

دراسة الخواص الفيزيائية لمادة متراكبة من نظام (الالمنيوم_ كاربيد البورون) (B₄C)

د. فاضل عطية جواد*، احمد حسين علي* و رونق صلاح الدين مهدي*

تاريخ التقديم: 2009/5/21

تاريخ القبول: 2010/2/16

الخلاصة

يهدف هذا البحث الى دراسة بعض الخواص الفيزيائية (الكثافة الظاهرية، الكثافة الحجمية، والنسبة المئوية للمسامية الظاهرية، والنسبة المئوية لمتصاص الماء) لمادة متراكبة ذات اساس معدني من الالمنيوم ومدعمة بدقائق من مسحوق رابع كاربيد البورون (B₄C) وبنسب وزنية (0%, 2%, 5%, 10%, 15%) ومصنعة بطريقة تكنولوجيا المساحيق حيث اظهرت النتائج نقصان كل من الكثافة الظاهرية والكثافة الحجمية وزيادة النسبة المئوية للمسامية الظاهرية وامتصاص الماء مع زيادة نسبة دقائق (B₄C).

الكلمات المرشدة : مواد متراكبة، التقوية بالدقائق، كاربيد البورون.

Studying the Physical Properties of System (Al-BuC) Composite

Abstract

The aim of this research is studying some physical properties (bulk density, apparent density, apparent porosity percentage, water absorption percentage) for metal matrix composite material. Aluminum matrix consists boron carbide particles as a reinforced phase. Different percents (0%, 2%, 5%, 10%, and 15%) of (B₄C) have been used. powder technology process is used for preparing the specimens, the results shows that the bulk and apparent density decrease, apparent porosity percentage and water absorption percentage were increasing as percentage of (B₄C) particles increase.

المقدمة :

ومن الدقائق المستخدمة في التقوية كاربيد لسليكون و كاربيد البورون و كاربيد التيتانيوم والالومينا والسليكا وغيرها يستخدم كل من تكنولوجيا المساحيق (Powder Metallurgy) والسباكة بالعصر (Squeeze Casting) وطريقة الترشيح (Infiltration) وذلك للحصول على مواد متراكبة تتحمل ظروف التشغيل عند درجات حرارة واحتكاك عاليين وأدى هذا بطبيعة الحال إلى اتساع نطاق استعمال هذه المواد في تطبيقات صناعية مختلفة [3]. يعد كاربيد البورون من اصلد المواد المعروفة بعد الماس و نتريد البورون وتبلغ قيمة صلادته (3000) حسب مقياس (knoop) ودرجة

نظراً للمشاكل التي يواجهها الالمنيوم وسبائكته اثناء الاستخدام بسبب انخفاض مقاومته الميكانيكية (تغير الخواص الميكانيكية) خاصة عند استخدام في ظروف العمل بتحميل عالي الأمر الذي حفز الباحثين في الأونة الأخيرة في هذا المجال بتكثيف جهودهم البحثية حول إمكانية استخدام سبائك الالمنيوم في إنتاج مواد متراكبة (Composite Materials) [1] وخاصة في صناعة السيارات والطائرات التي تتطلب الحصول على مقاومة وجساءة عالية للأجزاء المنتجة مع اقل وزن ممكن لهذه الأجزاء [2] ذلك بتقوية الطور الاساس (الالمنيوم) بدقائق سيراميكية بهدف تحسين الخواص الميكانيكية

(density) والكثافة الحجمية (Bulk Density) والنسبة المئوية للمسامية الظاهرية (Apparent Porosity) والنسبة المئوية لمتصاص الماء (water absorption). وتعرف الكثافة الظاهرية (Apparent Density) بانها النسبة بين الكتلة والحجم الظاهري الذي يتضمن (حجم حبيبات المادة + حجم المسامات المغلقة فقط) اما الكثافة الحجمية بانها النسبة بين الكتلة الى الحجم الكلي الذي يتضمن (حجم حبيبات المادة + حجم المسامات المغلقة والمفتوحة) [8] وتتأثر الكثافة الحجمية للمواد السيراميكية بعدة عوامل مثل (التركيب الكيميائي والحجم الحبيبي والظروف التي ترافق عمليات التصنيع مثل طريقة التشكيل والضغط المسلط ودرجة حرارة التلييد وزمن التلييد) والعلاقة التي تربط درجة حرارة التلييد والكثافة هي علاقة طردية إذ تزداد الكثافة مع زيادة درجة حرارة التلييد بسبب نقصان عدد المسامات [9,10]. ويمكن تعريف المسامات على انها فراغات موجودة داخل الجسم السيراميكي والمنتجات المصنعة بطريقة تكنولوجيا المساحيق لها شكل وترتيب معين اعتماداً على الكثير من الظروف وغالباً ما يكون هناك اتصال او تشابك فيما بينها وبصورة عامة يوجد نوعان من المسامات وهما المسامات المفتوحة (Open Pores) والمسامات المغلقة (Sealed Pores) وتقاس خاصية المسامية بالمقارنة بين حجم المسامات الموجودة مع حجم او وزن النموذج المقاس [11,12]. وفي معظم السيراميكات تتصل مع بعضها وتسمى بالمسامات المفتوحة اما المسامات المغلقة فتتأثر اثناء عملية التلييد عند زيادة درجة حرارة الحرق، و تؤثر المسامات سواء كانت مفتوحة أو مغلقة على خواص المواد المصنعة بطريقة ميتالورجيا المساحيق خاصة الميكانيكية والحرارية والكهربائية اما العوامل المؤثرة في المسامية فهي (الحجم الحبيبي، والشكل الحبيبات، وطريقة التشكيل، ودرجة حرارة التلييد وزمن التلييد) [8]. والمسامية الظاهرية (Apparent

انصارهه C° (2450) كما يمتلك كثافة واطنة تبلغ 3 gm/cm (2.52) ويتأكسد في الهواء عند درجة حرارة ما بين (800-1000) C° ويمتلك كربيد البورون تركيب بنائي نوع (rhombhedra) اما لون الكربيد فهو اسود [4] ويستخدم كربيد 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 وكطور تقوية في تصنيع المواد المتراكبة، و ينتج كربيد البورون عادةً من تفاعل اوكسيد البورون مع الكربون بدرجة حرارة ما بين C° (1400_2300) وحسب المعادلة ادناه [5,6]



تعتبر تقنية التصنيع بتكنولوجيا المساحيق من الطرق المهمة لإنتاج المواد المركبة ذات الأساس معدني، فهي طريقة ملائمة لإنتاج أنظمة مواد بتوزيع دقائق متجانس ومحكم وتتضمن مزج أو خلط (Mixing or Blending) المسحوق المعدني مع طور التقوية السيراميكي (ألياف قصيرة، شعيرات، دقائق) خلط جيداً وبالنسب المطلوبة، ويتبع الخلط عادة الكبس على البارد أو على الساخن في جو مسيطر عليه للحصول على الأجزاء النهائية [7].

الهدف من البحث:

يهدف البحث الى تحضير مادة متراكبة مؤلفة من معدن اساس (الالمنيوم) ومقواة بدقائق كربيد البورون (B₄C) باستخدام تقنية تكنولوجيا المساحيق ودراسة الخواص الفيزيائية لها ومقارنتها مع عينات من الالمنيوم النقي مصنعة بنفس الطريقة.

الجزء النظري

الخواص الفيزيائية

تعتبر الخواص الفيزيائية للأجسام المنتجة بواسطة تكنولوجيا المساحيق الناتجة بعد التلييد مقياساً لنجاح عملية التلييد وللتطبيقات المحتملة للمنتج ويشمل البحث دراسة خواص كل من الكثافة الظاهرية (Apparent

بواسطة الطاحونة السيراميكية 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. كيس المسحوق: بعد تزييت القالب بزيت البرافين السائل تم وضع كمية معينة محددة مسبقاً من الخليط للحصول على السُمك محدد للعينة (بعد اجراء عدة تجارب كيس وجد ان اضافة gm (6) من المسحوق تحت تأثير ضغط kg/cm² (300) كافٍ للحصول على عينة بسُمك 6mm) وهذا السُمك يتناسب مع قطر العينة والضغط المسلط للحصول على متانة خضراء جيدة) ثم تم تسليط ضغط مقداره kg/cm² (300) (وقد تم تحديد مقدار الضغط بناءً على امكانية المكبس وتحمل القالب المستخدم للضغط) على المسحوق بواسطة المكبس وبعد ذلك تم رفع الضغط واخراج العينات ثم تمت عملية إزالة الحواف الحادة من العينات.

4. الحرق: لاحتياج العينات للتجفيف كما هو عليه 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 التليد تتراوح ما بين % (75-60) من درجة انصهار المكون الاساسي للعينة (الالمنيوم °C (660)) ثم تم اطفاء الفرن وتركت العينات لتبرد داخل الفرن

(Porosity) هي نسبة حجم المسامات المفتوحة الى الحجم الكلي (حجم المسامات الكلية + حجم حبيبات المادة) بينما المسامية الحقيقية نسبة مجموع حجوم المسامات المفتوحة والمغلقة الى الحجم الكلي [13]. اما النسبة المئوية لامتصاص الماء فهي وزن الماء المُمتص إلى وزن العينة وهي جافة [14,15]

الأجهزة المستخدمة

1. ميزان كهربائي حساس نوع (4-digit) خاص بحساب الكثافات من تصنيع شركة (Alfa Mirage) الفرنسية.
2. طاحونة كهربائية (Milling) محلية الصنع.
3. مكبس هيدروليكي يدوي احادي التأثير Kg/cm² (400) محلي الصنع.
4. قالب اسطواني من الفولاذ بقطر mm (30).
5. فرن كهربائي مبرمج درجة حرارة العظمى له (1000) من انتاج شركة (Gallenkamp).

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) ومسحوق كربيد البورون ذو نقاوة عالية جدا وبحجم حبيبي اقل من μm (25) حسب مواصفات الشركة المصنعة (HANNOVER) وتم استخدام زيت البرافين السائل لتزييت القالب عند عملية الكبس والجدول رقم (1) يوضح النسبة المئوية لطور التقوية لكل عينة.
2. وزن وخلط المسحوق: بعد وزن المواد حسب النسب الوزنية المحددة بواسطة الميزان الحساس تمت عملية الخلط

وذلك لان كثافة كاربيد البورون (2.52) gm/cm³ اقل من كثافة الالمنيوم gm/cm³ (2.7) وكلما ازداد الكسر الحجمي لمادة التقوية (نسبة كاربيد البورون) على حساب حجم المادة الأساس (الالمنيوم) قلت الكثافة الظاهرية والحجمية للمادة المترابكة.

2. النسبة المئوية للمسامية الظاهرية وامتصاص الماء

1.2 النسبة المئوية للمسامية الظاهرية

يمكن حساب النسبة المئوية للمسامية

الظاهرية من خلال العلاقة رقم (3) [17]

$$A.P \% = \left[\frac{W_3 - W_1}{W_3 - W_2} \right] \times 100 \dots (3)$$

حيث ان

A.P المسامية الظاهرية

W₁ وزن العينة وهي جافة

W₂ وزن العينة وهي معلقة بالماء

W₃ وزن العينة وهي مشبعة بالماء

وكانت النتائج كما هو موضح في كل من

الجدول رقم (4) والشكل رقم (3)

2.2 النسبة المئوية لامتصاص الماء:

ويمكن حسابها من خلال العلاقة

رقم (4) [17]

$$W.A.P \% = \left[\frac{W_3 - W_1}{W_1} \right] \times 100 \dots (4)$$

حيث ان

W.A امتصاصية الماء

W₁ وزن العينة وهي جافة

W₃ وزن العينة وهي مشبعة بالماء

وكانت النتائج كما هو موضح في

كل من الجدول رقم (5) والشكل رقم (4)

ومن خلال الصور المجهرية الخاصة بسطح

العينات الاشكال (5,6,7) على التوالي نلاحظ

ان الفجوات (المسامات المفتوحة) ذات كثافة

عالية وموزعة بانتظام على سطح النموذج

وتزداد كثافة المسامات تدريجيا مع زيادة

طور التقوية كما يمكن ملاحظة تركز دقائق

كاربيد البورون الموجودة على سطح

العينات داخل هذه الفجوات.

الاستنتاجات:

ثم تم استخراج العينات وتطيفها من الفحم.

النتائج والمناقشة

1. الكثافة الظاهرية والحجمية:

1.1 الكثافة الظاهرية:

وتحسب من العلاقة رقم (1) [16]

$$B.D = \rho_L \frac{W_1}{W_1 - W_2} \dots (1)$$

ρ_L كثافة الماء

B.D الكثافة الظاهرية

W₁ وزن العينة وهي جافة

W₂ وزن العينة وهي معلقة بالماء

وكانت النتائج المستحصلة كما هو موضح

في الجدول رقم (2) والشكل رقم (1)

2.1 الكثافة الحجمية:

يمكن حساب الكثافة الحجمية

للعينات وفق العلاقة رقم (2) [16]

$$B.D = \rho_L \frac{W_3}{W_3 - W_2} \dots (2)$$

ρ_L كثافة الماء

B.D الكثافة الحجمية

W₁ وزن العينة وهي جافة

W₂ وزن العينة وهي معلقة بالماء

W₃ وزن العينة وهي مشبعة بالماء

وكانت النتائج العملية كما هو موضح في

الجدول رقم (3) والشكل رقم (2) ان نتائج

كل من الكثافة الحجمية والكثافة الظاهرية من

خلال ملاحظة الجدول رقم (2) والشكل رقم

(1) الخاصة بالكثافة الظاهرية والجدول رقم

(3) والشكل رقم (2) الخاصة بالكثافة

الحجمية للمادة المتراكبة تتناقص مع زيادة

النسب المضافة من كاربيد البورون وهذا

النقصان في الكثافة يتوافق مع قاعدة الخلط

(mixture rule)

$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_p V_p$$

ρ_c كثافة المادة المترابكة

ρ_m كثافة المادة الأساس

ρ_p كثافة مادة التقوية

V_m الكسر الحجمي للمادة الأساس

V_p الكسر الحجمي لمادة التقوية

- [7]. محسن طالب محمد الباسري "المعاملات الحرارية الميكانيكية لمادة مركبة ذات أساس من سبيكة الألمنيوم" الجامعة التكنولوجية، اطروحة ماجستير، قسم هندسة الانتاج والمعادن، الجامعة التكنولوجية، 2006.
- [8]. Kingery, W.D., "Introduction to Ceramics", 2nd edition, by A Wiley Interscience Publication, (1975).
- [9]. Chesters, J. H, "Refractories: Production and properties", 5th edition Published by the Iron and steel Institute, House press London, (1973).
- [10]. Essen, S.H., "The Chemical and Physical Reactions in Heavy Clay Bodies During Firing", Ziegler Industries International, (1981).
- [11]. Kenneth, S., "Refractories and their Uses", 1st edition, Applied Science Publishers, LTD, London, (1972).
- [12]. Brownell, W.E., "Structural Clay Products", Springer verlag, New York, (1976).
- [13]. Ryan, W., Radford, C., "White Wares", Production, Testing and Quality control, The Institute of Ceramics pergamon press. U.K., (1987).
- [14]. Budworth, D.W., "An Introduction to Ceramic Science", 1st edition, by Pergamon Press, (1970).
- [15]. حسين علاء جابر "تحضير ودراسة تأثير بعض العوامل على بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للسيراميك", اطروحة ماجستير، قسم هندسة المواد، الجامعة التكنولوجية، (2008)
- [16]. Singer, F. & Singer, S., "Industrial Ceramic", Chapman
- من خلال ملاحظة نتائج التجارب العملية للعينات المصنعة يمكن استنتاج ما يلي:
1. نقصان الكثافة الظاهرية مع زيادة نسبة طور التقوية.
 2. نقصان الكثافة الحجمية مع زيادة نسبة طور التقوية.
 3. زيادة المسامية الظاهرية مع زيادة نسبة طور التقوية.
 4. زيادة نسبة المنوية لامتصاص الماء مع زيادة نسبة طور التقوية.
- المصادر:**
- [1]. منال حميد جاسم "دراسة تأثير المعاملات الحرارية الميكانيكية في الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات أساس معدني من سبيكة Al-Mg-Si و المقواة بدقائق من الالومينا Al₂O₃", اطروحة ماجستير، قسم هندسة المواد، الجامعة التكنولوجية، (2006).
- [2]. عدنان إبراهيم الجرجري "تأثير اضافة الالومينا على قابلية التصليد بالتشيت لسبائك الالمنيوم - نحاس"، رسالة ماجستير، قسم هندسة الانتاج والمعادن، الجامعة التكنولوجية، (2001).
- [3]. كركجي، د. صالح أمين صالح، د. وليد محمد الشريف، د. طالب حسين "خواص المواد الهندسية"، دار الكتب للطباعة والنشر، (1989).
- [4]. Kirk-Othmer "Encyclopedia of chemical technology" 3rd, Wiley and sons.inc. p 676. USA (1984).
- [5]. B. Bever, Micheal "encyclopedia of materials science and engineering" 1st vol, pergamon press, p (401 – 402). (1986)
- [6]. W. Bolton "Engineering materials technology" third edition, member of reed Elsevier PLC group, 1998.

Fired White Ware Product,
(1988).

and Hall LTD, Published,
(1979).

[17]. ASTM, Part 15.02 (C373-
72), Water Absorption, Bulk
Density- Apparent Porosity of

الجدول رقم (1) يوضح النسب المئوية لتركيب العينات

نسبة المئوية لطور التقوية (B ₄ C)	النسبة المئوية لمسحوق الالمنيوم	رقم العينة
0%	100%	1
2%	98%	2
5%	95%	3
10%	90%	4
15%	85%	5

الجدول رقم (2) يوضح العلاقة بين طور التقوية والكثافة الظاهرية

الكثافة الظاهرية (gm/cm ³)	نسبة المئوية لطور التقوية	رقم العينة
2.501	0%	1
2.498	2%	2
2.4935	5%	3
2.4821	10%	4
2.467	15%	5

الجدول رقم (3) يوضح العلاقة بين طور التقوية والكثافة الحجمية

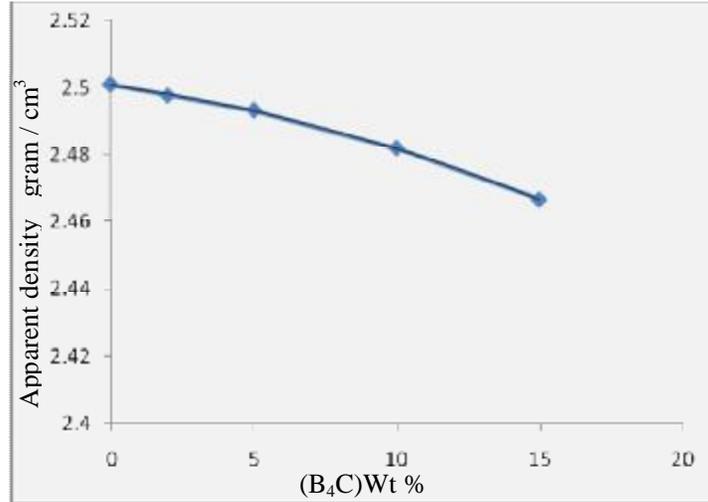
الكثافة الحجمية (gm/cm ³)	نسبة المئوية لطور التقوية	رقم العينة
2.322	0%	1
2.31	2%	2
2.282	5%	3
2.239	10%	4
2.193	15%	5

الجدول رقم (4) يوضح العلاقة بين نسبة كربيد البورون والنسبة
المئوية للمسامية الظاهرية

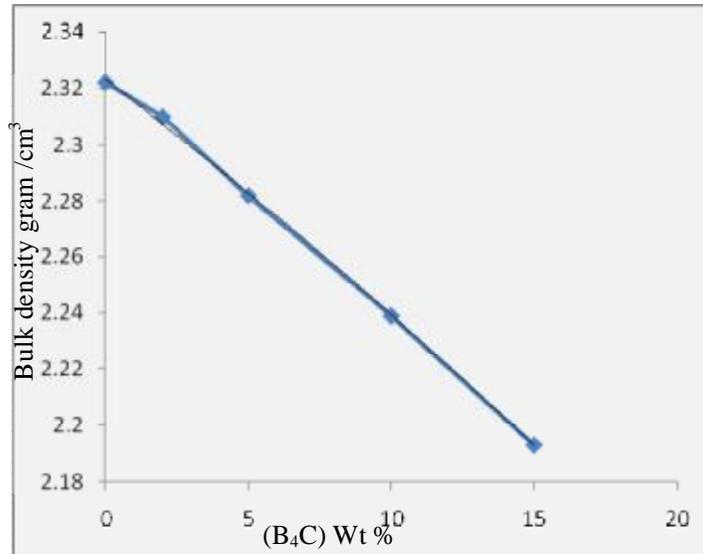
النسبة المئوية للمسامية الظاهرية	نسبة المئوية لطور التقوية	رقم العينة
7.07%	0%	1
13.029%	2%	2
20.17%	5%	3
25.51%	10%	4
23.79%	15%	5

الجدول رقم (5) يوضح العلاقة بين نسبة كربيد البورون والنسبة
المئوية لامتصاص الماء

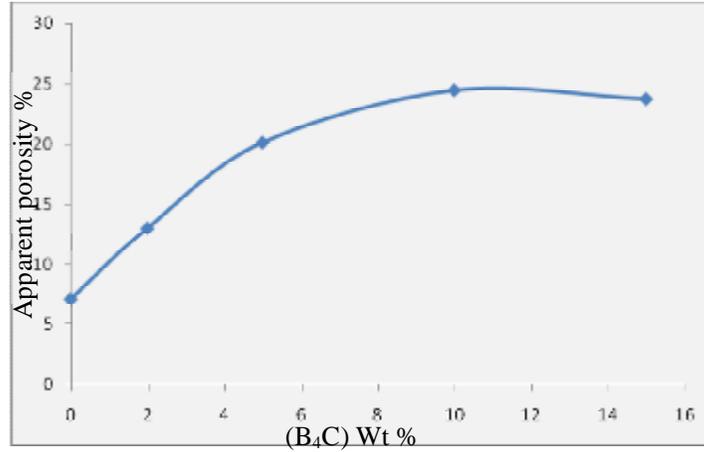
النسبة المئوية لامتصاص الماء	نسبة المئوية لطور التقوية	رقم العينة
3.04%	0%	1
5.486%	2%	2
8.52%	5%	3
9.869%	10%	4
9.786%	15%	5



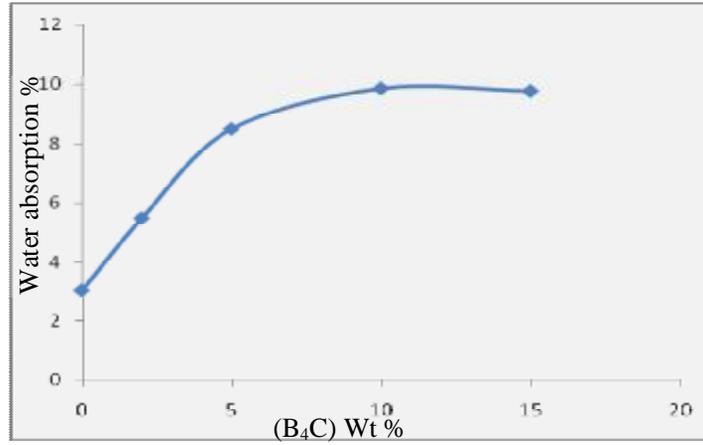
الشكل رقم (1) يوضح العلاقة بين نسبة طور التقوية والكثافة الظاهرة



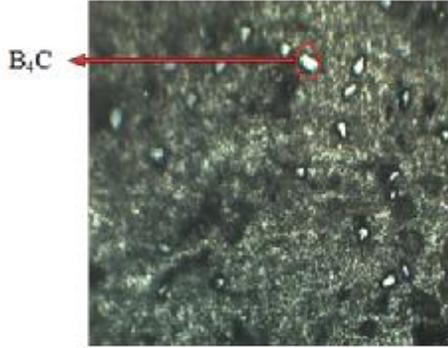
الشكل رقم (2) يوضح العلاقة بين نسبة طور التقوية والكثافة الحجمية



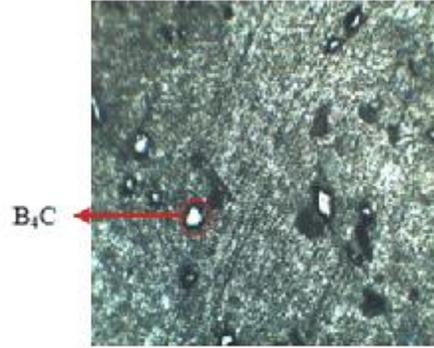
الشكل رقم (3) يوضح العلاقة بين نسبة طور التقوية والمسامية



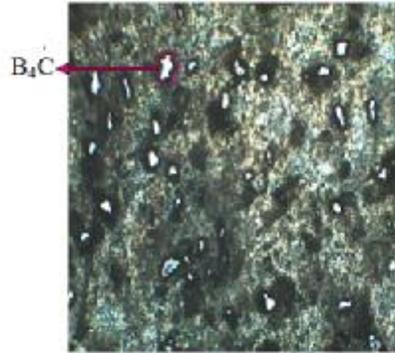
الشكل رقم (4) يوضح العلاقة بين نسبة طور التقوية والنسبة المئوية لامتصاص الماء



الشكل رقم (6) العينة رقم (3) بقوة تكبير (100 x) ($10\% B_4C$)



الشكل رقم (5) العينة رقم (2) بقوة تكبير (100 x) ($5\% B_4C$)



الشكل رقم (7) العينة رقم (4) بقوة تكبير (100 x) ($15\% B_4C$)