تحضير مادة متراكبة من نظام (المنيوم – كاربيد البورون) ودراسة بعض خواصها الميكانيكية

م.م احمد حسين علي ahmadalmohands@yahoo.com
الجامعة التكنولوجية

الخلاصة

يهدف هذا البحث الى دراسة خواص الصلادة المايكروية ومقاومة الانضغاط القطرية لمادة متراكبة ذات اساس معدني من الالمنيوم ومدعمة بدقائق من مسحوق رابع كاربيد البورون (B_4C) كطور تقوية وبنسب وزنية (2% , 5%, 10%, 15%) ومصنعة بطريقة تكنولوجيا المساحيق ومقارنة النتائج المستحصلة مع نفس الخواص لعينات من الألمنيوم مصنعة بنفس الطريقة وبنفس ظروف التصنيع حيث اظهرت النتائج زيادة في قيم كل من الصلادة ومقاومة الانضغاط مع زيادة نسبة طور التقوية كما تم ذكرهُ اعلاه .

Preparing (AL_B4C) composite material and study some of their mechanical properties

Abstract

The aim of this research is studying some mechanical properties (i.e. micro hardness and diametrical compression strength) for metal matrix composite material (based aluminum) with ceramic material (boron carbide) as a reinforced material. Different percents (2%, 5%, 10%, 15%) of (B_4C) have been used. powder technology process is used for manufacture the specimen. good improvement in results of those properties appeared.

المقدمة :.

نتيجة للتطور الصناعي الكبير الذي شهده العالم في كافة المجـــالات ســـعى العلمـــاء والفنيون الى أيجاد بدائل مختلفة للمواد واسعة الاستخدام في الصناعة بحيث تكون تلك البدائل ذات مواصفات ونوعية عالية من حيث خفة الوزن والخواص الميكانيكية بصورة عامة وذلك لأستعمالها في الطائرات والرادارات والسفن والسيارات وغيرها من التطبيقات ، وعليـــة تـــم أنتاج مايعرف بالمواد المتراكبة (Composite Materials) لأعطاء مزيجا مـــن الخـــواص لايمكن الحصول عليه من المواد الأصلية المفردة المكونة للمتراكب[1].

لذا فالمواد المتراكبة عبارة عن مزج مادتين او اكثر وتكون بشكل اطوار منفـــصلة وتمـــزج للحصول على تراكيب مرغوبة للحصول على خواص معينة ومحددة لكل من المكونات شرط ان لايذوب او يتفاعل اي من المركبات مع بعضها ، ويمكن ان تكون المكونات عـــضوية او غيرعضوية او معدنية (مصنعة او طبيعية) بشكل دقائق (Particles) او قضبان (Rods) او الياف (Fibers) او صفائح (Plates) او رغوة (Foams) ....الخ [2, 3].

المواد المتراكبة ذات الاساس المعدني

تتم عملية تصنيع المواد المتراكبة ذات الأساس المعدني عند درجات حرارية عالية نسبيا وفي هذه الظروف تبرز مشكلة التلاؤم الكيميائي والميكانيكي بين المادة الاساس وطور التقوية وترتبط مشكلة التلاؤم الكيميائي بالتفاعلات الكيميائيه والاتصال عند السطوح الفاصلة وغالبا ما تعالج هذه المشكلة باتباع تقنية تصنيع يمكن انجازها عند درجات حراره منخفضه نسبياً (تكنولوجيا المساحيق) او باختيار اطوار مستقره ثرموديناميكياً ، اما مشكلة التلاؤم الميكانيكي فتتعلق بالثوابت الحرارية المرتبطة بالتمدد الحراري الذي يؤدي الى أحداث اجهادات داخلية نتيجة الأجهاد او المتغيرات الحرارية وخصوصا عند التقوية بالالياف ويمكن التخلص من هذه المشكلة بأستعمال مواد اساس مطيلية أو بأختيار مواد اساس واطوار تقوية تكون معاملات التمدد الحراري لها متقاربة

أن اداء المادة المتراكبة ذات الأساس المعدني يعتمد على طبيعة الأتصال بين المادة الأساس والتقوية كما ان أستخدام مثل هذه المواد عند درجات حرارة عالية يمكن ان يؤدي الى حدوث انتشار للاطوار الداخلة بعضها مع بعض وهذا الانتشار اما ان يضعف الاطوار الداخلة او أن يكون أطواراً اخرى تظهر بالقرب من السطح الفاصل بينها نتيجة للتفاعل الحاصل بين المادة الأساس وأطوار التقوية ويمكن التخلص من هذه التفاعلات المضرة بالأطوار الداخلية بطلاء عناصر التقوية بمواد تمتاز بتفاعل مقبول مع المادة الأساس [4,5].

كاربيد البورون :. يعد كاربيد البورون من اصلد المواد المعروفة بعد الماس ونتريد البورون وتبلغ قيمة صلادتهُ (3000) حسب مقياس (knoop) وتبلغ درجة انصارههُ c° (2450) كما يمتلك كثافة واطئة تبلغ $gram/cm^3$ (2.52) ويتأكسد في الهواء عند درجة حرارة مابين c° (1000- 800) ويمتلك كاربيد البورون تركيب بنائي نوع (rhombohedra)

اما لون الكاربيد فهو اسود [6] ويستخدم كاربيد البورون في ظروف التشغيل التي تتطلب مقاومة احتكاك عالية جداً مثل (shot –blast nozzle) وفي اكساء عدد القطع كما يستخدم بشكل واسع في مجال انتاج الطاقة النووية وكمادة تقوية لتصنيع المواد المتراكبة ، و ينتج كاربيد البورون عادةً من تفاعل اوكسيد البورون مع الكربون بدرجة حرارة مابين c°(14000_ 2300) وحسب المعادلة ادناه [7,8]

$$2B_2O_3 + 7C \longrightarrow B_4C + 6CO$$

الهدف من البحث :. يهدف البحث الى تحسين خواص مقاومة الانضغاط القطرية والصلادة (الخواص الميكانيكية) للالمنيوم عن طريق التدعيم بدقائق كاربيد البورون بالاستفادة من مبادئ وطرق تصنيع المواد المتراكبة .

الجزء النظري :.

اليات التقوية في المادة المتراكبة المدعمة بالدقائق

تتأثر الخواص النهائية للمادة المركبة المدعمة بجملة عوامل يتعلق بعضها بخواص المادة الأساس وأخرى بخواص مادة التقوية مثل نوع وحجم وشكل الدقائق وتوزيعها ضمن المادة الأساس، كما أن للسطح البيني المتولد بين المادة الأساس والدقائق أثرا بالغا في تحديد خواص المادة المتراكبة النهائية [9,10].

ان أضافة طورالتقوية الى المادة الأساس يعمل على زيادة المتانة والخواص الميكانيكية وتفسر هذه الزيادة بالرجوع الى اليات مختلفة تعتمد على نوع الترابط بين الدقائق والمادة الأساس ، حيث تتطلب عملية تقدم الشق خلال المادة المتراكبة التغلب على الاعاقة التي تبديها الدقائق لحركتهُ والتي تمثل حواجز احاطه تعمل على تثبيته في مراكز تواجد الدقائق ، ولكي يتجاوز الشق هذه الحواجز ويستمر بالنمو سيغير من شكله ويتحول الى مجموعة شقوق ثانوية صغيرة اهليجية الشكل (Elliptical Secondary Cracks) محاولاً المرور بين الدقائق وهذا يؤدي الى زيادة في سطح الشق (Crack Surface) وبذلك تزداد الطاقة المطلوبة لحصول الكسر وبعبارة أخرى فان الطاقة المعطاة للشق لكي ينمو ستتوزع مابين توليد الشقوق الثانوية الاهليجية وتغير شكل الشق الأصلي وتجاوز الدقائق الواقعة في جزيئة بدلاً من ان يصرف على نموالشق فقط [13-10].

وكما موضح في العلاقة الأتية (1) [8,9] .

$$\gamma_c = \gamma_m + {T^-}/{2C^-} + \gamma_a \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

حيث أن

γ_c طاقة الكسر للمادة المتراكبة

γ_m طاقة الكسر للمادة الأساس

T^- الشد الخطي لوحدة الطول (Line Tension)

C^- نصف المسافة بين الدقائق

γ_a طاقة التشوه اللدن في المادة الأساس المحيطة بالدقائق عند نمو الشق وحصول الكسر

أما قيمة T^- فتحسب من العلاقة الأتية (2) [11,12]

$$T^- = {2R}/{3(\gamma_m)} \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

حيث أن R نصف قطر الدقائق.

وتدعى هذة الألية بألية تثبيت الشقوق (Crack Pinning) وتحصل في حالة الربط الجيد بين الدقائق والمادة الأساس [11].

اما في حالة الربط الضعيف فأن التقوية تتم بألية مختلفة تعتمد على التفاعل بين مقدمة الشق النامي (Crack Tip) والدقائق ، أن الربط الضعيف بين طوري المادة المتراكبة يؤدي حتماً الى توليد طور ثالث مستقل بين الدقائق والمادة الأساس يدعى بالطور البيني.

بوجود السطوح البينيه حول الدقائق الواقعة في طريق الشق سيحصل تفريق وضياع لطاقة الشقوق النامية وقد يمتلك الشق طاقة كافية لتجاوز الدقائق والسطوح البينية فيتقدم بشكل غير مستقر ومتقطع (Stick-Slip) اوقد يتوقف نتيجة ضياع طاقتة كليا، وبذلك تكون المادة بحاجة الى تحميل اضافي لغرض تخليق شقوق جديدة [9,11] اما مقاومة الخضوع للمواد المركبة المقواة بالدقائق أثناء التحميل تتناسب عكسياً مع الجذر ألتربيعي للمسافة بين الدقائق وكما موضح في العلاقة الآتية:

$$\sigma_Y \alpha \frac{1}{\sqrt{D_p}} \quad \text{..... (3)}$$

حيث ان

(σ_Y) مقاومة الخضوع

(D_P) المسافة بين الدقائق

ومواد التقوية المستخدمة لهذا الغرض هي عبارة عن اوكسيدات (oxides) أو كاربيدات (Carbides) اوبوريدات (Borides) مثل (Al_2O_3 or SiC or TiB_2) [14-16]

اختبار مقاومة الانضغاط القطرية :.

يعد اختبار الانضغاطية اختبارا معاكسا لاختبار الشد، اذ ان الحمل المسلط الاحادي المحور هو حمل انضغاطي لاشدي ويستفاد من هذا الاختبار لتقييم المواد الهشة التي تكون قيمة اجهاد الشد فيها اقل بكثير من قيمة اجهاد الانضغاط ($\delta_{comp.} > \delta_{tens.}$) مثل الاجزاء المعدنية المصنعة بطريقة تكنولوجيا وحديد الزهر والكوبلت والعديد من المواد اللامعدنية والسيراميك والخشب والطابوق (وقد تم اختيار هذا الاختبار في هذا البحث لكون العينات مصنعة بتقنية تكنلوجيا المساحيق حيث تمتاز بالمسامية والهشاشية) ، ويتم حساب مقاومة الانضغاط وذلك بتسليط اجهاد عمودية على مقطع العينة التي تكون بصورة قرص وكما هو موضح في الشكل (1) الخاص بشكل العينة وطريقة تسليط الحمل [1]

وتحسب مقاومة الانضغاط حسب المعادلة (3) ادناه [17] .

$$\sigma_D = \frac{2F}{\pi D t} \quad \ldots (3)$$

حيث ان

σ_D : متانة الكسر الانضغاطية

F : القوة المسلطة (نيوتن)

D : قطر العينة

t : سُمك العينة

الاجهزة المستخدمة .

1. ميزان حساس نوع (4- digit) من تصنيع شركة (Denver instrument)
2. طاحونة كهربائية (milling) محلية الصنع
3. مكبس هيدروليكي يدوي احادي التأثير (400) $K.g/cm^2$ محلي الصنع
4. قالب اسطواني من الفولاذ بقطر mm (30)
5. فرن كهربائي مبرمج درجة حرارة العظمى له (1000) من انتاج شركة (Gallenkamp)
6. جهاز قياس مقاومة الكسر القطرية من تصنيع شركة (Gunt Hamburg)
7. جهاز قياس الصلادة فكرز المايكروية من تصنيع شركة (time group)

الجزء العملي

1. تهيئة المواد الاولية: استخدم في هذا البحث المواد الاولية المختبرية التي تشمل كل من مسحوق الالمنيوم بحجم حبيبي اقل من µm **(25)** حسب مواصفات الشركة المصنعة (FERKART_NR.11 191) ومسحوق كاربيد البورون وبنقاوة عالية جدا وبحجم حبيبي اقل من µm **(25)** حسب مواصفات الشركة المصنعة (RIEDL DE _HAENAG SEELZE _HANNOVER) بينما تم استخدام زيت البرافين السائل لتزييت القالب عند عملية الكبس .

2. وزن وخلط المسحوق: بعد وزن مساحيق الالمنيوم وكاربيد البورون حسب النسب الوزنية المقررة وبواسطة الميزان الحساس تمت عملية الخلط بواسطة جهاز الطاحونة بعد وضع المسحوق بداخلها ولمدة نصف ساعة دون استخدام كرات الطحن للحصول على مسحوق متجانس ثم تم استخدام الميزان مرة ثانية لوزن المسحوق المراد كبسة لكل عينة وكانت نسب الخلط كما هو موضح في الجدول رقم (1) .

3. كبس المسحوق: بعد تزييت القالب بزيت البرافيين السائل تم وضع كمية معينة محددة مسبقاً من الخليط للحصول على السُمك المحدد للعينة (بعد اجراء عدة تجارب كبس وجد ان اضافة gram(6) من المسحق تحت تأثير ضغط $k.g /cm^2$ (300) كافٍ للحصول على عينة بسمك mm(6) وهذا السُمك يتناسب مع قطر العينة والضغط المسلط للحصول على متانة خضراء جيدة) ثم تم تسليط ضغط مقداره $k.g /cm^2$ (300) (وقد تم تحديد مقدار الضغط بناءً على امكانية المكبس وتحمل القالب المستخدم) على المسحوق بواسطة المكبس وبعد ذلك تم رفع الضغط واخراج العينات ثم عملية ازالة الحواف الحادة من العينات .

4. التجفيف والحرق: لاتحتاج العينات للتجفيف كما هو علية الحال في مساحيق السيراميك لعدم استخدام مادة رابطة اساساً لذلك تمت عملية الحرق مباشرة بواسطة الفرن في جو مختزل عن طريق وضع العينات في وعاء معدني وتغطيتها بطبقة سميكة من مسحوق الفحم الناعم الذي يمنع وصول الاوكسجين الى سطح العينات لحمايتها من عملية التأكسد في جو الفرن وبعد تشغيل الفرن وتثبيت درجة الحرارة لمدة ساعتين عند درجة حرارة c° (550) (وقد اعتمدت درجة الحرق على اساس ان درجة حرارة التلبيد تتراوح مابين % (75_ 60) من درجة انصهار المكون الاساسي للعينة (الالمنيوم c° (660)) ثم تم اطفاء الفرن وتركت العينات لتبرد داخل الفرن ثم تم استخراج العينات وتنظيفها من الفحم وكما هو موضح في الشكل (3) والشكل(4) الذي يوضح العنة رقم (5) قبل وبعد الحرق .

5. شكل وابعاد العينة: بعد اجراء عمليات التصنيع المذكورة اعلاه (عملية التصنيع بتكنولوجيا المساحيق) كانت العينات ذات اسطوانية الشكل بقطر mm(30) وبسمك mm (6)

6. الاختبارات: بعد انتهاء عملية التلبيد واخراج العينات من الفرن تم اجراء كل من

أ- **اختبار صلادة فكرز المايكروية (micro hardness)** لملائمته قياس العينات السيراميكية والعينات المصنعة بطريقة ميتالورجيا المساحيق ، وتم أخذ ثلاث قراءات في مواقع مختلفة من كل العينة بغية الحصول على معدل لقيمة الصلادة

ب- **اختبار مقاومة الانضغاط القطرية (diametrical compression strength)** لملائمته الاجزاء المصنعة بطريقة ميتالورجيا المساحيق والتي تمتاز بالهشاشية .

النتائج والمناقشة :.

1. نتائج الصلادة

كانت نتائج صلادة فيكرز المايكروية كما هو موضحة في الجدول (2) والشكل رقم (4)

حيث يمكن من خلال ملاحظة الجدول رقم (2) والشكل (4) والذي يمثل العلاقة بين نسبة طور التقوية الى المادة الاساس ، حيث يمكن ملاحظة زيادة الصلادة مع زيادة نسبة الكاربيد وبصورة طردية حيث تصل الزيادة في الصلادة الى اعلى قيمة لها حوالي (90%) من صلادة الالمنيوم النقي عند زيادة تركيز طور التقوية (15%) وهذا يعزو الى الصلاد العالية جداً لدقائق كاربيد البورون نسبة ً الى صلادة الالمنيوم مما يدل على الترابط الجيد بين دقائق الالمنيوم وكاربيد البورون اضافة الى ذلك يبدو ان دقائق الكربيد تعمل كعوائق لتشوة المادة الاساس وتمنع نمو وتقدم الشقوق حال حدوثها مما يسبب زيادة كبيرة في مقاومة المادة للانسياب وزيادة عالية في الصلادة

2. نتائج مقاومة الانضغاط القطرية

اما نتائج اختبار مقاومة الانضغاط القطرية فكانت كما هو موضح في الجدول رقم (3) والشكل رقم (5) اما الجدول (3) والشكل رقم (5) الخاصان باختبار مقاومة الانضغاط القطرية يوضحان زيادة قيم الشد الغير مباشرة والتي تسمى مقاومة الانضغاط القطرية (diametrical compression strength) مع زيادة طور التقوية وهذا السلوك يعزز الافتراض الخاص بدور دقائق التقوية في اعاقة نمو وتقدم الشقوق وزيادة في مقاومة المادة للتشوة حيث نلاحظ زيادة قيم المقاومة الانضغاط القطرية بصورة طردية فيما عدا قيمة العينة رقم (3) والتي يمكن ان تعود قيمة المقاومة المنخفضة لها الى وجود شقوق ماكروية او عيوب داخلية اثناء عملية التصنيع او الحرق وبالتالي تكون نقاط لتمركز الاجهادات اثناء عملية تسليط الحمل مما يسرع من عملية فشل المادة حيث ان مثل هذه العيوب تسبب انخفاض كبير في قيم مقاومة الانضغاط القطرية والتالي يمكن الخلوص الى ان اضافة كاربيد البورون كطور تقوية الى المادة الاساس(الالمنيوم) زادة من قيم الصلادة ومقاومة الانضغاط القطرية وحسنت من الخواص الميكانيكية للمادة وهذا هو الهدف من تطوير المواد المتراكبة .

المصادر.

1 . محمد طاهر حمزة السعدي 2008، رسالة ماجستير، "تأثير زمن ودرجة حرارة الحرق في الخواص الميكانيكية لمكبوسات الألمنيوم المدعمة بأوكسيد السيليكون" الجامعة التكنولوجية قسم العلوم التطبيقية

2- Martin Grayson, (1983) “Encyclopedia of composite Materials and Components “, John Wiley & sons, New Yours.

3. منال حميد جاسم ، 2006 ، رسالة ماجستير ، "دراسة تأثير المعاملات الحرارية الميكانيكية في الخـــــــــــواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات أساس معدني من سبيكة Al-Mg-Si و المقواة بدقائق من الالومينا Al_2O_3" الجامعة التكنولوجية قسم هندسة المواد،

4. Aventer S. H. (1974) "Introduction to Physical Metallurgy" 2nd Edition King Sport, MC Graw-hill. New York.

5. Thornton D. A. and eolangelo V., (1985) ((Fund. Of Eng. Mat.)), 1st ed.

6. kirk-othmer, (1984), "encyclopedia of chemical technology" 3 rd vol, join Wiley and sons.inc. , USA, p 676.

7- Bever B. , (1986), Micheal" encyclopedia of materials science and engineering" 1st vol , pergamon press, p (401 – 402)

8. Bolton W. , (1998), "Engineering materials technology" third edition, member of reed Elsevier PLC group.

9. Manson J. A. , (1978) "polymer Blends and Composite" Lealie. H. Speling, New York.

10. Broutman L. J. and Crock R. H., (1970) "Composite Materials", Vol.5, London.

11. Lange F. F. , (1970), Phil. Mag., Vol. 22, P.983.

12. Maloney A. C. R., (1989) "Fractography and Failure Mechanisms of Polymers and composite", Elsevier Applied Science, London.

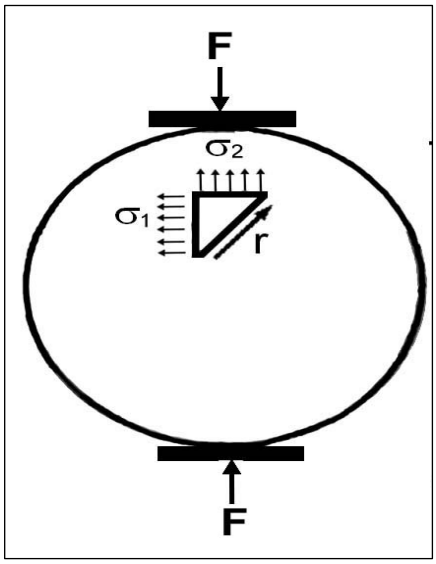
13. Evans A. G. , (1972), Phil. Mag., Vol. 26 , P. 1372.

14. Surppa MK, (2003), ''Aluminum matrix composites: challenges and opportunities'', Indian Institute of science, Sadhana, Vol. 28, Part 1 and 2.

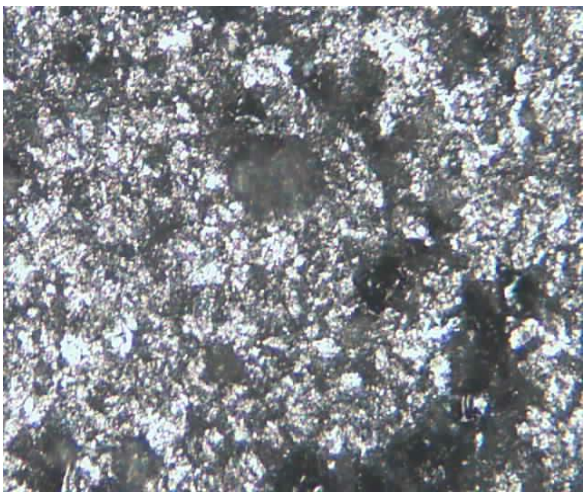
15. Mcqueen P.R. and Sakares P., (1999),''Composite materials handbook'', Department of Defense, USA, Vol.4.

16. محسن طالب محمد الياسري ، (2006) ،" المعاملات الحرارية الميكانيكية لمادة مركبة ذات أساس من سبيكة الألمنيوم " الجامعة التكنولوجية ، قسم هندسة الانتاج والمعادن ،

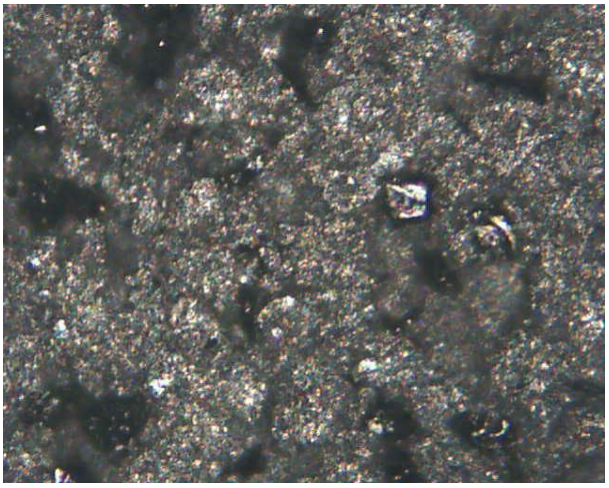
17. حسين علاء جابر، (2008)، " تحضير ودراسة تأثير بعض العوامل على بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للسيراميك " الجامعة التكنولوجية قسم هندسة المواد.



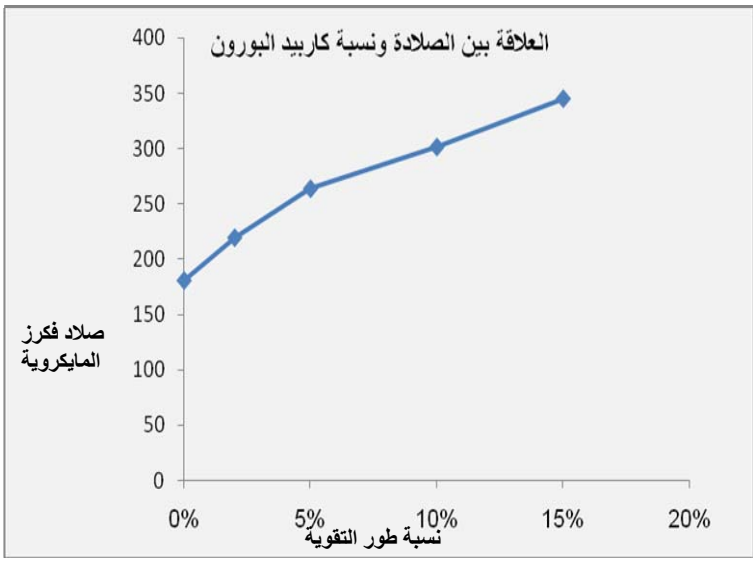
الشكل رقم (1) يوضح شكل
العينة وطريقة تسليط الحمل [1]



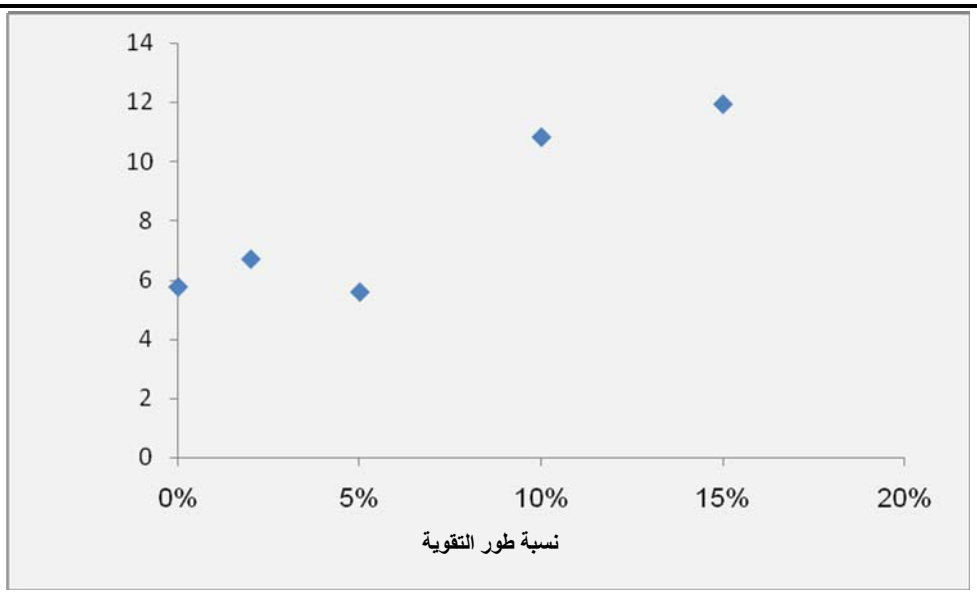
شكل رقم (2) العينة رقم (5) قبل الحرق



الشكل رقم (3) العينة رقم (5) بعد الحرق



الشكل رقم (4) يوضح العلاقة بين صلادة فيكرز المايكروية والنسبة المئوية لطور التقوية



الشكل رقم (5) العلاقة بين مقاومة الانضغاط القطرية ونسبة طور التقوية

الجدول رقم (1) يوضح النسب المئوية لتركيب العينات

رقم العينة	نسبة مسحوق الالمنيوم	نسبة طور التقوية (B_4C)
1	100%	0%
2	98%	2%
3	95%	5%
4	90%	10%
5	85%	15%

الجدول (2) يوضح العلاقة بين الصلادة المايكروية ونسبة طور التقوية

نسبة طور التقوية	**صلادة فكرز المايكروية**
0%	**180.6**
2%	**219.3**
5%	**263.6**
10%	**301.3**
15%	**345**

الجدول رقم (3) يوضح العلاقة بين تركيز كاربيد البورون ومقومة الانضغاط

التركيز	القوة (f) القطرية لكسر العينة	مقاومة الانضغاط القطرية (K.B)
0	3.3 K.N	5.75679
2%	3.6 K.N	6.70028
5%	3 K.N	5.58357
10%	5.8 KN	10.833.05
15%	6.5 KN	11.95046