، (Dp) المسافة بين الدقائق. أما السلوك المغاير للمادة المترابطة بعد هذه النسبة فإنه قد يعود إلى عيوب السباكة والمسامية التي يحصل لها بعد الزيادة عند النسب العالية من الدقائق المضافة بسبب زيادة لزوجة المنصهر بالإضافة إلى حصول تفاعل بين الألمنيوم وعناصر السبك داخل السبيكة الأساس وتكوين أطوار وسطية ومنها (AlFeSi) الهش حيث تتجمع هذه الأطوار على الحدود البلورية مما يؤدي إلى ضعف الحدود البلورية وانخفاض مقاومة الشد والخضوع والمطيلية للمادة المترابطة.

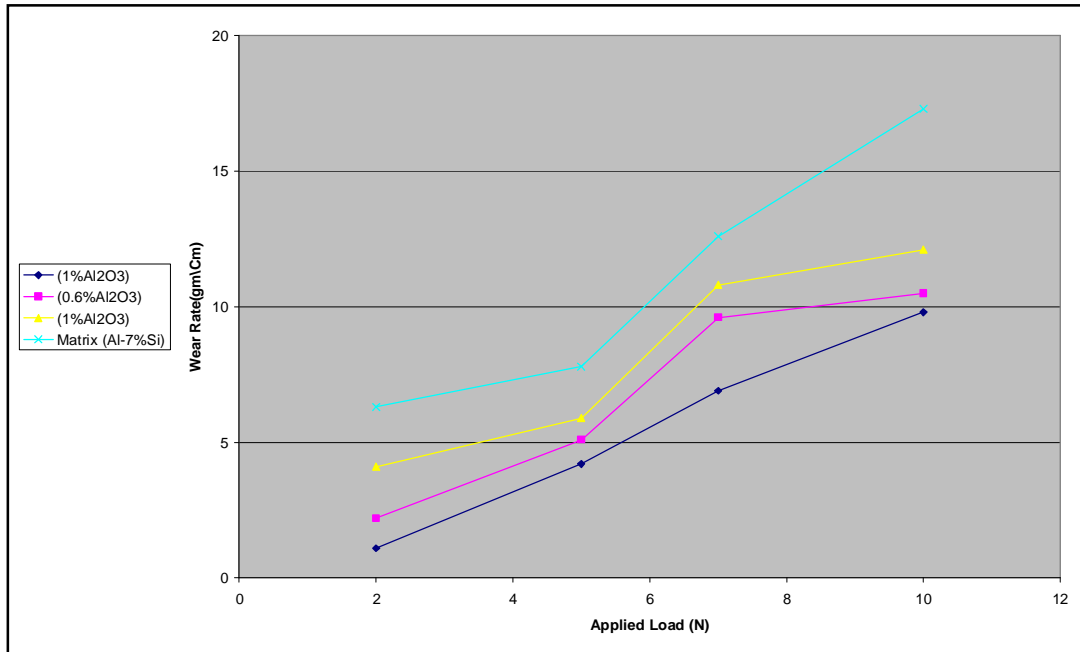
يلاحظ من الشكل (6) أن السبيكة الأساس أبدت نقصاناً في قيم المطيلية عند إضافة هذه الدقائق، وإن النقصان في قيم المطيلية يزداد مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة. حيث إن المطيلية تسلك سلوكاً معاكساً للخواص المتمثلة بمقاومة الشد والصلادة. إن سبب ذلك يعزى إلى طبيعة الدقائق السيراميكية الهشة والتي تعمل على تقليل المسافة بين الدقائق والتي تؤدي إلى تقليل المطيلية بالإضافة إلى وجود الأطوار الوسطية ومنها الطور (AlFeSi) الهش والتي تترسب على الحدود البلورية مما يؤدي إلى ضعفها وتقليل المطيلية. والجدولين (5,4) يوضحان نتائج فحص حيود الأشعة السينية للمادة المترابطة المقواة بكل من دقائق الالومينا ودقائق الزركونيا.

مما يؤدي إلى معدل بلى قليل. والبلى الانتقالي (Transition Wear) ويحدث في منطقة الأحمال ما بين (5-7 N). والبلى الشديد (Sever Wear) الذي يحدث عندما تزداد قيم الأحمال المسلطة بين (7-10 N) حيث تكون جسيمات حطام البلى كبيرة ومعنوية إذ تتكسر طبقة الاوكسيد المتكونة فيؤدي ذلك إلى اتصال بمساحة كبيرة بين نتوءات السطحين، ثم تتكسر تلك النتوءات وتنفصل عن السطح.

على كل من دقائق الزركونيا ودقائق الالومينا والنسب المختلفة بعد المعاملة المحلولية والتعتيق عند (170°C) ولمدة (8hr) ايضاً. ويلاحظ من خلال الشكلين إن معدل البلى للسبيكة الأساس يزداد مع زيادة الحمل المسلط ويمكن تقسيم سلوك البلى لهذه السبيكة إلى ثلاثة أقسام وهي البلى الطري (Mild Wear) ويحدث ما بين قيم الأحمال (2-5 N) حيث يكون حطام البلى المتكون عبارة عن جسيمات ناعمة إذ يتكون غشاء اوكسيدي واقى يؤدي إلى انخفاض مساحة التلامس بين العيننة وقرص الجهاز



شكل - ٧ - يوضح العلاقة بين معدل البلى والحمل المسلط للسبيكة الأساس وتأثير إضافة نسب من دقائق الزركونيا إليها بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).

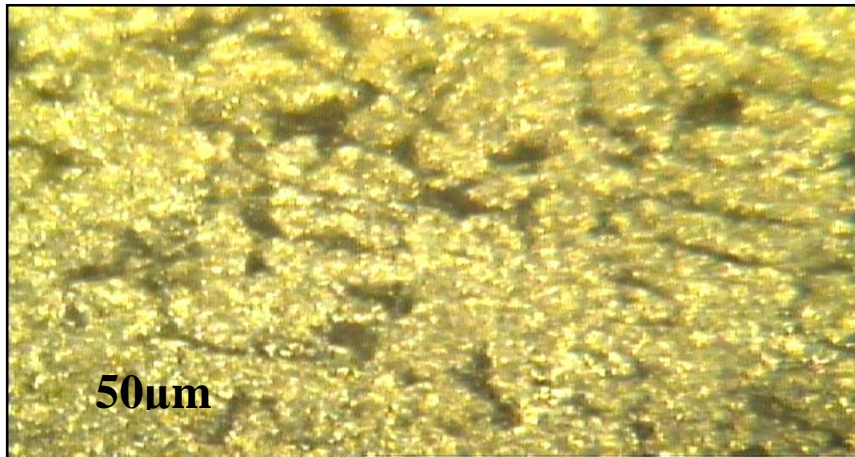


شكل - ٨ - يوضح العلاقة بين معدل البلى والحمل المسلط للسبيكة الأساس وتأثير إضافة نسب من دقائق الالومينا إليها بعد التعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) لمدة (8hr).

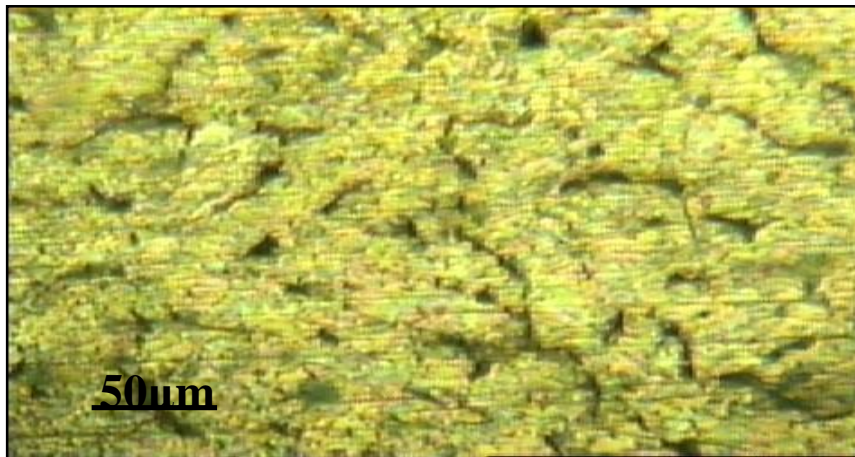
والإجهاد (Load Bearing Element) وتؤدي إلى عدم تلامس مباشر بين سطح العينة والقرص.

ويوضح الشكل (9) البنية المجهرية للسبيكة الأساس قبل المعاملة الحرارية حيث نجد ان البنية عبارة عن الالمنيوم والسليكون حيث يلاحظ ان الشكل عبارة عن البوتكتيك بشكل حبيبات دقيقة مع ظهور بلورات السليكون بشكل شجري فضلاً عن عناصر السبك الأخرى كالسليكون والشوائب الموجودة كالحديد والمنتشرة في اماكن مختلفة داخل البنية المجهرية حيث تتفاعل عناصر السبك مع بعضها وتكوين اطوار وسطية ومنها الطور (AlFeSi). أما الشكل (10) فيوضح البنية المجهرية للسبيكة الأساس بعد اجراء المعاملة الحرارية المحلولية والتعتيق عند قيم الصلادة العظمى، حيث يلاحظ ان السبيكة عبارة عن حبيبات ناعمة ومتجانسة نوعاً ما وتؤدي المعاملة الحرارية الى ظهور عدة اطوار يختلف توزيعها ونسب تواجدتها على وفق زمن ودرجة حرارة التعتيق وهي طور الالمنيوم وطور السليكون الذي يكون بشكل جسيمات خشنة وطور المركب المترسب (Mg₂Si) الذي يكون بشكل دقائق صغيرة ناعمة. الشكلين (11 و 12) يوضحان البنية المجهرية للسبيكة الأساس والمقواة بدقائق الزركونيا ودقائق الالومينا وبنسب اضافية (0.6%) بعد المعاملة الحرارية المحلولية والتعتيق عند قيم الصلادة العظمى حيث يلاحظ ان السبيكة عبارة عن حبيبات متجانسة نوعاً ما فضلاً عن كمية الاطوار داخل البنية المجهرية كالطور المترسب (Mg₂Si) والطور الثانوي (AlFeSi) وتوزيع دقائق كل من الزركونيا والالومينا المشتتة داخل ارضية السبيكة الأساس.

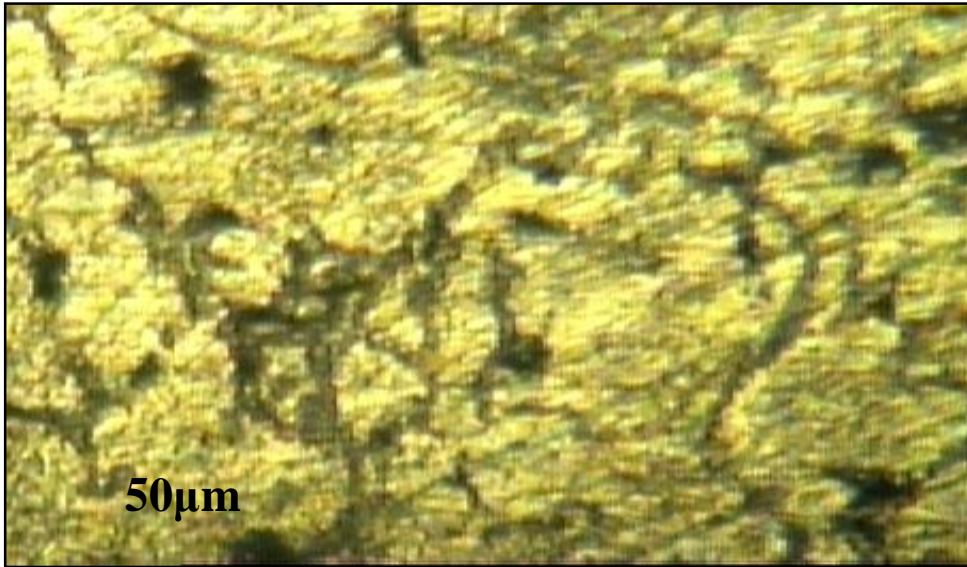
إن إضافة دقائق الزركونيا للسبيكة الأساس يؤدي إلى نقصان معدل البلى وان النقصان يزداد مع زيادة النسب المضافة من الدقائق , ويعود سبب ذلك إلى صلادة الدقائق المضافة نتيجة إلى ارتباط مقاومة البلى مع الصلادة السطحية وأصبحت منطقة البلى الانتقالي أكثر وضوحاً بعد إضافة هذه الدقائق والتي انحصرت بالمدى من الحمل المسلط الواقع بين (5-7 N) ومن جهة أخرى لم يتأثر حمل الانتقال كثيراً بنسبة دقائق الزركونيا المضافة حيث يوضح الشكل حدوث انتقال حاد من بلى الأكسدة إلى البلى المعدني. بينما انخفض معدل البلى للمادة المترابطة عند الأحمال المسلطة المحصورة بين (7-10 N) وأصبح هذا الانخفاض اكبر بزيادة نسبة الدقائق المضافة إلى السبيكة الأساس. أما تأثير إضافة دقائق الالومينا للسبيكة الأساس على معدل البلى مع زيادة الحمل المسلط فيلاحظ أن إضافة هذه الدقائق إلى السبيكة يؤدي إلى نقصان معدل البلى وان النقصان يزداد مع زيادة النسب المضافة من الدقائق بسبب الصلادة العالية جداً لهذه الدقائق بالإضافة إلى امتلاكها خواص بلى عالية جداً. حيث إن إضافة هذه الدقائق أثرت بشكل كبير على حمل الانتقال من البلى الاوكسيدي إلى البلى المعدني الذي انخفض بشكل كبير والذي أصبح اقل حده مقارنة مع السبيكة الأساس ومع المادة المترابطة المقواة بدقائق الزركونيا بالإضافة إلى انخفاض معدل البلى للمادة المترابطة عند الأحمال العالية ما بين (7-10 N). ويستمر الانخفاض بصورة كبيرة بزيادة نسبة الدقائق المضافة وذلك لطبيعة هذه الدقائق وقدرتها على تحمل الأحمال العالية حيث تتصرف داخل سبيكة الأساس كأنها عناصر حاملة للثقل



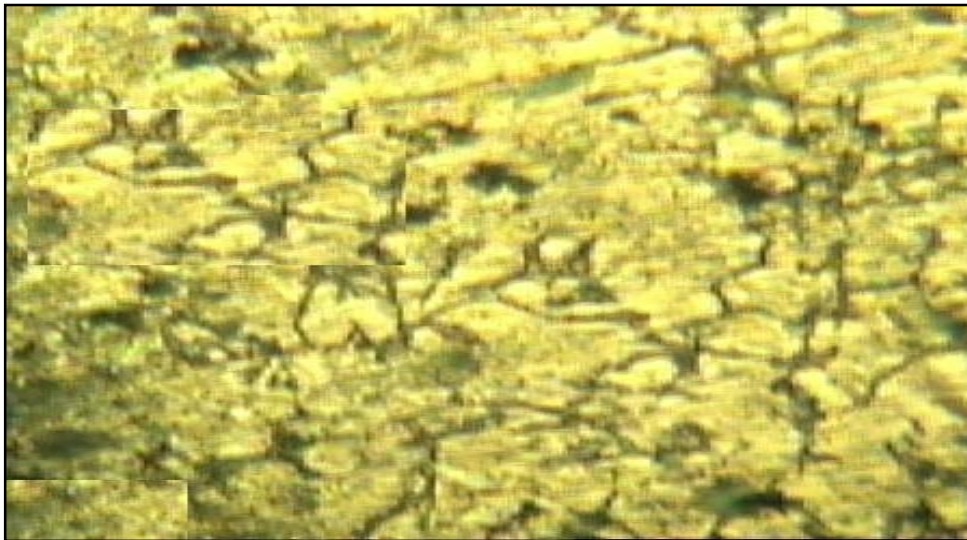
شكل - ٩ - يوضح البنية المجهرية للسبيكة الأساس قبل اجراء المعاملة الحرارية.



شكل - ١٠ - يوضح البنية المجهرية للسبيكة الأساس بعد اجراء المعاملة الحرارية.



شكل - 11 - يوضح البنية المجهرية للسبيكة الاساس المقواة بنسبة (0.6%) من دقائق الزركونيا بعد اجراء المعاملة الحرارية المحلولية.



شكل - 12 - يوضح البنية المجهرية للسبيكة الاساس المقواة بنسبة (0.6%) من دقائق الالومينا بعد اجراء المعاملة الحرارية المحلولية.

٦. الاستنتاجات

- ٤- إن قيم مقاومة الشد القصوى وإجهاد الخضوع للمادة المترابكة أعلى مما هو عليه في السبيكة الأساس وتزداد هذه القيم مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة والى حد (0.6%) ثم تسلك المادة المترابكة سلوكاً مغايراً لكنها تبقى محافظة على قيم أعلى مما هو عليه في السبيكة الأساس في حين تنخفض قيم المطيلية للمادة المترابكة مقارنة مع السبيكة الأساس ويزداد انخفاضها مع زيادة النسب الوزنية للدقائق المضافة للسبيكة الأساس.
- ٥- أدت إضافة دقائق الزركونيا ودقائق الالومينا إلى تقليل معدل البلى للسبيكة الأساس ومع تغير الحمل المسلط، وان نقصان يزداد مع زيادة النسب المضافة من الدقائق.

٧. المصادر

- [1] G. Piatti, " Advance in Composite Materials" , Applied Science publishers LTD, (1978).

- ١- إن اهم الاستنتاجات المستنبطة من خلال البحث هي:
 - إن زمن التعتيق اللازم للوصول إلى الصلادة العظمى للسبيكة الأساس بعد المعاملة الحرارية المحلولية عند درجة حرارة (520°C) والتعتيق الاصطناعي عند درجة حرارة (170°C) هو (8hr).
- ٢- أثبتت نتائج الفحص بحيود الأشعة السينية ظهور الطور الثانوي (AlFeSi) في كل من السبيكة الأساس والمادة المترابكة بينما أدت المعاملة الحرارية (الاصلاذ بالترسيب) إلى ظهور الأطوار (Mg₂Al) و (Mg₂Si) في البنية المجهرية للسبيكة الأساس والتي ادت الى تحسن واضح في الخواص الميكانيكية، فضلاً عن ظهور دقائق كل من الزركونيا والالومينا في البنية المجهرية للمادة المترابكة.
- ٣- أدت إضافة دقائق كل من الالومينا والزركونيا إلى زيادة قيم الصلادة للسبيكة الأساس وان قيم الصلادة تزداد مع زيادة النسب المضافة.

- [9] P.R. Gibson, A.J. Clegg and A.A. Das, "Wear of Cast (Al-Si) Alloys Containing Graphite ", Wear Vol. 95, (1984), 193.
- [10] C.S. Sivaramakrishnan , R.K. Mahanti and R. Kumar, " The Dispersion of Lead and Graphite in Aluminum Alloys for Bearing Application ", Wear Vol.1, (1984), 121.
- [11] اسراء عبد القادر، "دراسة تأثير المعاملة الحرارية على مقاومة البلى لسبيكة (الألمنيوم- سليكون) تحت ظروف الانزلاق الجاف"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 17 العدد 11، 1998.
- [12] حازم محمد ناصر "تصليد سبيكة الألمنيوم (AL-Cu) بواسطة تشتيت الألومينا" رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية (2001).
- [13] عدنان ابراهيم الجرجري "تأثير اضافة الألومينا على قابلية الاصلاح بالتشتيت لسبيكة الألمنيوم-نحاس" ، رسالة ماجستير، هندسة الانتاج والمعادن، الجامعة التكنولوجية، 2001.
- [14] ميرفت مهدي الجنابي "دراسة الخواص الميكانيكية لمركبات ذات اساس سبيكة (Al-Cu-Mg)" رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية (2005).
- [2] J. W. Weeton, M. P. Dean, L.T. Karyn, "Engineering's Guide to Composite Material", Published by American Society for Metals,(1987).
- [3] D. Hull , " An Introduction to Composite Materials", First Published Cambridge University Press., U.K , (1981).
- [4] M.Grayson, "Encyclopedia of Composite Material and Components", Willey-Inter Science, (1993).
- [5] P.G. Mickel, " Fundamentals of Modern Manufacturing ",New Jersey (1996).
- [6] S.F. Mustafa , " Wear and Wear Mechanisms of (Al-22%Si) - Al₂O₃ Composite", Wear Vol.185, (1995) 189.
- [7] M.E. Smagorinski, S. Greier, A. Cvasin, and G. Kim , " The Properties and Microstructure of Al-based Composite Reinforced with Ceramic Particles ", J.Mat. Sci. and Eng. A244 (1998).
- [8] J.E. Perez and A.A. Yawny, "Fracture Toughness in Metal Matrix Composite", Material Research , (2000).

Studying the Effect of Addition Particles of Alumina (Al_2O_3) and Zirconia (ZrO_2), on Some Mechanical Properties for Matrix Composites (Al-Si-Mg) Alloy

Sarmad I. Ibrahim

Department of Materials Engineering\ University of Technology

Abstract

This study is concerned with the effect of adding two kinds of ceramic materials on the mechanical properties of (Al-7%Si- 0.3%Mg) alloy, which are zirconia with particle size ($20\mu\text{m} > P.S \geq 0.1\mu\text{m}$) and alumina with particle size ($20\mu\text{m} > P.S \geq 0.1\mu\text{m}$) and adding them to the alloy with weight ratios (0.2, 0.4, 0.6, 0.8 and 1%). Stirring casting method has been used to make composite material by using vortex technique which is used to pull the particles to inside the melted metals and distributed them homogenously.

After that solution treatment was done to the samples at (520°C) and artificial ageing at (170°C) in different times, it has been noticed that the values of hardness is increased with the aging time of the original alloy and reached its highest value after (8hr).

Mechanical tests were done to the original alloy and the composite material at the maximum hardness value and represented by tensile, hardness, and wear tests. It was found that the hardness value is increased with increment of the amount of added particles; also the increment in the hardness of the alloy which is reinforced with alumina is more than that reinforced with zirconia.

Regarding the tensile test, results show that the strength and yield resistance of the composite material are more than that in the original alloy and these values are increased with increasing the amount of the added particles and they reached maximum values at (0.6%). Then they are decreased but these values remain at higher values than those in the original alloy. However, the ductility is decreased as compared with the original alloy and this decrement was more obvious with the increasing amount of the added particles. The increment of strength and yield resistance of the alloy reinforced by alumina was higher than that reinforced with zirconia, while the ductility of the alloy reinforced by zirconia was higher than that happened by the addition of alumina. Also zirconia and alumina addition to the original alloy decreased the wear rate, and the decrement would be more with the increased amount of adding particles. In addition the wear resistance of the alloy reinforced with alumina was larger than that reinforced with zirconia. *X-rays* testing proved that secondary phase (AlFeSi) appeared in both original alloy and the composite material. While heat treatment led to the appearance of phases (Mg_2Al) and (Mg_2Si) in original alloy. This was led to obvious improvement in the mechanical properties in addition to appearance ceramic particles in the microstructure of the composite material.

This structure somewhat homogenous has fine grains as compared with large grains in the microstructure of the original alloy. .
