

## تأثير النسب الوزنية لمادة الزجاج والمعاملة الحرارية على الخواص الميكانيكية ومعدل البلى لمتراكبات الألمنيوم - 2% كرافيت

هاشم شكر حمود الكرغولي

مدرس مساعد، قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة تكريت

hashimshukur@tu.edu.iq

(الاستلام:-2017/04/13 ، القبول:-2017/06/18)

### الخلاصة

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير اضافة دقائق الزجاج بنسب وزنية مختلفة (3,6,9,12)Wt% بحجم ( $53 \mu\text{m} \geq$ ) مع اضافة نسبة وزنية ثابتة % 2 من كرافيت بحجم جسيمي ( $63 \mu\text{m} \geq$ ) وتأثير المعاملة الحرارية على الخواص الميكانيكية ومعدل البلى للألمنيوم النقي وبحجم جسيمي ( $53 \mu\text{m} \geq$ ).

استُخدمت تقانة ميتالورجيا المساحيق لتصنيع النماذج اذ كُبتت النماذج على البارد بضغط كبس (500 Mpa) تم تليدها بدرجة حرارة ( $550 \text{ C}^\circ$ ) ولمدة ساعتين ثم سُخنت النماذج الى درجة حرارة ( $500 \text{ C}^\circ$ ) لمدة ساعة واحدة ثم بردت بالماء.

بعدَ اجراء فحص الصلادة ومقاومة الانضغاط اظهرت النتائج حدوث تحسن كبير في الصلادة ومقاومة الانضغاط مع زيادة نسب اضافة دقائق الزجاج الى المتراكب قبل وبعد المعاملة الحرارية. تبين من خلال اختبار البلى حدوث انخفاض واضح مع زيادة نسب الاضافة قبل وبعد المعاملة الحرارية.

**الكلمات الدالة:** ميتالورجيا المساحيق , المعاملة الحرارية , معدل البلى , مقاومة الانضغاط , دقائق الزجاج.

### 1- المقدمة

حفزت المتطلبات المتنامية للمواد الهندسية ذات خصائص ميكانيكية وفيزيائية عالية وخصوصاً مع التقدم التكنولوجي للأنشطة البحثية في الآونة الأخيرة الى ان تستهدف في المقام الأول تطوير المواد المتراكبة لتلبية تلك المتطلبات والمواصفات الخاصة على سبيل المثال خفة الوزن و الصلادة العالية، وأمكانية الحصول على هكذا خواص من المواد المتراكبة فقد اكتسبت بذلك اهمية واسعة الانتشار في التطبيقات الهندسية فائقة الخواص والتي تحتاج الى قدرات ميكانيكية وحرارية عالية مثل تطبيقات محركات الاحتراق الداخلي والصناعات الالكترونية والكمبيوتر وبذلك قد حلت محل المواد الموجودة بما في ذلك المواد البلاستيكية (1).

المواد المتراكبة هي مواد تتكون من دمج مادتين او اكثر للحصول على مادة لها خواص جديدة لايمكن الحصول عليها من تلك المواد منفردة حيث يمكن الحصول على مواد تجمع بين الخواص الميكانيكية والفيزيائية معاً دون تغلب خاصية على خاصية اخرى او تحسن الخواص الميكانيكية على حساب الخواص الفيزيائية (3,2).

يُعد اليوم الألمنيوم من اهم المعادن التي يمكن استخدامها بشكل واسع وكبير في التطبيقات الهندسية الحالية لما يمتلكه الألمنيوم من خواص تجعله يكسب هذه الاهمية ومنها خفة الوزن والمرونة وقابلية التشكيل علاوة على مقاومته للتآكل التي تكون ممتازة نظرا لتكون طبقة سطحية رقيقة من اوكسيد الألمنيوم اضافة الى موصليته الجيدة للحرارة والكهرباء, ان هذه الخواص ادت الى استخدامة في تطبيقات هندسية ذات تقنية عالية مثل صناعة السيارات والمركبات الفضائية والمواد الالكترونية (4).

يُعرف الألمنيوم بخواصه الميكانيكية المحدودة والتي تؤثر في التطبيقات الهندسية المعروفة مثل صناعة السيارات والطيران، لذا اتجهت البحوث الى تدعيم الألمنيوم بمواد تكسبه خواص ميكانيكية جيدة ومن هذه المواد السيراميكية والكربيدات،  $TiO_2$ ،  $Al_2O_3$ ، WC وغيرها والتي من شأنها أن تعزز الصلادة ومقاومة البلى على سبيل المثال كما استخدم الكرافيت كمادة مزيطة ذات الخصائص (tribological) والتي تعمل على تقليل معدل البلى وخصوصا في في مكابس محركات الاحتراق الداخلي، والمحامل. واستخدمت أنواع مختلفة من الأساليب لتصنيع المواد المركبة للألمنيوم ومواد التدعيم مثل، السباكة وميتالورجيا المساحيق (6.5).

قامَ الباحثان Vinay BT. و Ramesh BT. عام 2016 بدراسة تأثير المعاملة الحرارية على خواص المتراكب (Al 2618 - 10%Gr - 5% E Glass) والمنتج بطريقة السباكة بالخلط اذ كانت المعاملة الحرارية بدرجتي حرارة ( $300\text{ C}^\circ$ ,  $400\text{ C}^\circ$ ) فأظهرت النتائج زيادة في قيم الصلادة بنسبة (21% و 25%) على التوالي وتحسن كبير في مقاومة البلى مع زيادة درجة حرارة المعاملة الحرارية مقارنة ببيئتها بدون معاملة حرارية (7).

درس الباحثان Uma Shankar و Madhu Kumar YC عام 2012 تأثير اضافة دقائق الزجاج على مقاومة الشد والصلادة لسبيكة الألمنيوم 6061 وذلك باضافة نسب وزنية (3%, 6%, 9%, 12%) مع تغير الحجم الحبيبي لدقائق الزجاج مستخدما تقنية السباكة بالخلط اذ وجدا زيادة واضحة في قيم مقاومة الشد والصلادة على حد سواء مع زيادة نسب الاضافة واستمرت هذه الزيادة الى نسبة (9%) ثم انخفضت قيمتها عند نسبه (12%) (8).

قام الباحث علي عباس بندر واخرون عام 2010 بدراسة الخواص الميكانيكية ومقاومة البلى لمتراكبات الألمنيوم - زجاج ، وقد تبين لهم ان اضافة دقائق الزجاج المطلي بالنحاس الى الألمنيوم النقي يزيد من قيم الصلادة ومقاومة الانضغاط وكذلك يزيد من مقاومة البلى مقارنة بالمعدن الاساس (9).

استخدمت الباحثة ذكري مهدي علي عام 2009 تقنية الدوامه عند اضافة لمنصهر الألمنيوم النقي نسب متغيرة من زجاج الشبائيك (1,3,5) Wt% ودراسة تأثيرها على الخواص الميكانيكية للألمنيوم وقد تبين لها زيادة كل من مقاومة الخضوع ومقاومة الانضغاط فضلاً عن زيادة في قيم الصلادة وانخفاض معدل البلى مع زيادة نسب دقائق الزجاج المضافة (3).

يهدف البحث الى دراسة تأثير اضافة دقائق الزجاج وتأثير المعاملة الحرارية على كل من الصلادة ومقاومة الانضغاط ومعدل البلى للألمنيوم النقي المدعم بنسبة وزنية ثابتة هي 2% كرافيت كما انه يدرس امكانية تدوير نفايات الزجاج والاستفادة منها في تحسين خواص بعض المواد الهندسية التي تدخل ضمن التطبيقات العملية مثل محركات الاحتراق الداخلي.

## 2- الجزء العملي

### 2-1 المواد المستخدمة

1-الألمنيوم : استعمل مسحوق الألمنيوم النقي كأساس في إنتاج المتراكبات وكان بنقاوة ( 99.7 % ) وحجم جسيمي ( $53\ \mu\text{m} \geq$ ) انكليزي المنشأ .

2- الكرافيت : استُخدم مسحوق الكرافيت ذو منشأ إنكليزي بحجم جسيمي ( $63\ \mu\text{m} \geq$ ) ونقاوه 99 % ونسبة وزنية ثابتة (2wt%).

3-دقائق الزجاج : تم تحضير دقائق زجاج من القناني الزجاجية لعصائر (شركة ميزو)، بعد طحنها واجراء عملية الغريلة عليها باستخدام غرابيل قياسية حسب نظام (ASTM) والحصول على حجم دقائق ( $53\ \mu\text{m} \geq$ ). يبين الشكل رقم (1) نماذج من المساحيق المستخدمة في البحث.

### 2-2 عملية تصنيع النماذج

استُخدمت تقنية ميتالورجيا المساحيق (P/M) لتصنيع نماذج المتراكبات، وحسب الخطوات التالية :-

1- تهيئة المساحيق المستخدمة في المتركبات، وذلك بتغيير نسب الوبوية الوزنية للزجاج (3,6,9,12 Wt%) وتثبيت نسبة إضافة الكرافيت بـ (2Wt%).

2- تم خلط المساحيق حسب النسب المثبتة بخلاط ميكانيكي ولمدة ساعة واحدة للحصول على تجانس بين جسيمات المساحيق المستخدمة لنماذج المتركبات.

3- بعد الانتهاء من عملية الخلط وضعت النماذج في قالب فولاذي ويقطر 10 ملم تم تصنيعه من قبلنا وكما موضح في الشكل (2).

4- كُبس الخليط بمكبس هيدروليكي ذو سعة كبس (170KN) بضغط كبس 500 ميكاباسكال أستمر الكبس لمدة ثلاثون ثانية لتفادي احتمالية الارجاع المرن.

5- بعد اجراء عملية الكبس تمت عملية تلييد النماذج داخل فرن كهربائي نوع (Nabertherm) ألماني بقدره (3.6KW) وذلك بوضع النماذج ببوتقة سيراميكية وبدرجة حرارة تلييد 550C° وكما مبين بالشكل (3) تفاديا لحدوث الأكسدة اثناء عملية التلييد ولمده ساعتين ثم تُترك داخل الفرن لتبرد الى ان تصل درجة حرارتها الى درجة حرارة الغرفة، ويوضح شكل (4) نماذج المتركبات بعد التلييد.

6- ولإجراء عملية المعاملة الحرارية وضعت النماذج في الفرن الكهربائي وعند درجة حرارة (500C°) ولمدة ساعة واحدة لضمان التجانس الحراري للعينات وبعدها تم تبريدها بالماء.

### 2-3 الفحوصات الميكانيكية

#### 2-3-1 فحص الصلادة

لغرض قياس صلادة نماذج المتركبات المصنعة تم استخدام جهاز قياس صلادة فيكرز نوع (Mekon) فرنسي المنشأ ولاجل ضمان دقة القراءات تم اخذ خمس قراءات لكل نموذج وفي مناطق مختلفة من سطح النموذج واخذ المعدل لها .

#### 2-3-2 مقاومة الانضغاط

لحساب مقاومة الكسر من اختبار الانضغاط استخدمت ماكينة الاختبارات الجامعة نوع ( Hoytom ) صيني المنشأ أقصى حمل له (170KN) اذ توضع العينة بشكل قطري كما مبين بالشكل (5) وباستخدام المعادلة الاتية (10) :

إذ إن :-

$$\sigma = F / \pi h r \dots\dots\dots (1)$$

r : نصف قطر العينة ( mm ) .

h : ارتفاع العينة ( mm ) .

F : أقصى حمل مسلط (N).

#### 2-3-3 اختبار البلى

تم اجراء اختبار البلى الانزلاقي الجاف استخدم جهاز ( Pin –on–Disc ) نوع ( Wear and Friction ) (Monitor ED–201) ذو منشأ هندي وقد اجري الاختبار بتسليط حمل ثابت (20N) ولمدة 30 دقيقة بسرعة انزلاق ثابتة (480 rpm) وكان قطر دائرة الانزلاق (6 cm) و صلادة القرص (60 HRC).

استُخدمت الطريقة الوزنية ( Weight Method ) لحساب معدل البلى اذ تم وزن العينة قبل وبعد الاختبار بميزان حساس ذو دقة (0.0001) غرام لتحديد الوزن المفقود معادلة (2) ومن المعادلة (3) تم حساب معدل البلى (9).

$$\Delta W = W_1 - W_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Wear rate} = \frac{\Delta W}{\pi D N t} \dots\dots\dots (3)$$

إذ إن :

W<sub>1</sub> : وزن العينة قبل الاختبار (gm.).

$W_2$  : وزن العينة بعد الاختبار (gm.).

D : قطر القرص (cm).

N : سرعة القرص (rpm).

t : زمن الفحص (min.).

### 3- النتائج والمناقشة

#### 3-1 الصلادة

يبين الشكل (6) ارتفاع قيم الصلادة مع زيادة نسب دقائق الزجاج الى نسبة 9% ويعود السبب الى الصلادة المرتفعة نسبياً الى الدقائق المضافة علاوة على الاعاقة التي تشكلها دقائق الزجاج للانخلاعات فكلما زادت نسبة الاضافة زاد قيمة الاجهاد اللازم لمرور الانخلاعة عبر الدقائق وبالتالي سوف يتطلب ذلك زيادة الحمل المسلط وبذلك ترتفع قيم الصلادة وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث علي عباس بندر (9) .

نلاحظ في النفس الشكل (6) الارتفاع الواضح لقيم الصلادة بعد المعاملة الحرارية والتي عملت على زيادة الترابط بين دقائق المعدن الاساس وتقليص الفجوات بين مكونات المتراكب وهذا الارتفاع بقيم الصلادة يتفق مع ما جاء به الباحث Vinay B T (7).

وجد انخفاض بقيم الصلادة عند نسبة الاضافة 12% من دقائق الزجاج وهذا السلوك غريب لم يعقب عليه اي من الباحثين الذين تحقق عندهم ذلك مثل الباحثان Madhu Kumar YC, Uma Shankar (8) ولم نجد له تفسير ضمن نطاق الفحوصات التي أجريته على هذا المتراكب في دراستنا هذه وهو مدعاة لدراسات مستقبلية لهذه الحالة بشكل مفصل.

#### 3-2 مقاومة الانضغاط

تزداد مقاومة الانضغاط للمتركب مع زيادة نسب اضافة دقائق الزجاج بعد عملية التلييد وزيادة واضحة ايضاً بعد المعاملة الحرارية وكما موضح بالشكل (7) ويمكن ان تعزى هذه الزيادة الى مقاومة الانضغاط العالية نسبياً للزجاج والتي تؤدي بدورها زيادة مقاومة المتراكب بزيادة نسب الاضافة كما عملت المعاملة الحرارية على تقليل المسافات البينية للحبيبات اي انها قللت من نقاط الضعف في المتراكب وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث (9) .

#### 3-3 معدل البلى

تتخفض قيم معدل البلى بارتفاع نسب اضافة دقائق الزجاج كما انخفضت بشكل جيد بعد المعاملة الحرارية التي اجريت على المتراكب ويوضح الشكل (8) هذا الانخفاض ويمكن ان يعزى هذا الانخفاض الى الارتفاع في قيم الصلادة كما الموضح بالشكل (6) اذ ان الصلادة ومعدل البلى تربطهما علاقة عكسية متمثلة بالمعادلة (4) ادناه (11) . كما عمل على انخفاض معدل البلى وجود نسبة من الكرافيت والذي يعمل كمزيت، ويتفق هذا الانخفاض مع كثير من البحوث منها (7,3).

$$W = K \frac{NS}{CH} \dots \dots \dots (4)$$

حيث أن :

W : معدل البلى.

K : ثابت البلى.

N : الحمل العامودي المسلط.

S : مسافة الانزلاق.

H : صلادة العينة.

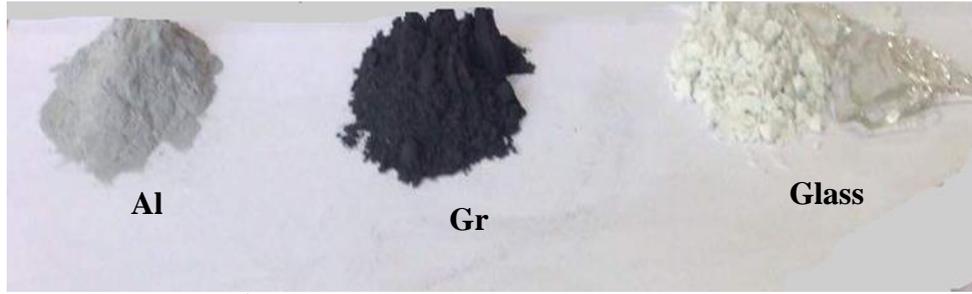
C : عامل هندسي يعتمد على البنية المجهرية.

#### 4- الاستنتاجات

1. زيادة الصلادة ومقاومة الانضغاط مع زيادة نسب اضافة دقائق الزجاج لحد 9% وبعدها تنخفض.
2. زيادة الصلادة و مقاومة الانضغاط بعد المعاملة الحرارية بنسبة تصل الى 18% و 11% على التوالي .
3. انخفاض معدل البلى مع زيادة نسب اضافة دقائق الزجاج قبل وبعد المعاملة الحرارية.

#### المصادر

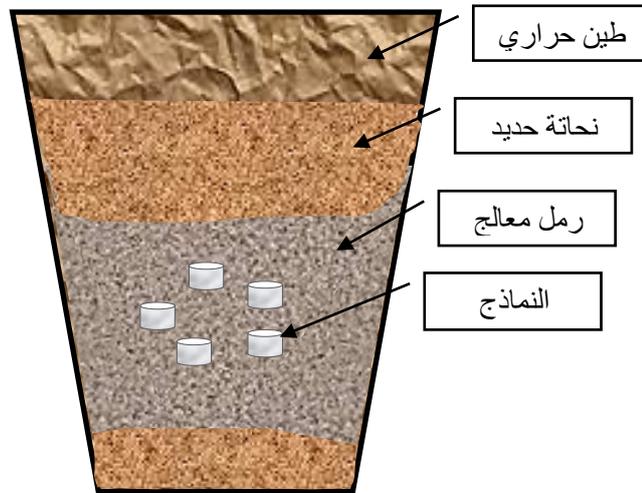
- 1) P. Balaji, R. Arun, D. Jegath Priyan, I. Madhan Ram, E. Mani kandan, (2015), " Comparative Study of Al 6061 Alloy with Al 6061 – Magnesium Oxide (MgO) Composite" International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, No. 4, P.P(408-412).
- 2) Revanasidappa M D, Venkatesh K.C, Naveen CR, (2016), "Mechanical and Wear Behavior of Al6061-SiC-Gr Hybrid Composites" National Conference on Advances in Mechanical Engineering Science (NCAMES-), P.P (376-379).
- 3) ذكرى مهدي علي, (2009), " دراسة الخواص الميكانيكية لمركبات الالمنيوم – زجاج" مجلة الهندسة والتكنولوجيا المجلد 27، العدد 14.
- 4) Salim ahyn, Nilay Yuksel, Hulya Durmu, (2014), " Wear Behavior OF Al/Sic/Graphite and Al/FeB/Graphite Hybrid Composites" Material in technologies / Materials and technology, Vo. 48 No. 5, PP. ( 639–646).
- 5) Fakruddinali J. Y, Noor Ahmed R, K. S. Badarinarayan, Abrar Ahamed, (2015), "Wear Behavior of Al 6061-SiC-Gr Hybrid Composites"International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 4, No. 9.
- 6) P. Shanmughasundaram, R. Subramanian, (2013), " Wear Behavior of Eutectic Al-Si Alloy-Graphite Composites Fabricated by Combined Modified Two-Stage Stir Casting and Squeeze Casting Methods"Advances in Materials Science and Engineering, Vol.30, No.11, PP. (1-8).
- 7) Vinay B T, Ramesh B T, (2016), " Study of Mechanical Properties of Al-E Glass Alloy Composite Materials Fabricated By Stir Casting and Heat Treated Process"Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR) Vol. 2, No.11.
- 8) Madhu Kumar YC, Uma Shankar, (2012), "Evaluation of Mechanical Properties of Aluminum Alloy 6061-Glass Particulates reinforced Metal Matrix Composites " International Journal of Modern Engineering Research, Vol. 2, No. 5, PP (3207-3209).
- 9) علي عباس بندر , منى خضير عباس , شيرين كاظم طعيمة, (2010), " دراسة بعض الخواص الميكانيكية ومقاومة البلى لمتراكبات ألمنيوم -زجاج" مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28 ، العدد 21.
- 10) احمد حسين علي, ( 2010), " تحضير مادة متراكبة من نظام ( المنيوم- كاربيد البورون) ودراسة بعض خواصها الميكانيكية " المجلة العراقية للهندسة الميكانيكية والمعادن -المجلد 10، العدد 3، الصفحة (492-501).
- 11) Huijun Yang, Ruiying Luo, Suyi Han, Midan Li, (2010), " Effect of The Ratio of Graphite/Pitch Coke on The Mechanical and Tribological Properties of Copper–Carbon Composites " Journal of Wear , Vol. 268, PP.1337–1341.



شكل (1) نماذج من المساحيق المستخدمة



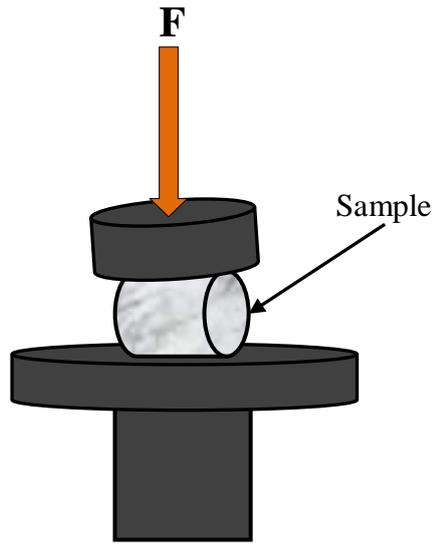
شكل (2) اجزاء قالب الكبس



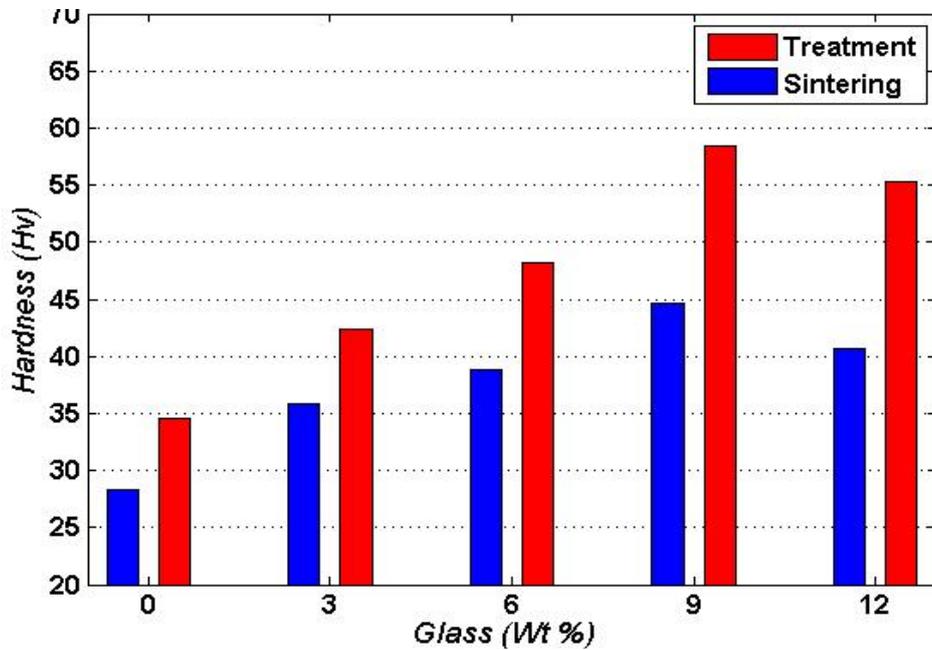
شكل (3) مخطط للبوثة ومحتوياتها أثناء عملية التليد



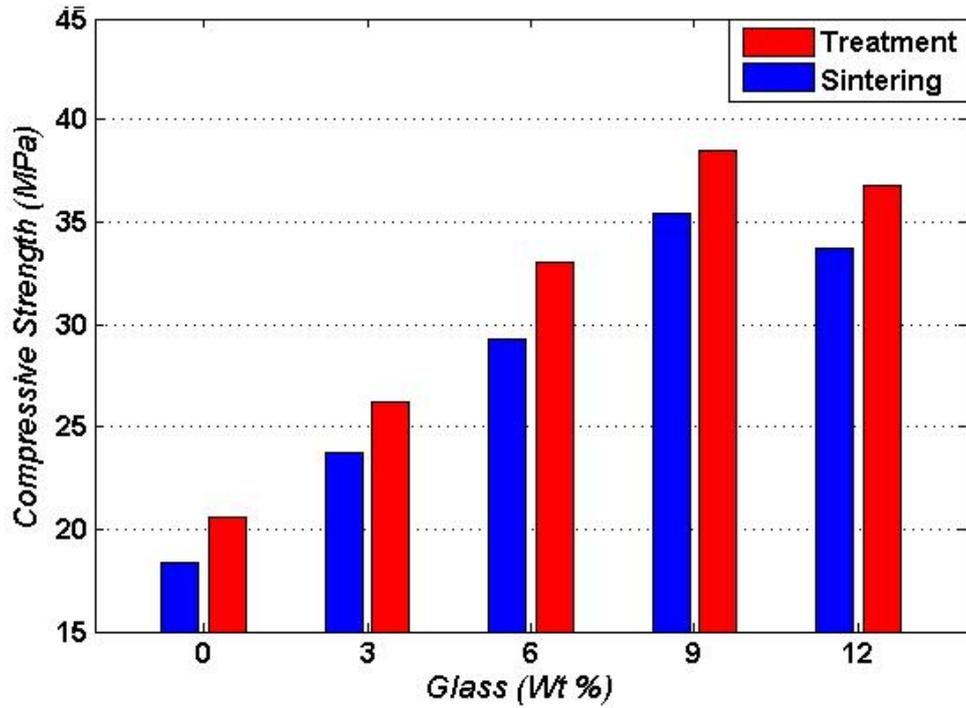
شكل (4) نماذج المتراكبات بعد التليد



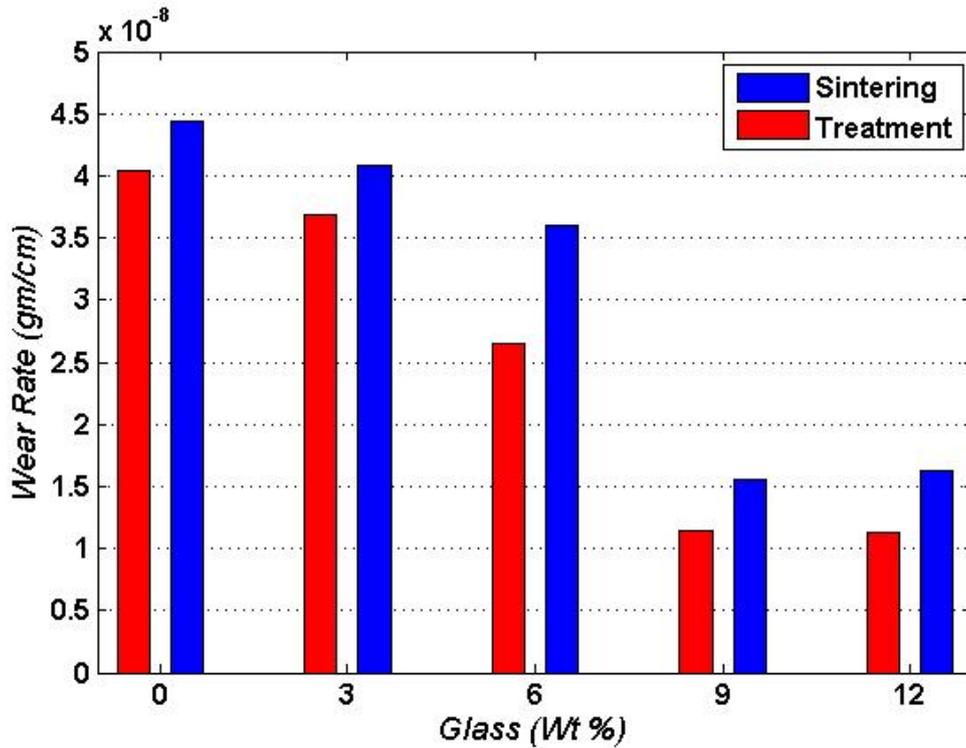
الشكل (5) طريقة وضع عينة اختبار مقاومة الانضغاط



الشكل (6) العلاقة بين نسب اضافة دقائق الزجاج والصلادة



الشكل (7) العلاقة بين نسب اضافة دقائق الزجاج ومقاومة الانضغاط



الشكل (8) العلاقة بين نسب اضافة دقائق الزجاج ومعدل البلى

## EFFECT OF GLASS ADDITION AND HEAT TREATMENT ON MECHANICAL PROPERTIES AND WEAR RATE OF ALUMINUM - 2% GRAPHITE

**Hashim Shukur Hammood**

Assistant Lecturer

University of Tikrit / College of Engineering / Mechanical Engineering

hashimshukur@tu.edu.iq

### ABSTRACT

This research studied the effect of the Heat Treatment on the Mechanical Properties and the Wear Rate of the pure Aluminum with a particle size of ( $\leq 53\mu\text{m}$ ). The Aluminum is reinforced by graphite with a particle size of ( $\leq 63\mu\text{m}$ ) with an addition of glass particles with different weight ratios of (3, 6, 9, and 12) Wt. % and a particle size was ( $\leq 53\mu\text{m}$ ).

Powder metallurgy technique has been used to manufactured the samples, where the samples are pressed uniaxial at room temperature with (500 Map), then sintering at (550 C0) for (2 hr.). After that, heat treatment is applied on the samples at (500 °C) for one hour and Quenched in water.

There was a great improvement of the mechanical properties such as the hardens and the compressive strength. This improvement was proportional with the Weight ratio of the glass particles before and after the Heat Treatment.

On the other hand, there was a decrease of the wear rate versus the increase of the Weight ratio of the glass particles and heat treatment.

**Keywords:** powder metallurgy, heat treatment, wear rate, compressive strength, glass particles.