

## الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمترابك هجين ذي اساس من الالمنيوم

رائد نجيب رزوقي

كلية الهندسة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

[raidmouis@tu.edu.iq](mailto:raidmouis@tu.edu.iq)

### الملخص

تضمن البحث استخدام تقانة المساحيق (PM) في تصنيع المترابك ذات اساس من الالمنيوم بنقاوة (99.7%) مع اعتماد النسب الحجمية في اضافة كل من النحاس بنقاوة (99.7%) والكرافيت بنقاوة (99.8%) كمواد تدعيم مشترك , اضيف النحاس بنسبة ثابتة وهي (4%), اما الكرافيت فقد اضيف بنسب مختلفة وهي % (0, 3, 6, 9, 12, 15) وتم الكبس باتجاه واحد وبضغط كبس مقداره (700-Mp) لغرض التشكيل. تم دراسة تأثير التدعيم المشترك على الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمترابك بعد تليدها بدرجة حرارة (600°C) لمدة ساعتين باستخدام فرن كهربائي وبمعدل تسخين (4°C/min).

اظهرت النتائج ان علاقة محتوى الكرافيت بالكثافة الحجمية والظاهرية والتوصيلية الحرارية علاقة عكسية فالمترابك (F) (Al+4%Cu+15%Gr) الاكثر انخفاضاً عند زيادة النسبة مقارنة بالمترابك (A) (Al + 4%Cu) الذي امتلك خواص اعلى وهي ذات السلوك بالنسبة للخواص الميكانيكية الصلادة ومقاومة الانضغاط القطرية.

تزداد نسبة المسامية الكلية والظاهرية وقابلية امتصاص الماء بزيادة نسبة الكرافيت في المترابك اذ ازدادت قابلية امتصاص الماء للمترابك (B) بمقدار (0.61%) مقارنة بالمترابك (F).

**الكلمات الدالة:** تقانة المساحيق, التدعيم, المترابك الهجينة, الخواص الفيزيائية, الخواص الميكانيكية.

### 1 - المقدمة

الاساس البوليميري. ولكن كان من الصعب تصنيع مترابك ذات اساس معدني او سيراميكي بسبب ضعف الترطيب (Wettability) وضعف الترابط بين المادة الاساس والكربون المستخدم كتدعيم وتأثير ذلك بشكل سلبي على الخواص. حاول الباحثين معالجة تلك المسألة من خلال طلاء السطح الكربوني متناهي الصغر بمادة ترطيبها جيد مع المعدن الاساس (السائل) او عن طريق السيطرة على التكوين الكيماوي للمعدن الاساس [6-8].

يهدف البحث الى تدعيم مترابك الالمنيوم بالنحاس والكرافيت لتحسين الخواص والايفاء بمتطلبات بعض التطبيقات الهندسية مقارنة بمترابك سيراميك- معدن.

### 2 - تقانة العمل والمواد المستخدمة

تم تحضير المواد المترابكية باستخدام مسحوق الالمنيوم كمادة اساس والنحاس والكرافيت كمادة تدعيم ويبين الجدول (1) نقاوة المساحيق وشكلها ومتوسط حجم جسيماتها علاوة على منشأها.

الجدول (1) المساحيق المستخدمة في تصنيع المترابك

ت	نوع المسحوق	النقاوة %	شكل الجسيمات	متوسط حجم الحبيبات (µm)	المنشأ
1	المنيوم (AL)	99.7	شجري	53≥	انكليزي
2	نحاس (Cu)	99.7	كروي	63≥	هندي
3	كرافيت (Gr)	99.8	قشور	63≥	انكليزي

تم استخدام مناخل قياسية مناسبة للتحقق من حجم الجسيمات, جُفّف الكرافيت بدرجة حرارة (200°C) لمدة ساعتين للتخلص من الرطوبة

ان التنمية السريعة بشقيها الصناعي والتكنولوجي التي يشهدها عالمنا اليوم حفزت الكثير من الباحثين على ايجاد مواد هندسية بديلة ذات مواصفات تركيبية متميزة تحدد وفق حاجة الاستخدام المطلوب. وحديثاً تعد المواد المترابكية الاساس في تطوير وتغيير التصاميم [1].

تتميز طريقة ميتالورجيا المساحيق (Powder Metallurgy) (PM) بكونها تنتج مترابك ذات اساس معدني (MMC<sub>s</sub>) وتراكيب متعددة البلورات وبتوزيع متجانس من الجسيمات والتي من غير الممكن انتاجها بطريقة الصهر والصب التقليدية بحيث تكون المقاومة متوزعة في المواد التي تنتسب الى تلك المترابك نتيجة التفاعلات المرنة بين الجسيمات والتي بدورها تمنع حركة انخلاعات المادة الاساس علاوة على تقليل التفاعلات غير المرغوب فيها بين المادة الاساس (Matrix Material) ومادة التدعيم (Material Reinforcement) [2-5].

بدأ الاهتمام مؤخراً بشكل واسع باستخدام المركبات الخفيفة سواء الالمنيوم وسبائكه او المترابك ذات اساس من الالمنيوم والمقواة بألياف الكربون او جسيمات الكرافيت لتحسين الخواص من خلال تطبيق طريقة تقانة ميتالورجيا مساحيق الالمنيوم وسبائكه [5,6].

تمتلك الياف الكربون وجسيمات الكرافيت خفة وزن ونسبة عالية من المقاومة النوعية الى الوزن, استقرارية تركيبية وخواص متفوقة عند درجات الحرارة العالية, يقللان معامل الاحتكاك من خلال تقليل مساحة التلامس (معدن - معدن) علاوة على قلة وزنها النوعي مقارنة بالنحاس والزنك والزركونيوم وبسبب تلك الخواص اصبحا مهمان للاستخدام وبقوة مواد جيدة للتدعيم (للتقوية) في المترابك ذات

وضعت العينات داخل بواق سيراميكية وتركت لتجف عند درجة حرارة الغرفة لمدة (24) ساعة قبل تليدها، اجريت عملية التليد (Sintering) لجميع العينات عند درجة حرارة (600°C) ولمدة (2) ساعة وبمعدل تسخين (4°C/min) باستخدام فرن كهربائي تمت معايرته مسبقاً مع الاخذ بنظر الاعتبار عملية حماية العينات من التأكسد اثناء العملية، بردت البواق ببطء داخل الفرن لحين الوصول الى درجة حرارة الغرفة.

### 3 - الاختبارات الفيزيائية Physics Tests

#### 3 - 1- التصوير المجهرى Microscopy Imaging

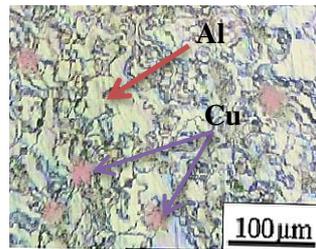
اجريت للمترابكات عملية تحضير كاملة اذ نعمت باستخدام اوراق كاربيد السيليكون (SiC) مختلفة الاحجام بوجود تيار مائي، صقلت بقماش الصقل ومعجون الماس بعدة مراحل، غسلت العينات بالماء ثم بالاحول بعد كل مرحلة من مراحل التنعيم او الصقل علاوة على التجفيف بواسطة جهاز التجفيف. استخدم مجهر القوة الذرية (Atomic Force Microscopy) (AFM) لدراسة طوبوغرافية المترابكات وتحديد معدل حجم حبيباتها. كما تم اجراء الفحص المجهرى باستخدام المجهر الضوئي والشكل (1) يبين البنية المجهرية للمركبات.

والمواد الطيارة العالقة. وبسبب الاختلاف الكبير في كثافة المساحيق المستخدمة، هُيأت خلطة كل مترابك باتباع النسب الحجمية المذكورة في الجدول (2) باستخدام ميزان حساس بدقة (0.0001)gram.

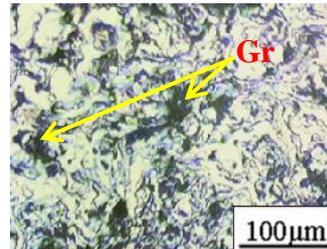
الجدول (2) الكسر الحجمي للمواد الداخلة في تكوين كل مترابك

ت	المترابك	Al%	Cu%	Gr%
1	A	96	4	Zero
2	B	93	4	3
3	C	90	4	6
4	D	87	4	9
5	E	84	4	12
6	F	81	4	15

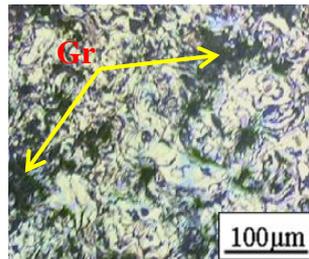
خلطت المساحيق المكونة لكل مترابك باستعمال خلاط ميكانيكي لمدة ساعة واحدة لضمان التجانس ووضع المزيج في قالب معدني ذي قطر (10) mm، شكلت العينات خلال تقانة الكبس باتجاه واحد (Uniaxial Pressing) اذ وضع المزيج الكلي مترابك داخل قالب الكبس ومن ثم سلط ضغط مقداره (5.497)Ton اي بما يعادل (700-MPa) بواسطة ماكينة الاختبارات الجامعة (Universal Testing Machin) [9].



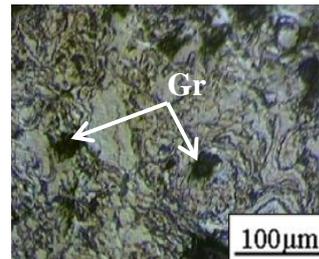
المترابك A



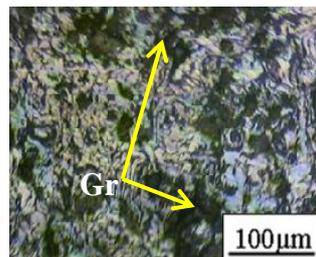
المترابك B



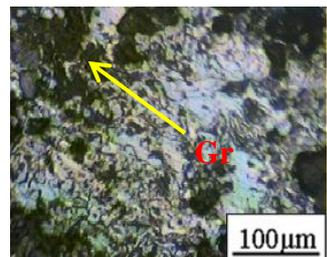
المترابك C



المترابك D



المترابك E



المترابك F

الشكل (1) البنية المجهرية للمترابكات

## 3 - 2 - الكثافة، المسامية وامتصاص الماء

## (Density , Porosity and Water Absorption)

تعتمد معيارية نجاح عملية التليد على الخواص الفيزيائية للمركبات او العينات المصنعة بتقانة (PM) ومدى ملائمتها للتطبيق المحدد كونها لا تتطلب تسليط قوى او احمال ميكانيكية ومن تلك الخواص الكثافة ، المسامية وقابلية امتصاص الماء والخصائص الحرارية والكهربائية [9-18].

تم اجراء اختبارات الكثافة والمسامية علاوة على امتصاصية الماء باتباع قاعدة ارميدس وفق المعيار العالمي (ASTM C373-88) باستخدام الميزان الكهربائي الحساس اذ جففت العينات من خلال تسخينها عند درجة حرارة (150°C) ولمدة ساعة واحدة وبردت داخل الفرن الكهربائي، ووزنت العينة بعد اخراجها من الفرن والذي يمثل الوزن الجاف ( $W_d$ ).

وضعت العينات في الماء المقطر المغلي لمدة (5) ساعة ثم نقلت الى اناء يحتوي على ماء مقطر بدرجة حرارة الغرفة لمدة (24) ساعة، اخرجت العينات ووزنت على انفراد بعد ازالة الماء السطحي العالق بالعينة فقط اذ تمثل القراءة الوزن المشبع ( $W_s$ ).

استخدم ميزان تعليق حساس (أربعة مراتب بعد الفارزة) لوزن النموذج وهو معلق ومغمور بالماء المقطر ومثلت قراءة الوزن المعلق ( $W_i$ ).

تم حساب الكثافة النظرية (Theoretical Density) (T.D.) والظاهرية (Apparent Density) (A.D.) والحجمية (Bulk Density) (B.D.)، المسامية الحقيقية (True Porosity) (T.P.) والظاهرية (Apparent Porosity) (A.P.) ونسبة امتصاصية الماء (Water Absorption) (W.A.) باستخدام العلاقات الاتية:-

$$T.D. = \sum_{i=1}^n (\rho_i x_i) \dots \dots (1)$$

$$A.D. = \frac{W_d}{W_d - W_i} \times \rho_w \dots (2)$$

$$B.D. = \frac{W_d}{W_s - W_i} \times \rho_w \dots \dots (3)$$

$$T.P. = \frac{T.D. - B.D.}{T.D.} \times 100 \dots \dots (4)$$

$$A.P. = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \times 100 \dots \dots (5)$$

$$W.A. = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \dots \dots (6)$$

اذ ان :-

$P_i$ : الكثافة النظرية للعناصر المكونة للجسم الواحد ( $g/cm^3$ ).

$X_i$ : نسبة كل عنصر في الجسم

$\rho_w$ : كثافة الماء  $g/cm^3$

## 3 - 3 - الموصلية الحرارية Thermal Conductivity

تمثل معدل انسياب الحرارة عبر وحدة المساحة خلال وحدة الزمن عند وجود انحدار حراري بين سطحين مقداره درجة مئوية واحدة اذ تختلف آلية التوصيل باختلاف حالات المادة ويستخدم قانون فوريير (Fourier)

(Law) بصيغته الاتية لحساب معامل التوصيل الحراري (k) :- [20,19,9, 8]:

$$-k = \frac{Q}{A \times \frac{\Delta T}{\Delta X}} \dots \dots (7)$$

اذ ان :-

K: معامل الموصلية الحرارية (w/m.k).

Q: كمية الحرارة المارة خلال وحدة الزمن (w).

A : مساحة مقطع انسياب الحرارة ( $m^2$ ).

$\Delta T / \Delta X$ : الانحدار الحراري بالنسبة للمسافة (k/m).

قيست الموصلية الحرارية من خلال درجات الحرارة التي سجلها جهاز (Heat Conduction Unit) المصنع من قبل شركة (P.A. Hilton Ltd England) (يعتمد مبدأ عمل الجهاز عن طريق تسليط قدرة كهربائية تعمل على تسخين النموذج الموجود داخل الجهاز وتقوم المحارير الالكترونية الموزعة على جانبي النموذج بقياس التغير في درجات الحرارة اذ يبعد كل محرار عن الاخر بمسافة (10mm) ومن خلال رسم المنحني بين المسافة ودرجة الحرارة امكن حساب قيمة التدرج الحراري ( $\Delta T / \Delta x$ ).

## 3 - 4 - حيود الاشعة السينية X-Ray Diffraction

تم استخدام حيود الاشعة السينية المنتج من قبل شركة (Shimadzu) اذ كان الهدف في انبوبة الاشعة هو  $CuK_{\alpha}$  وتم الحصول على المسافات البينية (d) للمستويات الذرية لكل عينة بشكل مباشر عن طريق الحاسوب المرتبط بالجهاز، اما الاطوار فقد تم الحصول عليها من خلال استخدام برنامج التحليل (Match! 2).

## 4 - الاختبارات الميكانيكية Mechanical Test

تعد الاهم في خواص المواد التي يمكن دراستها كونها شاملة لصفات المادة والتي تعبر عن امكانية تشكيلها وتطبيقها تحت ظروف متباينة وتمثل العلاقة بين القوة او الاجهاد او الصدمات المؤثرة على المادة والمقاومة التي تبديها تلك المادة ضد التشوه او الانفعال او الكسر وتشتمل الخواص الميكانيكية على مجموعة من الاختبارات التي تعتمد بدرجة عالية على البنية المجهرية [21, 22].

## 1-4- الصلادة Hardness

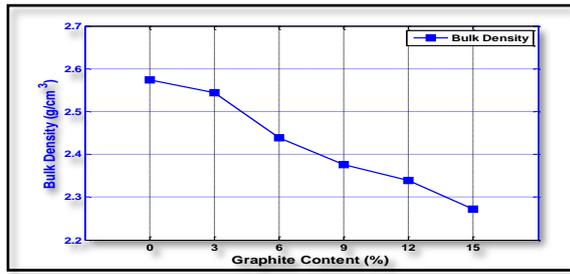
تعبر عن مقاومة المادة ضد محاولة خدش او اختراق على سطحها من قبل مادة اخرى، وقد تم اعتماد طريقة برينيل (Brinell) لأجراء الاختبار اذ تم اخذ معدل خمس قراءات لاماكن مختلفة بحيث تشمل مساحة سطح العينة [21].

## 4 - 2 - مقاومة الانضغاط القطرية

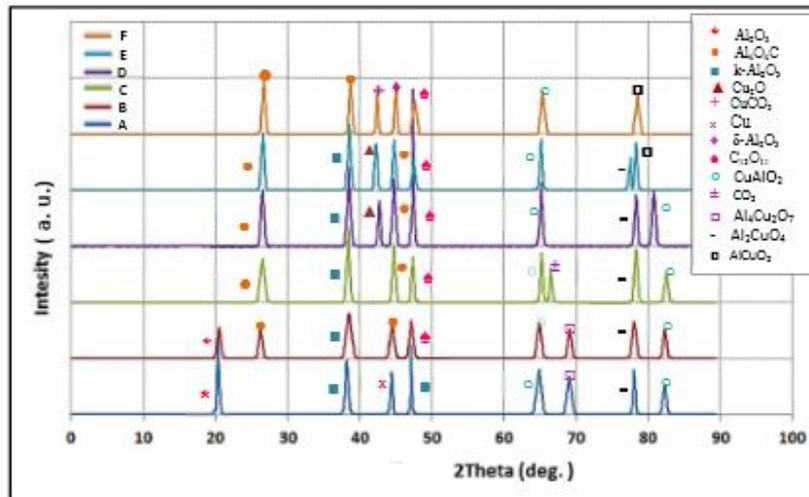
## Diametrical Compressive Strength

يكون الحمل المسلط في هذا الاختبار احادي المحور اي حمل انضغاطي لا شدي ويستفاد منه في تقييم المواد الهشة التي يكون فيها قيمة اجهاد الشد اقل بكثير من قيمة اجهاد الانضغاط ( $\sigma_{comp.} > \sigma_{Tens.}$ ) كالأجزاء المعدنية المصنعة بطريقة (PM) والسيراميك والخشب والطابوق ، تم حساب مقاومة الانضغاط القطرية من خلال

المنخفضة إذ تبلغ ( $2.26\text{g/cm}^3$ ) بالمقارنة مع المعدن الاساس الالمنيوم وبذلك تؤدي الزيادة في المحتوى الى انخفاض كثافة المتراكب علاوة على دور الكرافيت في تغطية جزء من جسيمات الالمنيوم والنحاس والذي يزداد تأثيره بزيادة محتوى الكرافيت وبالتالي يقلل من احتمالية حدوث عملية الاندماج (Consolidation) بين دقائق الالمنيوم والنحاس وبذا تنخفض نسبة تكون المحاليل الجامدة بينهما نتيجة اعاقا حدوث انتشار الحالة الصلبة اثناء عملية التلبيد وعليه سيقبل الاتكماش الحجمي الناتج من الاندماج بفعل الكرافيت وتقل الكثافة الحجمية وهذا يتفق مع [4, 9, 23].



الشكل (3) تأثير نسبة الكرافيت على الكثافة الحجمية للمترابكات (A الى F) كما ان فحص حيود الاشعة السينية الشكل (4) واستخدام برنامج (Chem.Office-2012) اظهرا تكون اطوار ذات كثافات منخفضة نسبيا" مع زيادة محتوى الكرافيت والذي انعكس بدوره على خفض الكثافة الحجمية.



الشكل (4) حيود الاشعة السينية للمترابكات (A الى F)

(15%). ويمكن ان يعزى ذلك الى انخفاض الكثافة الحجمية للمترابكات مع زيادة نسبة الكرافيت الشكلين (3, 4).

تسليط اجهاد عمودي على مقطع العينة وكما موضح بالشكل (2) باستخدام ماكينة الاختبارات الجامعة وتطبيق العلاقة الاتية [21] :-

$$\sigma_D = \frac{2F}{\pi dh} \dots\dots\dots(8)$$

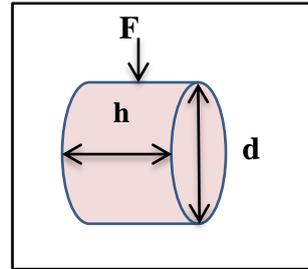
اذ ان :-

$\sigma_D$  : مقاومة الكسر الانضغاطية (MPa) .

F: القوة المسلطة (N).

d: قطر العينة (mm).

h: سمك العينة (mm).



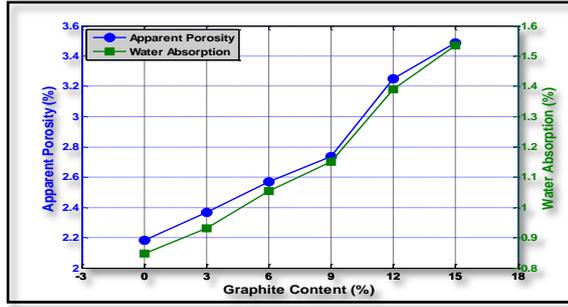
الشكل (2) وضع العينة اثناء تسليط الحمل

### 5 - النتائج والمناقشة

#### 1-5 - الخواص الفيزيائية Physical Properties

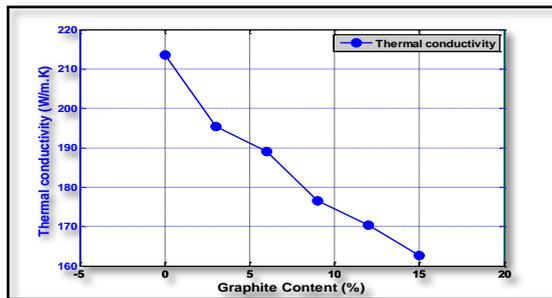
يبين الشكل (3) العلاقة بين نسبة الكرافيت والكثافة الحجمية إذ تنخفض الكثافة الحجمية للمترابكات على سبيل المثال من ( $2.54\text{g/cm}^3$ ) الى ( $2.27\text{g/cm}^3$ ) مع زيادة محتوى الكرافيت من (3%) الى (15%) على التوالي. ويمكن ان يعزى ذلك الى كثافة الكرافيت.

تزداد المسامية الحقيقية بزيادة محتوى الكرافيت بمقدار (7.65%) كما يوضحها الشكل (5) عند زيادة محتوى الكرافيت من (3%) الى



الشكل (7) العلاقة بين كل من المسامية الظاهرية وامتصاص الماء والكسر الحجمي للكرافيت في المترابكات (A الى F)

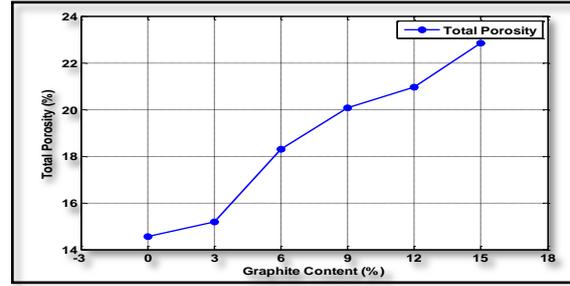
اما الشكل (8) فبين ان زيادة محتوى الكرافيت في المترابكات يعمل على تقليل الموصلية الحرارية وهذا يتفق مع زيادة نسبة المسامية الحقيقية الشكل (5) اذ ان هذه المسامية تعمل كعوازل داخل جسم المترابك وان اي زيادة في نسبتها تعمل بالنتيجة على خفض الموصلية الحرارية علاوة على الموصلية الحرارية الضعيفة للكرافيت مقارنة بمكونات المترابكات وظهور بعض الاكاسيد التي ساهمت هي الاخرى في تقليل الموصلية الحرارية للمترابكات الشكل (4). وهذا يتفق مع مترابكات اخرى [9, 24].



الشكل (8) علاقة التوصيلية الحرارية بمحتوى المترابكات من الكرافيت

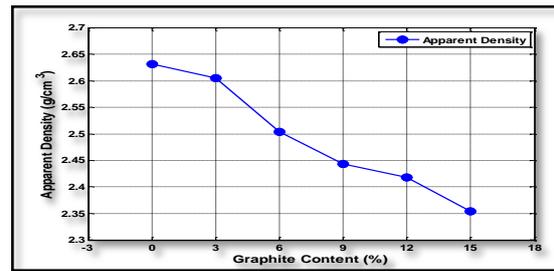
## 2-5 - الخواص الميكانيكية Mechanical Properties

يبين الشكل (9) العلاقة بين نسبة التقوية بالكرافيت (على اعتبار ان نسبة النحاس كعنصر تدعيم تبقى ثابتة لجميع المترابكات) والصلادة بعد اجراء عملية التلييد اذ يلاحظ زيادة ان زيادة نسبة الكرافيت من (3%) الى (15%) يؤدي الى انخفاض صلادة المترابكات بمقدار (1.2%) والذي يتفق مع الانخفاض في الكثافة الحجمية والزيادة في المسامية الكلية الاشكال (3, 4, 5) ويعزى ذلك الى الصلادة المنخفضة لجسيمات الكرافيت والانخفاض الشديد لنوبانيتها في الالمنيوم والنحاس كما ان زيادة حجم الحبيبات وانخفاض المساحة السطحية للحدود الحبيبية الشكل (10) سوف تعمل على تسهيل حركة الانخلاعات التي تعمل على انخفاض صلادة المترابكات وهذا يتفق مع ما وجدته اخرون لمترابكات اخرى [9, 23-25].



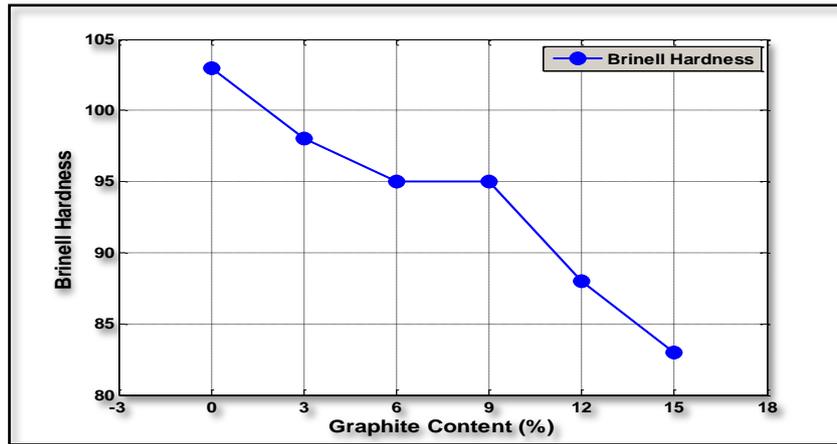
الشكل (5) العلاقة بين محتوى الكرافيت والمسامية الحقيقية للمترابكات (A الى F)

نلاحظ من الشكل (6) ان زيادة محتوى الكرافيت ادى الى نقصان الكثافة الظاهرية للمترابكات بسبب تأثير زيادة محتوى الكرافيت في تعزيز عملية العزل والتغطية لكل من الالمنيوم والنحاس وما يتبع ذلك من الابقاء على المسامية المغلقة في مواقعها لتعثر عملية الاندماج الشكل (5) علاوة على الفعل المباشر للكرافيت (منخفض الكثافة) في تقليل الكثافة الكلية والذي يزداد تأثيره بزيادة محتواه الاشكال (3, 4) وهذا يتفق مع ما وجدته اخرون لمترابكات ذات اساس من الالمنيوم او النحاس [4, 9, 24].

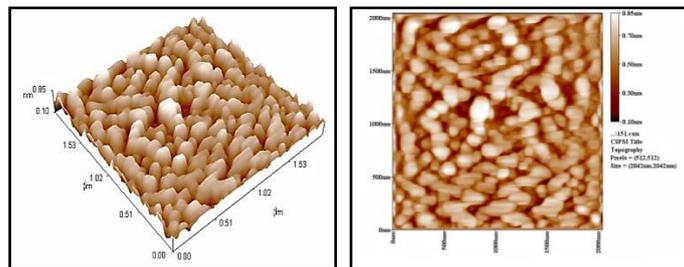


الشكل (6) العلاقة بين الكثافة الظاهرية للمترابكات ومحتوى الكرافيت

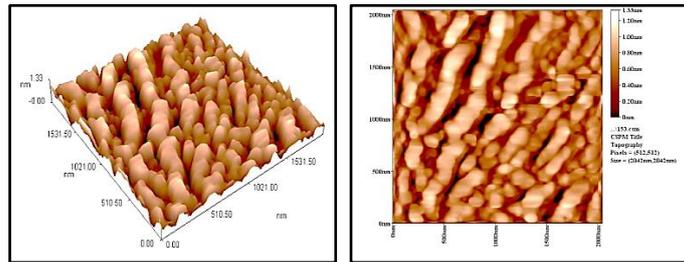
نلاحظ ان الشكل (7) يجسد العلاقة الطردية بين المسامية الظاهرية والكسر الحجمي للكرافيت في المترابكات وان هذا السلوك متوافق تماما مع سلوك المسامية الكلية الشكل (5) ومعاكس لسلوك الكثافة الظاهرية الشكل (6) وبدا يتبين ان تأثير محتوى الكرافيت في التحكم بنوعي المسامية سواء المفتوحة منها او المغلقة هي ذاتها كما يلاحظ ايضا زيادة نسبة امتصاصية الماء بمقدار (0.61%) بزيادة محتوى الكرافيت من (3% الى 15%) ويعزى ذلك الى التطابق التام بين سلوك المسامية الظاهرية (المسامية المفتوحة) التي يمكن ان ينفذ من خلالها الماء داخل المترابكات وسلوك نسبة امتصاص الماء ازاء محتوى الكرافيت. وتعد خاصية امتصاص الماء معيارا لمدى امكانية انتاج مترابكات ذاتية التزيت وهذا يتفق مع [4, 9, 24].



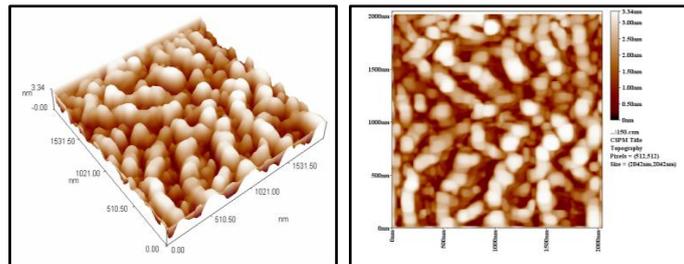
الشكل (9) تأثير الكسر الحجمي للكرافيت على صلادة المتراكبات (A الى F)



المتراكب B



المتراكب D



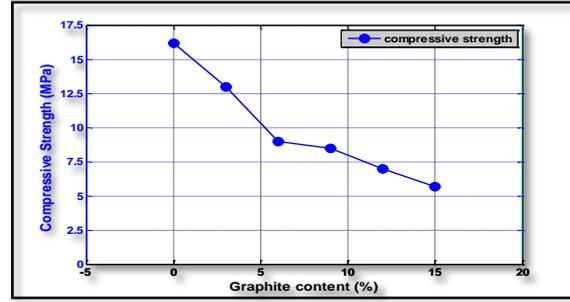
المتراكب F

الشكل (10) صور مجهر القوة الذرية (AFM) لطبوغرافية المتراكبات

الميكانيكية علاوة على ما تم التوصل اليه من انخفاض الكثافة الحجمية وصلادة المتراكبات علاوة على زيادة نسبة مساميتها الحقيقية مع زيادة محتوى الكرافيت الاشكال (3,5,9) والذي يتفق مع ما توصل اليه [4, 9, 23] لمتراكبات اخرى.

يصف الشكل (11) سلوك تغير مقاومة الانضغاط بتغير الكسر الحجمي للكرافيت في المتراكبات المحضرة اذ زيادة نسبة الكرافيت من (3%) الى (15%) انخفضت مقاومة الانضغاط القطرية للمتراكبات بنسبة (2.3%) ويعود هذا السلوك الى ما يتميز به الكرافيت من انخفاض في مقاومة الانضغاط التي تؤثر بشكل سلبي على الخواص

- زيادة نسبة الكرافيت الى (15%) تراوحت قيم الكثافة الحجمية لجميع المترابكات ضمن المدى  $(2.27-2.57)g/cm^3$  اذ كان المترابك (F) الاكثر انخفاضا في قيمته مقارنة بالمترابك (A) الذي امتلك اعلى كثافة وتوصيلية حرارية.
- تزداد المسامية الحقيقية والمسامية الظاهرية وقابلية امتصاص الماء بزيادة محتوى الكرافيت.
- كان لتأثير اضافة الكرافيت على الصلادة ومقاومة الانضغاط القطرية للمترابكات سلبيا اذ انخفضت الخواص الميكانيكية وتوافق سلوكها بزيادة محتوى مادة التدعيم مع السلوك الذي ابدهت الكثافة.
- اظهر فحص الاشعة السينية ومجهر القوة الذرية (AFM) تكون اطوار ذات كثافات منخفضة نسبيا وارتفاع في معدل قطر الحبيبة ترافق ذلك مع زيادة محتوى الكرافيت الذي انعكس بدوره على خفض الكثافة والصلادة.



الشكل (11) تأثير محتوى الكرافيت على مقاومة انضغاط المترابكات (A الى F)

#### الاستنتاجات

- ان علاقة الكثافة الحجمية والكثافة الظاهرية مع محتوى الكرافيت (مادة التدعيم) علاقة عكسية وذات سلوك متشابه.

#### المصادر

- 1- Umair , Shakila " Environmental Impacts of Fiber Composit Materials " M.Sc., Dpt. OF Urban Planning and Environment, Stockholm P.(12) (2006).
- 2- A. Santos-Beltran, V. Gallegos-Orozco, R. Goytia Reyes, M. Miki-Yoshida and etal. " Mechanical and Microstructural Characterization of Dispersion Strengthened AL-C System Nanocomposites" Journal of Alloys And Compounds 489 P.(626-630) (2010).
- 3- Gheorghe Iacob, Gabriela Popescu, Mihai Buzatu "Studies Regarding Technology Properties of AL/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Gr Hybrid Composites " U.P.B. Sci. Bull., Series B, Vol.75, Iss.2 (2013) .
- 4- R. Goytia-Reyes, V. Gallegos-Orozco, H. Flores-Zuniga and etal. "Microstructure and Properties in AL-C-Cu System Produced By Mechanical Milling " Journal of Alloys and Compounds 485 P.(837-842) (2009).
- 5- C.D. Boland, R.L. Hexemer Jr. I.W. Donaldson, D.P. Bishop "Industrial Processing of a Novel Al-Cu-Mg Powder Metallurgy Alloy " Material Science and Engineering A559 P. (902-908) (2013).
- 6- Young Jin Ko, Juil Yoon, Joonho Lee, Jun Hyun Han " Effects of Cu Interlayer on The Wettability of Aluminum on Carbon "Journal of Alloys Compounds 574 P.(526-531) (2013).
- 7- Estrada-Guel, C. Carreno – Gallardo, J.L. Cardoso and etal. "Effect of Metallic Addition On Mechanical Properties In an Aluminum-Graphite Composite Synthesized By Means of Mechanical Milling " Journal of Alloys and Copound 495 P.(403-407) (2010).
- 8- Mohammed Sellab Hamza " Study The Effect of Carbon Fiber Volume Fraction and Their Orientation on The Thermal Conductivity of The Polymer Composite Materials "AL-Khwarizmi Engineering Journal, Vol.4, No.1 P.(80-89) (2008).
- 9- Farouk M. Mahdi, Raed N. Raoqi, Saif S. Irhayyim "Effect of Graphite Content and Milling Time on Physical Properties of Copper-Graphite Compsites Prepared By Powder Metallurgy Route"

- Australian Journal of Basic Applied Science, 7(12) P.(245-255) (2013).
- 10-M.B. Berger " The Importance and Testing of Density/Porosity/Permeability/Pore Size For Mining and Metallurgy, Refractories Conference (2010).
- 11-Goutam Dutta, Dipankar Bose "Effect of Sintering Temperature on Density, Porosity and Hardness of a Powder Metallurgy Component "International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, ISSN 2250-2459, Vol.2, No.8 (2012) .
- 12-ASTM C373-88 "Standard Test Method For Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity And Apparent Specific Gravity of Fired White Ware Products " Reapproved (2006).
- 13- فيصل علي مصطفى, عبدالواحد كاظم راجح , سيف محمد محسن " تأثير عناصر السبك والتعامل الحراري على سلوك السبائك ذات اساس (Al-Cu) المستخدمة في الصناعات البحرية " المجلة العراقية للهندسة الميكانيكية والمعادن, المجلد 10 , العدد 1 ص (165-144) (2010).
- 14-S.K. Abd-Al-Hassan "Study The Effect of MgO Addition on Some of Physical Properties of ZnO " Ibn AL-Haitham J. For Pure and Appl. Sci., Vol.23, No.2 (2010).
- 15-Adnan S. Jabur "Effect of Powder Metallurgy Condition on The Properties of Porous Bronze" Journal of Powder Technology, Vol.237 P.(477-483) (2013).
- 16-E.A. Vasilyeva, L.V. Morozova, A.E. Lapshin and V.G. Konakov "Ceramic Materials With Controlled Porosity "Matter .Phys. Mech. Russia Vol.5 P.(43-48) (2002).
- 17-A.O. Bolainwa "The Formulation of a Bio responsive Ceramic Bone Replacement " Phd Thesis, University of Birmingham UK (2010) .
- 18-S. Djambazov, A. Yoleva, Y. Ivanova, Y. Vueva" Sintering of Aluminum Titanate-Barium Titanate Ceramics Prepared From Sol-Gel Powder "Journal of

The Universal of Chemical Technology and Metallurgy, Vol.46, No.1 P.(35-40) (2011).

19- علي ابراهيم الموسوي, علي جاهل سلمان, عبدالله فياض عبدالسادة " دراسة تأثير الكسر الحجمي على قيم الموصلية الحرارية لمترابكات البولي استر الدقيقة " مجلة الكوفة للفيزياء, المجلد 4, العدد 1 (2011).

20- علي جاهل سلمان " تأثير التقوية بالالياف على الموصلية الحرارية والخواص الميكانيكية للراتجات المتصلبة بالحرارة " مجلة القادسية للعلوم الهندسية, المجلد 4, العدد 1, ص 184-201 (2011).

21-Lamet, John A. Bailey " Mechanical Testing and Evaluation Published in 2000 as Volume 8 of The ASM Handbook. The Volume was Prepared Under The Direction of The ASM Handb. Committee, Copyright©2000 by ASM International.

22- جعفر الحيدري " اختبارات المواد الهندسية " دائرة هندسة المواد والمعادن / جامعة بقاء التطبيقية / الأردن ص (4-433) (2004).

23- مهند لطيف حمادة " دراسة تأثير البتيريا والكرافيت على الخواص الميكانيكية لسبيكة الالمنيوم 2024 " رسالة ماجستير , قسم الهندسة الميكانيكية, جامعة تكريت (2016) .

24- مهدي محمود مطر " تحضير مترابكات النحاس - كرافيت ودراسة الخصائص الكهربائية والميكانيكية والحرارية " اطروحة دكتوراه, كلية العلوم, قسم الفيزياء, الجامعة المستنصرية (2010).

25-P. Ravindran, K. Manisekar, P. Narayanasamy, N. Selvakumar, R. Narayansamy "Application of Factorial Techniques to Study The Wear of AL-Hybrid Composites Graphite Addition "Materials and Design, 39 P. (42-54) (2012).

## Mechanical And Physical Properties of a Hybrid Composite With Basis of Aluminum

Raed N. Razooqi

College of Engineering , University of Tikrit , Iraq

[raidmouis@tu.edu.iq](mailto:raidmouis@tu.edu.iq)

### Abstract

This research includes using a powder metallurgy technique (PM) to manufacture composites with a basis of (99.7%) purity of Aluminum, and by adopting a volumetric ratios via adding both copper with purity and Graphite with (99.8%) purity as reinforced materials. The Copper is added in a constant ratio and with different ratios (0, 3, 6, 9, 12) and (15%). The pressing process was in one way with a pressure of (700-MPa).for forming. This research studied effect of the reinforcing on the physical and mechanical properties of composites after sintering them with a temperature of (600°C) for two hours by an oven with a heat rate of (4°C/min).

The results show that the Graphite content is inversely proportional with the volumetric and apparent density and the thermal conductivity when the composite F (Al+4%Cu) got high properties. Furthermore , both composites F and A had the same behavior for mechanical properties such as hardness and radial compression strength .

In addition , the total porosity and the ability of water absorption was increase with Graphite ratio in composites, as example the ability of water absorption increased by (0.61%) for composite B (Al+4%Cu+3%Gr) Compared with composite F.

**Keywords:** Powder metallurgy technique, Reinforcing, Hybrid composite, Physical properties, Mechanical Properties.