

بعض الخصائص الفيزيائية والحرارية للمترابك (بازلت - ألمنيوم) المحضر بطريقة تكنولوجيا المساحيق

صالح يونس درويش

عبد السميع فوزي عبد العزيز

إسماعيل خليل جاسم

جامعة تكريت || العراق

الملخص: استخدم في البحث الحالي مسحوق صخور البازلت كمادة أساس وتم تدعيمها بواسطة الألمنيوم وبنسب تدعيم وزنية (10%، 20%، 30%، 40%، 50%). خلطت المادة الأساس والمدمعة وتم تشكيلها عند (ton⁴) وبزمن دقيقتين فقط، أما المعاملة الحرارية كانت عند درجة (1000) مئوية وجو مفرغ من الاوكسجين ولفترة زمنية مقدارها ساعتين فقط. أجريت فحوص الكثافة الفيزيائية قبل وبعد التليد والكثافة النظرية للنماذج المحضرة، وأما الفحوص الحرارية شملت (التوصيلية الحرارية، التدفق الحراري، الانتشار الحراري، السعة الحرارية، المقاومة الحرارية) باستخدام جهاز (Mathis Tic). أظهرت النتائج زيادة قيم الكثافة بعد التليد وكانت قريبة من الكثافة النظرية حيث وصلت إلى (2.630g/cm³) عند نسبة تدعيم 50% ألمنيوم، بينما أظهرت نتائج الفحص الحراري تحسن واضح في المركب وزيادة في قيم التوصيلية الحرارية إلى (3.7 w/m.k) والانتشار الحراري إلى (3.1643 mm²/sec) والتدفق الحراري إلى (2080 s^{1/2}/m².k) مع زيادة نسبة الألمنيوم المضافة حتى النسبة 50% ألمنيوم. بينما انخفضت قيم السعة الحرارية والمقاومة الحرارية مع زيادة نسبة التدعيم حتى 50% ألمنيوم.

الكلمات المفتاحية: الانتشار الحراري، تكنولوجيا المساحيق، مترابكات البازلت، المواد المترابكة.

المقدمة

تعرف المواد المترابكة بأنها عبارة عن خليط من مادتين أو أكثر تعطي مواصفات أفضل لا تتوفر في أي من المادتين على انفراد أي تمتلك خصائص وسطية تقريباً للمواد المتباينة الداخلة في تركيبها لتتصرف المادة بعد ذلك ككتلة واحدة إذ تتكون من طورين هما طور التقوية أو التدعيم (Reinforcement Phase) وهو عبارة عن دقائق (Particles) أو ألياف (Fibers) أو شعيرات (Whiskers) أو صفائح (Plates) ومحاطة بطور آخر يتمثل بالأرضية أو ما يسمى الطور الأساسي (Matrix Phase) [1]. لاحظ اختصاصيو علم المواد والمهندسون وجود تباين في خواص المواد الهندسية (المعادن، السيراميك، والبوليمرات) من حيث المقاومة (Strength) والمتانة (Toughness) والصلادة (Hardness) و المطيلية (Ductility) وتحملها لدرجات الحرارة العالية. تلي مواصفات كل مادة متطلبات تطبيق أو تطبيقات دون غيرها. فمثلاً تتصف المعادن بالمقاومة اتجاه الاحمال المؤثرة والمتانة وتحملها لدرجات الحرارة العالية نسبياً، في حين تتأثر بالظروف المناخية علاوة على كلفتها العالية. بينما تتصف البوليمرات بخفة وزنها وعدم التأكسد وقابلية التلوين والشفافية وسهولة التصنيع في حين لا تتحمل تلك المواد درجات الحرارة العالية والقوى الخارجية المسلطة عليها بسبب لدونتها العالية وضعف مقاومتها. أما المواد السيراميكية فتتصف بتحملها لدرجات الحرارة العالية وقابلية العزل الحراري وقوة الانضغاط ولكنها لا تتحمل الاحمال الصدمية لأنها تتصف بالتشظي والتصدع [2,1]. بدأ الاهتمام في السنوات الماضية بإنتاج المواد المترابكة من المواد الهندسية المختلفة لغرض تحسين المقاومة والجسارة ومقاومة البلى والتحمل لدرجات الحرارة العالية. علاوة على ذلك فإن المواد المترابكة تحتوي مواداً وعناصر ترتبط بأواصر تساهمية مثل (Al₂O₃, Si₃N₄, SiC, C) وهو ما يمكن انتاجها بتقانات مختلفة منها تكنولوجيا المساحيق وطرائق الترسيب الحراري والكيميائي والفيزيائي. تصنف المواد المترابكة حسب أساسها إلى مواد مترابكة أساسها

معدني ومواد متراكبة أساسها سيراميكي وأخرى أساسها بوليمري أما وسط التدعيم (طور التقوية) فيمكن أن يكون معدنيًا أو سيراميكياً أو بوليمرياً [3,1]. تتطلب العديد من التقانات الحديثة مجموعة مواد ذات خواص متميزة لا يمكن الحصول عليها عند استخدام سبائك تقليدية وقد استخدمت المواد السيراميكية والمواد البوليميرية كمواد هندسية في تطبيقات الفضاء والتطبيقات المستخدمة تحت الماء وبعض التطبيقات الخاصة بوسائط النقل فعلى سبيل المثال يبحث مهندسو الطائرات عن مواد تركيبية تمتلك مقاومة عالية وكثافة منخفضة ومقاومة للتصادم والخدش والتآكل، ومن النادر تألف هذه الصفات معاً. لذا كانت المواد المتراكبة الحل الأمثل للجمع بين هذه الصفات المتناقضة. نالت المواد المتراكبة نصيباً وافراً من البحوث التطويرية للاستيفاء بمتطلبات التقدم التقني. ومن أهم المزايا التي تتصف بها المواد المتراكبة هي مرونة التصميم إذ يستطيع المهندس أن يضيف مواد تقوية بهيئات وأشكال مختلفة وأن يصممها بحيث يضع الألياف على سبيل المثال في اتجاه الاحمال مما يؤدي إلى الاستخدام الأمثل للمادة وبالتالي إلى انخفاض أكبر في وزن التركيب النهائي، أما المأخذ الرئيسي على المواد المتراكبة من الناحية الهندسية فهو ضعف قدرتها على تحمل الاحمال الصدمية الديناميكية إذ يتسبب ذلك غالباً في الانفصال الطبقي للمادة [4]. ومع التطور العلمي والتقني برزت مواد لا يمكن الاستغناء عنها أو استبدالها بغيرها من أهمها الكرافيت الذي يعد واحداً من أهم المواد التي عرفتها البشرية لما يمتلكه من خصائص ومميزات حرارية وميكانيكية وكيميائية ومعامل احتكاك ومعدل بلى منخفضان. لذلك أصبح الكرافيت مؤهلاً للعديد من الاستعمالات الواسعة منها إنتاج الفرش التي تستعمل في المحركات الكهربائية. كما يستعمل أيضاً كوسط مهدئ للنيوترونات في المفاعلات النووية وكمادة للتزيت. وتعد تقانة ميتالورجيا المساحيق (Powder Metallurgy) من التقانات الأساسية لاستخدام الكرافيت في الصناعات الكهربائية والحرارية [5].

الجزء العملي

1- المواد الأولية المستخدمة:

ان المواد المستخدمة بالبحث الحالي تكونت من الألمنيوم الهندي المنشأ وذو كثافة 2.7g/cm^3 وبحجم حبيبي $(\mu\text{m})^{44}$ والمستخدم كمادة تدعيم، بينما المادة الأساس كانت من مسحوق صخور البازلت المانية المنشأ وذات كثافة 2.8g/cm^3 وبحجم حبيبي أقل من $(\mu\text{m})^{100}$.

2- طريقة تحضير العينات:

بعد معرفة الحجم الحبيبي للمساحيق المستخدمة تم وزن تلك المساحيق باستخدام النسب الوزنية لتحضير جميع المتراكبات، وكانت الأوزان والنسب الوزنية للمادة التقوية (الألمنيوم Al) ومادة الأساس (البازلت Basalt) موزونة باستخدام ميزان كهربائي حساس نوع (Sartorius) بدقة (0.0001g) حيث لدقة الوزن أهمية كبيرة بالتأثير على كمية المتراكب في كل عينة. ثم تم جلب صخرة البازلت من قسم الجيولوجي \ كلية العلوم \ جامعة بغداد، والموقع الرئيسي للصخرة هي المانيا ولاية (راينلند بالاتينات Rhineland-Palatinate). وبعد تنظيف الصخرة وتجفيفها ثم طحنها أولاً بهمر اعتيادي لغرض تقليل حجم الصخرة لحجم مناسب إلى حبيبات بمقدار أقل من 8mm تقريباً ثم صحن الحبيبات الناتجة بطاحونة خاصة نوع (Mortar Grinder RM 200) المانية الصنع في مختبر دائرة البحوث والمواد\وزارة العلوم والتكنولوجيا، حيث تم طحن الصخرة لمدة (48) ساعة لحين الوصول إلى مسحوق ناعم عند حجم حبيبي $\geq 100\mu\text{m}$. بعد وزن المواد الأولية تخلط بشكل جيد بوساطة مورتار (Mortar) مع هاون من العقيق لتسحن جيداً، وذلك للحصول على خليط متجانس، وبحجم حبيبي دقيق ذي أحجام متجانسة، إذ أن أهمية هذه

العملية تكمن في الحصول على مساحيق متجانسة تؤثر في معدل تفاعل هذه المواد، حيث اتقان عملية الخلط ضرورية جداً وذلك لضمان توزيع وتجانس حبيبات المسحوق بشكل كامل وذلك بسبب اختلاف الكثافات تقريبا بين المادة الأساس والمادة المدعمة وكذلك أهمية الخلط الجيد في الخواص الفيزيائية للنتائج النهائي. بعد ذلك يتم تجفيف المساحيق الناتجة من الخلط في فرن تجفيف كهربائي عند (100 °C) لمدة نصف ساعة وذلك للتخلص من الرطوبة. وبعد هذه العملية يتم إضافة المادة الرابطة وهي متعدد فينايل الكحول (PVA) بنسبة (2%) من الوزن الكلي للنموذج وذلك ليتماسك المزيج أثناء عملية الإخراج من القالب ولعدم حصول تشويه أو عيوب سطحية للنموذج وإن هذه النسبة لا تؤثر على المكونات الرئيسية وكذلك تتبخر أثناء عملية التسخين النهائية. بعد اكتمال وزن العينات وتجانسها تم تجهيز قالب الكبس ذو شكل اسطواني وبقطر (2cm). وتمت عملية الكبس باستخدام مكبس كهربائي نوع (-FYD 40MTI) ذات منشأ ألماني موجود المكبس في وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة بحوث المواد- مركز تكنولوجيا المساحيق. وكان الكبس عند (4ton) ولمدة (120sec) للعينات الواحدة وذلك للتخلص من احتمال الإرجاع المرن لدراسة تأثير الضغط على خواص كل مترابك من المترابكات، وكانت العينات الناتجة اسطوانية الشكل بقطر (2cm) وارتفاع (3mm) لجميع الفحوصات، ما عدا مقاومة الانضغاط حيث تم وزن عينات خاصة جديدة لها وتمت عملية الكبس لغرض الحصول على عينات بقطر وارتفاع (2cm). بعد أن اكتملت عملية الكبس لجميع العينات أصبحت العينات جاهزة لعملية التليد، حيث أجريت عملية تليد العينات في وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة بحوث المواد من خلال استعمال فرن كهربائي (Electric Muffle Furnace) نوع [CARBOLITE] إنكليزي المنشأ ذو مدى درجات حرارة لغاية (1200 °C) حيث تم ربط قنينة غاز الأركون (Argon) إلى الفرن وذلك لمنع حدوث فشل واكسدة النماذج لكون مادة التددعيم هي الألمنيوم من المعادن وهو سريع التأكسد والتفاعل مع الأوكسجين علماً أن غاز الأركون حامل وعند ضخه في الفرن يزيح الأوكسجين إلى خارج الفرن. وتم رفع درجة حرارة الفرن إلى درجات (1000°C) وهي درجة حرارة التليد وبمعدل (5 °C/Min) والبقاء على المكبوسات داخل الفرن لمدة ساعتين ثم إطفاء الفرن وتبريد المكبوسات داخل الفرن تبريداً بطيئاً إلى درجة حرارة الغرفة أي إلى صباح اليوم التالي .

3- الفحوصات والقياسات العملية

أولاً: فحص فلورة الأشعة السينية (XRF):

قبل إجراء عملية الخلط للمساحيق لابد من فحص مكونات تلك المساحيق وهي مسحوق الألمنيوم المدعم ومسحوق البازلت الأساس، وتم إجراء هذا الفحص في جامعة بغداد\ كلية العلوم\ قسم الجيولوجي. باستخدام جهاز (X-Ray Fluoridation) الماني المنشأ.

ثانياً: قياس الكثافة الفيزيائية (ρ):

تم فحص الكثافة النظرية والكثافة قبل التليد والكثافة العملية (بعد التليد) ومقارنة الناتج مع تركيز المادة المدعمة (الألمنيوم) حيث أن الكثافة قبل التليد وبعد التليد تم قياسها بالطريقة المعروفة وهي من قسمة كتلة العينة (m) إلى حجمها (v) حيث تم قياس الكتلة بميزان حساس والقطر والسمك باستخدام رنية رقمية ومن خلال المعادلة التالية يمكن إيجاد الكثافة (ρ) [6].

$$\rho = \frac{m}{V} \text{-----(1)}$$

حيث m : كتلة النموذج ، V : حجم النموذج.

أما الكثافة النظرية تم حسابها من خلال العلاقة الاتية:[7].

$$\rho_{th} = \rho_f v_f + \rho_m v_m \text{-----}(2)$$

حيث أن ρ_{th} :كثافة المركب النظرية (g/cm³) ، v_f, v_m : الحجم الكسري لمادة الأساس والتدعيم أي بمعنى

$$\rho_{th} = \rho_1 \times \% \text{additive}(1) + \rho_2 \times \% \text{additive}(2) + \dots \text{est.-----}(3)$$

ثالثاً: القياسات الحرارية

إن الجيل الثالث من تكنولوجيا جهاز (Mathis TC i) الموجود في وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة بحوث المواد يتميز بقدرات واسعة لقياس التوصيلية الحرارية وهي فحوصات غير اتلافية للعينة، حيث يمتاز الجهاز أيضاً على إعطاء توصيف دقيق وبسيط للغاية مختبرياً عن التوصيلية الحرارية والتدفق الحراري كما أن هذا الجهاز لا يحتاج إلى معايرة أو تحضير للعينات المراد قياس موصليتها الحرارية، كما يقيس التوصيلية بمدى مناسب (100-0)W/m.k وكذلك عند مدى واسع من درجات الحرارة (5°C to 200°C) - كما أن الجهاز مزود بأجهزة استشعار واحد أو اثنين وذلك للمساعدة على دقة التحليل للمواد الصلبة، السائلة، المساحيق والمعاجين وفي وقت خلال 5 دقائق فقط. ونظراً لكون الجهاز غير إتلافي تبقى العينات دون تلف وقابلة للاستخدام بعد الاختبار [8]. يعتمد هذا الجهاز على تقنية (MTPS) أي مستشعر واحد من جهة العينة الجانبي حيث يقوم بإطلاق الحرارة إلى العينة وبنفس الوقت يقيس التوصيلية الحرارية والتدفق عبر برنامج مربوط مع الجهاز. والجدول (1) يوضح اهم مواصفات الجهاز، والشكل (1) يبين شكل جهاز (Mathis TC i) المستخدم. أما كيفية استخدام الجهاز يمكن ادراجها بالخطوات الاتية:

1. يمكن أن تكون المواد المستخدمة (العينة) صلبة، سوائل، مساحيق أو معجون.
 2. يعطى تيار للمستشعر لكي يتم تزويده بكمية صغيرة من الحرارة.
 3. ناتج الحرارة المزودة تعمل على رفع درجة حرارة التفاعل بين المجس والعينة وعادة يكون أقل من 2°C أن ارتفاع درجة الحرارة في السطح البيني للمجس والعينة يعمل على حث وتغيير الفولتية للمستشعر.
 4. معدل الزيادة بالجهد للمستشعر يستخدم لتحديد الخصائص الفيزيائية الحرارية لعنصر العينة.
- وبذلك فإن التوصيلية الحرارية ومتغيراتها يمكن حسابها من العلاقات الاتية [9, 10].

$$Q = \frac{dH}{dt} = - \frac{\lambda A dT}{dx} \text{-----}(4)$$

حيثُ إن:

Q : كمية الحرارة لوحدة الزمن (watt).

H : الحرارة (J).

t : الزمن (sec).

λ : التوصيلية الحرارية (w/m.k).

T : درجة الحرارة (K).

X : ارتفاع عينة الاختبار (m).

A : مساحة المقطع العرضي للعينة (m²).

أما معادلة الانتشار الحراري δ (m²/s) هي:

$$\delta = \frac{\lambda}{C_p \cdot \rho} \text{-----}(5)$$

C_p : السعة الحرارية النوعية (J/g.k).

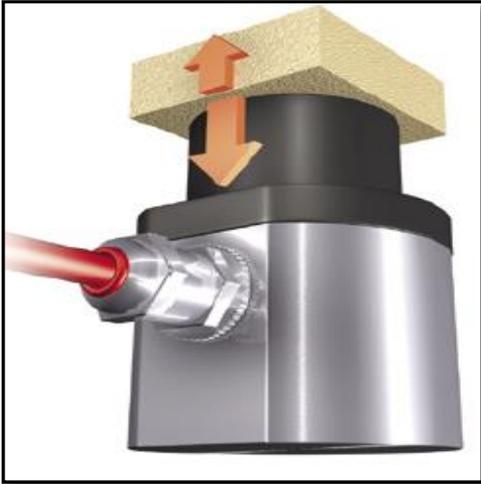
ρ : كثافة العينة (g/cm^3).

وعلاقة التدفق الحراري ($\text{Ws}^{1/2}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) هي:

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot C_p} \dots \dots \dots (6)$$

أما المقاومة الحرارية R_{thermal} ($\text{m}^2\text{K/W}$) هي:

$$R_{\text{thermal}} = \frac{dX}{\lambda} \dots \dots \dots (7)$$



شكل (1) جهاز ((Mathis TC i) المستخدم لحساب التوصيلية الحرارية.
جدول (1) خصائص جهاز ((Mathis TC i) [8].

Speed & Flexibility	
Sample Preparation	None Required
Testing Time	Seconds
Training Time	Minimal
Non-Destructive	Yes
Integrated, Downloadable Test Results Database	Yes
Range	
k-Range (W/mK)	0 – 100
Temperature Range (°F)	-58° to 392°F
(°C)	-50° to 200°C
Sample Configuration	
Minimum	0.67" diameter (17mm)
Maximum	Unlimited
Material Testing Capabilities	Solids, Liquids, Powders, Pastes

النتائج والمناقشة

1. نتائج فلورة الأشعة السينية (XRF):

بعد أن تم فحص مسحوق مادة التدعيم (الألمنيوم) ومسحوق مادة الأساس (البازلت) بواسطة جهاز فلورة الأشعة السينية وجد أن نسبة الألمنيوم تقريباً 99%، بينما وجد أن أكثر نسبة أوكسيد في البازلت بلغت تقريباً 39% للسليكا SiO_2 وهذا ما هو متوقع بالنسبة لصخور البازلت حيثُ تحوي أعلى نسبة هي أوكسيد السليكا. والجدولين أدناه (2)، (3) يوضحان نتائج التحليل الكيميائي لكلا المسحوقين.

جدول (2) التحليل الكيميائي لمسحوق الألمنيوم.

العنصر	التركيز %
Fe	0.5
Pd	0.03
Ar (Arsenic)	0.0005
Al	Rem.

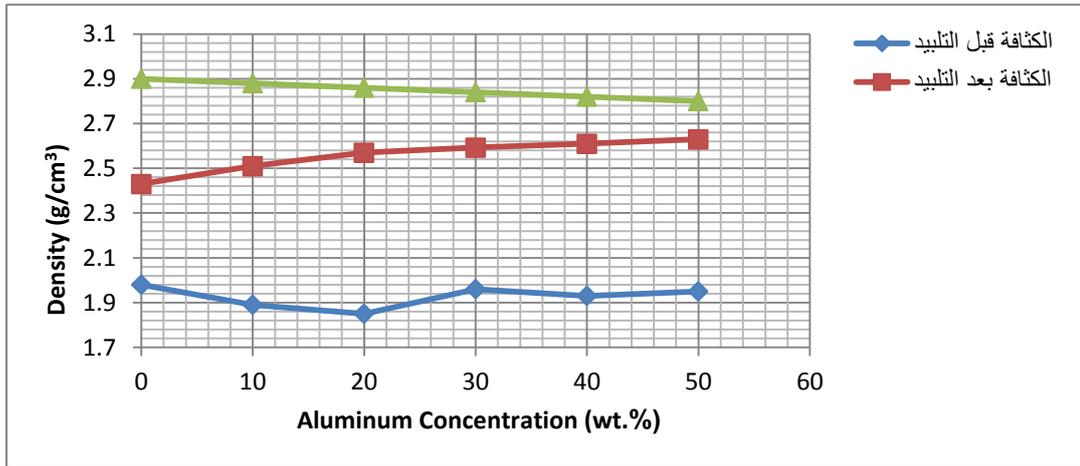
جدول (3) التحليل الكيميائي لمسحوق البازلت.

المادة	التركيز
SiO_2	39.18
MgO	5.77
Al_2O_3	10.82
P_2O_4	1.122
K_2O	1.343
CaO	12.96
TiO_2	3.072
Fe_2O_3	12.32
MnO	0.184
WO_3	0.140
Trace	-

2. تأثير تركيز الألمنيوم على الكثافة قبل وبعد التليد والكثافة النظرية:

يبين الشكل (2) والجدول (3) العلاقة بين التغيير بالنسب الوزنية لتركيز الألمنيوم والكثافة الخضراء قبل إجراء عملية التليد ، ويلاحظ من خلال الشكل عدم وجود تغير كبير في النتائج اذا تبقى الكثافة بمستوى واحد تقريباً حيثُ كانت الكثافة عند (0Al%) بمقدار (1.98 g/cm^3) بينما وصلت بمقدار (1.95 g/cm^3) عند تركيز (50Al%) ويعزى ذلك إلى أن الكثافة تتأثر بشكل كبير بعاملين رئيسيين أهمهما الضغط والحرارة وبما أن المركب الناتج تم تشكيله عند ضغط (4 طن) وبذلك نلاحظ وبشكل واضح أن الكثافة انخفضت عن كثافة المركبين (البازلت

والألومنيوم) حيث أن كثافة البازلت الحقيقية (2.8g/cm^3) بينما الألومنيوم (2.7g/cm^3). ومن خلال نفس الشكل (2) وعند اجراء عملية التلييد عند ($1000\text{ }^\circ\text{C}$) ولمدة ساعتين وبجو مفرغ من الاوكسجين نلاحظ أن الكثافة ازدادت اذ بلغت عند(0Al%) قيمة (2.43g/cm^3) بينما وصلت إلى قيمة (2.63g/cm^3) عند تركيز (50Al%) وعند مقارنة كلا القيمتين للكثافة قبل وبعد التلييد نلاحظ أن الكثافة ازدادت بمقدار (16%) عند نسبة (0Al%) بعد التلييد، وكما ازدادت الكثافة ايضاً بمقدار(23%) عند نسبة (50Al%) بعد التلييد، وان سبب هذه الزيادة يعود إلى وجود المادة الرابطة الألومنيوم ودرجة انصهاره واطنة ادت إلى انكماش الحبيبات وتقاربها وهذا يعني زيادة في الكثافة أي قلة الحجم هو زيادة بالكثافة تناسب عكسي وقلة المسامية، وكما زيادة الكثافة يعود إلى درجة حرارة التلييد حيث تم تكثيف وتحجيم الحبيبات إلى أقل ما يمكن وهذا يعني انحسار الفجوات وانخفاض وجودها في جميع النسب مقارنة بالمادة الأساس، وهذا مقارب لنتائج الباحث [11]. أما الكثافة النظرية التي تمثل النسبة بين الكتلة إلى الحجم الحقيقي للمادة الفعلية من دون مسامات أو فراغات تم استخراجها عن طريق استخدام قواعد المزج وتم مقارنتها مع نتائج العملي لمعرفة الفرق بالقيم وقرب وبعد النتائج المتحصلة، حيث وجد تقارب كبير بين النتائج النظرية وقيم نتائج كل من البازلت والألومنيوم.



الشكل (2) العلاقة بين التغير في النسب الوزنية لجسيمات الألومنيوم والكثافة قبل التلييد وبعد التلييد والكثافة النظرية .

جدول (3) الكثافة قبل التلييد وبعد التلييد والكثافة الخضراء

Sample No.	Sample Code	Density before sintering (ρ)	Theoretical Density (ρ)	Density after sintering (ρ)
A1	100%Basalt+ 0%Aluminum	1.98	2.9	2.430
A2	90%Basalt+ 10%Aluminum	1.89	2.88	2.510
A3	80%Basalt+ 20%Aluminum	1.85	2.86	2.570
A4	70%Basalt+ 30%Aluminum	1.96	2.84	2.593
A5	60%Basalt+ 40%Aluminum	1.93	2.82	2.610
A6	50%Basalt+ 50%Aluminum	1.95	2.8	2.630

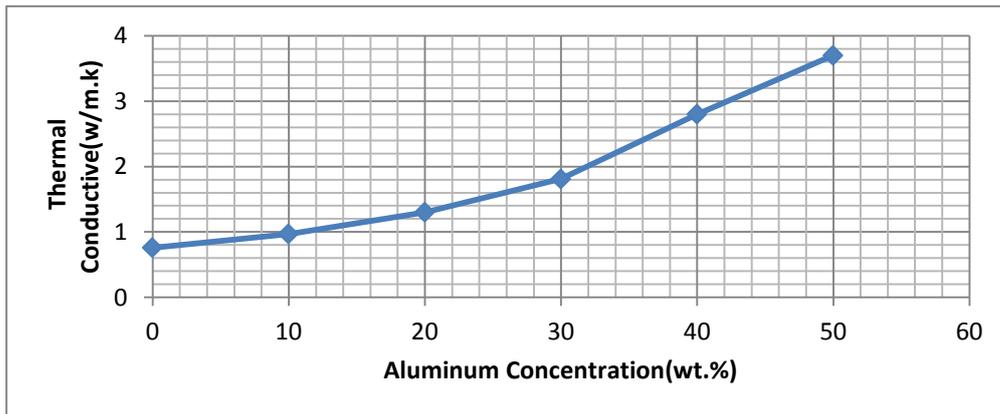
3. نتائج الفحوصات الحرارية

1- تأثير محتوى جسيمات التقوية على الموصلية الحرارية:

يوضح الشكل (3) والجدول (4) علاقة تأثير محتوى التدعيم (الألمنيوم) على الموصلية الحرارية حيث نلاحظ ازدياد الموصلية الحرارية من (0.76 w/m.k) إلى (3.7 w/m.k) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي أي أن التناسب طردي بين الموصلية الحرارية (λ) ونسب التدعيم المتزايدة. أي نسبة تحسن بالتوصيلية عالية ويعزى ذلك إلى كون البازلت يمتلك موصلية حرارية منخفضة جداً لكونه مجموعة من الأكاسيد أما عنصر الألمنيوم ذو موصلية حرارية عالية جداً والسبب الآخر هو طريقة تحضير المتراكب وعملية توزيع وتجانس الحبيبات اثناء عملية التشكيل والتلييد وبذلك نجد أن قيم التوصيلية الحرارية ازدادت مع زيادة النسب المئوية لمادة التدعيم (الألمنيوم) مقارنةً بالمادة الأساس (البازلت) [12]. فضلاً عن التأثير المتعاكس لكل من الكثافة والمسامية على زيادة الموصلية الحرارية إذ تعمل المسامات عوازل لانتقال الحرارة وبذلك تتحول عملية انتقال الحرارة من طريقة التوصيل (Conduction) إلى الحمل (Convection). وان انخفاض قيم المسامية اثر كبير على زيادة التوصيلية الحرارية أي تناسب عكسي.

جدول (4) التوصيلية الحرارية مع تغير نسب التدعيم للمركب (Basalt-Al).

Sample No.	Sample Code	Thermal Conductive (λ)
1.	100%Basalt+ 0%Aluminum	0.76
2.	90%Basalt+ 10%Aluminum	0.97
3.	80%Basalt+ 20%Aluminum	1.3
4.	70%Basalt+ 30%Aluminum	1.81
5.	60%Basalt+ 40%Aluminum	2.8
6.	50%Basalt+ 50%Aluminum	3.7



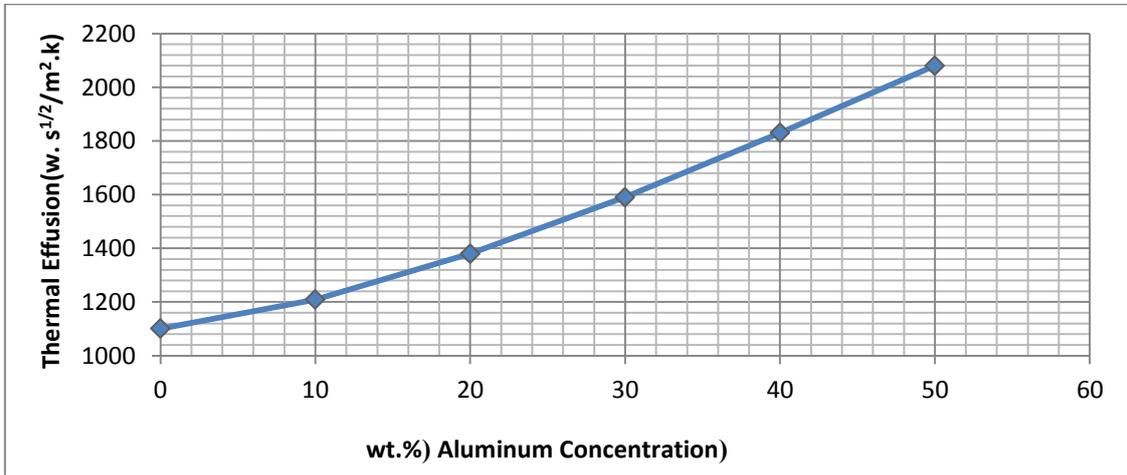
شكل (3) العلاقة بين زيادة النسبة الوزنية لجسيمات الألمنيوم والموصلية الحرارية.

2- تأثير محتوى جسيمات التقوية على التدفق الحراري

الشكل (4) والجدول (5) يوضحان علاقة تأثير محتوى التدعيم (الألمنيوم) على التدفق الحراري حيث نلاحظ ازدياد التدفق الحراري من (1101 w. s^{1/2}/m².k) إلى (2080 w s^{1/2}/m².k) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي أي تناسب طردي بين النسب الوزنية للتدعيم والتدفق الحراري (ε). أي هنالك تحسن كبير بقيم التدفق الحراري مع زيادة الألمنيوم والسبب يعود إلى تحسن الايصالية الحرارية والكثافة عملياً بعد التليد. حيث إن التوصيلية الحرارية العالية للألمنيوم سهلت وبشكل كبير عملية انسياب الحرارة بين أجزاء المركب ومع زيادة نسب التدعيم نلاحظ الفرق الواضح بين قيم التدفق المتزايدة .

جدول (5) التدفق الحراري مع تغير نسب التدعيم للمركب (Basalt-Al).

Sample No.	Sample Code	Thermal Effusion (ε)
1.	100%Basalt+ 0%Aluminum	1101
2.	90%Basalt+ 10%Aluminum	1209
3.	80%Basalt+ 20%Aluminum	1380
4.	70%Basalt+ 30%Aluminum	1590
5.	60%Basalt+ 40%Aluminum	1830
6.	50%Basalt+ 50%Aluminum	2080



شكل (4) العلاقة بين زيادة النسبة الوزنية لجسيمات الألمنيوم والتدفق الحراري.

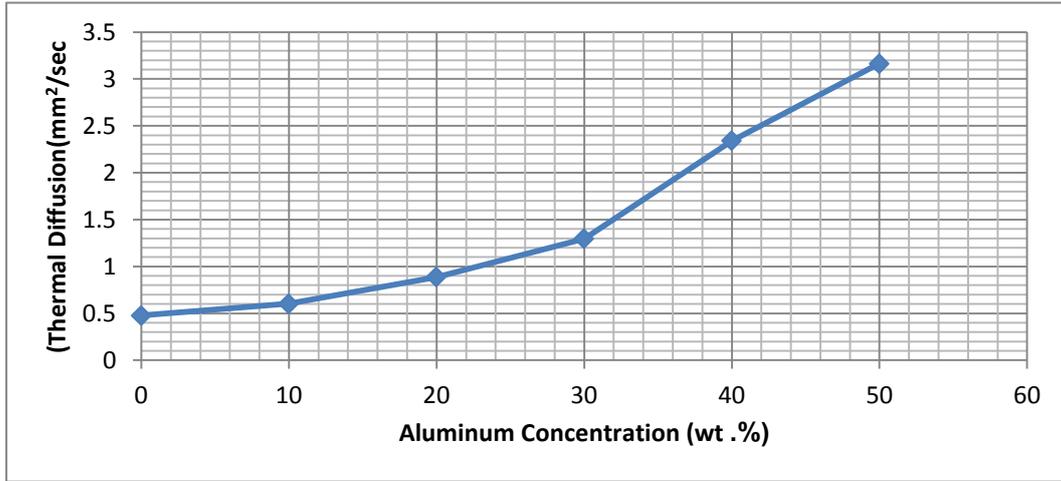
3- تأثير محتوى جسيمات التقوية على الانتشار الحراري

الشكل (5) والجدول (6) يوضحان علاقة تأثير محتوى التدعيم (الألمنيوم) على الانتشار الحراري (δ) حيث نلاحظ ازدياد الانتشار الحراري من (0.4665 mm²/sec) إلى (1.1643mm²/sec) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي، أي أيضاً تناسب طردي بين النسب الوزنية لمادة التدعيم والانتشار الحراري وهذا ما تم إيجاده بالتوصيلية

الحرارية والتدفق الحراري بالفقرتين اعلاه. حيثُ أيضاً لقيم الكثافة العالية والتوصيلية الحرارية بعد التليد وما يرافقهما من تغيرات في النسق البلوري (الشبيكة) للمتراكبات تأثير كبير على زيادة قيم الانتشار الحراري وهذا واضح جداً من خلال التوصيلية العالية للألمنيوم حيثُ أيضاً ساعدت حبيبات الألمنيوم المنتشرة خلال المسامات على زيادة الانتشار الحراري.

جدول (6) التدفق الحراري مع تغير نسب التدعيم للمركب (Basalt-Al).

Sample No.	Sample Code	δ) Thermal Diffusion ()
1.	100%Basalt+ 0%Aluminum	0.4665
2.	90%Basalt+ 10%Aluminum	0.6033
3.	80%Basalt+ 20%Aluminum	0.8874
4.	70%Basalt+ 30%Aluminum	1.2958
5.	60%Basalt+ 40%Aluminum	2.3411
6.	50%Basalt+ 50%Aluminum	3.1643



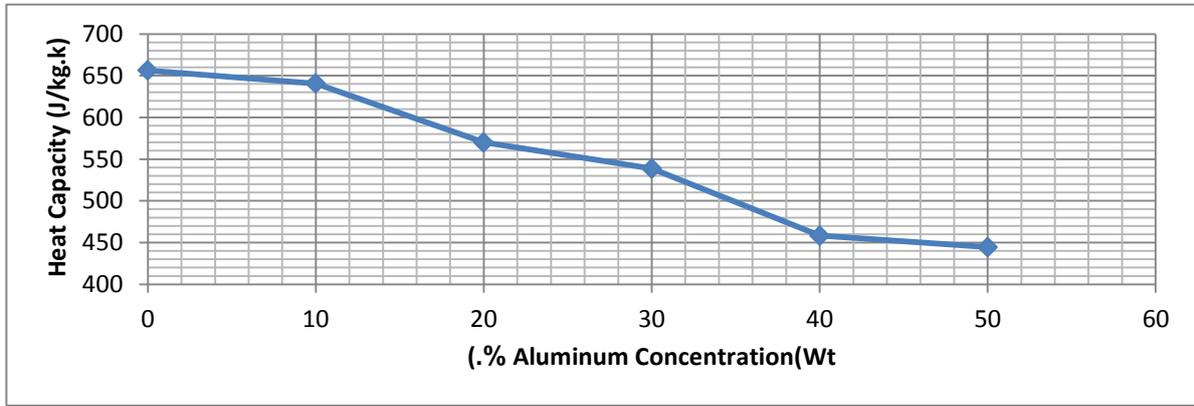
شكل (5) العلاقة بين زيادة النسبة الوزنية لجسيمات الألمنيوم والانتشار الحراري.

4- تأثير محتوى جسيمات التقوية على السعة الحرارية

الشكل (6) والجدول (7) يوضحان علاقة تأثير محتوى التدعيم (الألمنيوم) على السعة الحرارية حيث نلاحظ نقصان السعة الحرارية من (656.3791 J/kg.k) إلى (444.5997 J/kg.k) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي. وسبب انخفاض السعة الحرارية (C_p) مع زيادة النسب المئوية المضافة لمسحوق التدعيم الألمنيوم وذلك بسبب سلوك المتراكبات كأشياء موصلات أي مركب من مادة عازلة (بازلت) ومادة موصلة (ألمنيوم) النتيجة أوضحت مادة شبة موصلة أي ذات سعة حرارية منخفضة وهذا يتفق مع الباحث [13].

جدول (7) السعة الحرارية مع تغير نسب التدعيم للمركب (Basalt-Al).

Sample No.	Sample Code	Thermal Capacity (Cp)
1.	100%Basalt+ 0%Aluminum	656.3791
2.	90%Basalt+ 10%Aluminum	640.5758
3.	80%Basalt+ 20%Aluminum	570.0089
4.	70%Basalt+ 30%Aluminum	538.6580
5.	60%Basalt+ 40%Aluminum	458.2512
6.	50%Basalt+ 50%Aluminum	444.5997



شكل (6) العلاقة بين زيادة النسبة الوزنية لجسيمات الألمنيوم والسعة الحرارية.

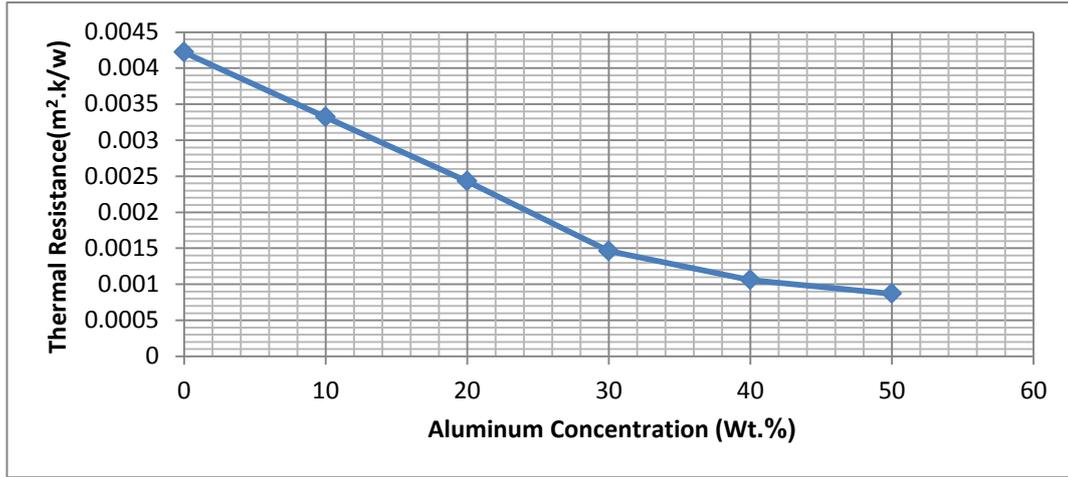
5- تأثير محتوى جسيمات التقوية على المقاومة الحرارية

الشكل (7) والجدول (8) يوضحان علاقة تأثير محتوى التدعيم (الألمنيوم) على المقاومة الحرارية (R) حيث نلاحظ انخفاض المقاومة الحرارية من $0.00422m^2.k/w$ إلى $0.00087m^2.k/w$ من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي، أي عملية تناسب عكسية للمقاومة الحرارية مع زيادة محتوى الألمنيوم وهذا متوقع من المركب لكون العوازل تبدي مقاومة لانتقال الحرارة خلالها لكن بزيادة محتوى مادة التدعيم (الألمنيوم) أي مادة موصلة تعمل على سد الفراغات (المسامية) بين الحبيبات مما تسهل عمل طريق مادي لانتقال الحرارة خلال المركب أي تناسب طردي مع المسامية وعكسياً مع التوصيلية الحرارية.

جدول (8) المقاومة الحرارية مع تغير نسب التدعيم للمركب (Basalt-Al).

Sample No.	Sample Code	Thermal Resistance (R)
1.	100%Basalt+ 0%Aluminum	0.00422
2.	90%Basalt+ 10%Aluminum	0.00332
3.	80%Basalt+ 20%Aluminum	0.00243

Sample No.	Sample Code	Thermal Resistance (R)
4.	70%Basalt+ 30%Aluminum	0.00146
5.	60%Basalt+ 40%Aluminum	0.00106
6.	50%Basalt+ 50%Aluminum	0.00087



شكل (7) العلاقة بين زيادة النسبة الوزنية لجسيمات الألمنيوم والمقاومة الحرارية.

الاستنتاجات

1. أظهرت نتائج فلورة الأشعة السينية (XRF) نقاوة 99% للألمنيوم ونسبة 39.18% من SiO_2 .
2. الكثافة ازدادت بمقدار (16%) عند نسبة (0Al) بعد التليد، وكما ازدادت الكثافة أيضاً بمقدار (23%) عند نسبة (50Al) بعد التليد.
3. ازدياد الموصلية الحرارية من (0.76 w/m.k) إلى (3.7 w/m.k) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي. وكذلك ازدياد التدفق الحراري من (1101 w.s^{1/2}/m².k) إلى (2080 w.s^{1/2}/m².k) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي.
4. ازدياد الانتشار الحراري من (0.4665 mm²/sec) إلى (1.1643mm²/sec) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي.
5. نقصان السعة الحرارية من (656.3791 J/kg.k) إلى (444.5997J/kg.k) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي. وكذلك انخفاض المقاومة الحرارية من (0.00422m².k/w) إلى (0.00087m².k/w) من نسبة تدعيم (0%) إلى (50%) على التوالي.

الخلاصة

تُعد المتراكبات المؤلفة من أهم المواد المستخدمة في الكثير من التطبيقات الصناعية والهندسية المهمة مثل: تصنيع هياكل السيارات والطائرات لما تتمتاز به من خواص فيزيائية وميكانيكية عالية مثل: الصلادة ومقاومة شد

قابلة نسبياً للانضغاط فضلاً عن التشغيل السطحي النهائي الجيد. استهدفت الدراسة الحالية إلى تحضير متراكبات جديدة ذات أساس من البازلت والمدعمة بجسيمات الألمنيوم باتباع تقانة ميتالورجيا المساحيق ودراسة تأثير نسب الإضافة على خواص المتراكبات بعد التلييد ودراسة التوصيلية الحرارية وعناصرها ومدى تأثيرها على المتراكب(بازلت-ألمنيوم).

التوصيات

- دراسة تأثير إضافة مواد أخرى إلى متراكبات (البازلت) كمواد تقوية مثل: (Ni),(Cu) أو (Cr) أو سبائك الألمنيوم (Ni-Al),(Ni-Al-Cr) ودراسة تأثيراتها .
- دراسة تأثيرات متغيرات معدل البلى (wear) على الخواص الميكانيكية لمتراكبات (بازلت-ألمنيوم).
- دراسة مقارنة بين خصائص متراكبات (بازلت-ألمنيوم) بتقانتى المساحيق والسبابة.
- دراسة تأثير الكبس في اتجاهين على خصائص متراكبات (بازلت-ألمنيوم).
- استخدام أحد تقنيات الرش الحراري باللهب لنظام مساحيق من مادة مؤلفة من (بازلت-ألمنيوم) ودراسة معلمات الرش الحراري على قواعد فولاذية لغرض اختبارها لحماية أنابيب النفط من التآكل والعديد من التطبيقات الصناعية الأخرى.

المراجع

أولاً: المراجع العربية :

- 1- عبدالله محمد علي محمد الطويل " دراسة وتوصيف متراكبات النحاس - كرافيت " رسالة ماجستير ، قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية ، 2003 .
- 2- نوال عزت عبد اللطيف ، اسراء عبد القادر " استخدام طريقة الغمر أو (التغطيس) لإنتاج مواد متراكبة " مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد 25 ، ملحق العدد 2 ، صفحة 44-60 ، 2007.
- 3- ياسر معي عبد الصاحب " تأثير اضافة دقائق السليكا (SiO_2) على مقاومة البلى لمواد متراكبة ذات أساس من سبيكة ألمنيوم (Al5086,Al6061) " مجلة ديالى للعلوم الهندسية، المجلد 8، العدد3، صفححه(8-19)، ايلول 2015 .

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- 1- Althues H, Henle J, Kaskel S. "Functional inorganic nanofillers for transparent polymers". Chem Soc Rev.; 36:PP1454-1465.[PubMed].(2007).
- 2- Annual Book of ASTM Standards , Part 13 , PP (180-182), (1979).
- 3- Crawford , R. J. " Plastics Engineering " Second Edition , Pergamon Press , U.K. , 1987.
- 4- E1952, "Method for Thermal Conductivity and Thermal Diffusivity by Modulated Temperature Differential Scanning Calorimetry", ASTM International, West Conshohocken, PA.(2008).

- 5- Edison Selvaraj, D. and Sivaprakash," Characteristics of electrical and thermal properties of enamel filled with CNT", proceedings of the third International conference on trends in Information, New York (2013).
- 6- Jose Sebastian, Eby T.Thachil, Jobin, Job and Macdhavan;" Enhancement in the electrical and thermal properties of Ethylene Vainly Acetate by zinc oxide Nano particles", open Journal of composite materials, India, Vol.5, PP.(79-91), 2015.
- 7- Mateusz B., " Carbon Nan tube Networks in Epoxy Composites and Aero gels", PhD. Thesis, University of Pennsylvania, (2007).
- 8- Selvaraj, D. Edison. "Partial discharge characteristics of enamel filled with micro and nano composite of SiO₂ and TiO₂." International Journal of Science and Engineering Applications 1.2: pp.95-101. (2012).
- 9- T. W. Clyne , P. J. Withers " An Introduction to Metal Matrix Composites " Cambridge Solid State Science Series , Cambridge University Press , PP. 1-7 , 2003.
- 10- William D. Callister , Jr. " Fundamentals of Materials Science and Engineering " Fifth Edition , 2001.

Some physical and thermal properties of the composite (Basalt-Aluminum) prepared by powder technology method.

Abstract: Used in the paper basalt rock powder is matrix and reinforcement it by aluminum powder at ratios (0%,10%,20%,30%,40%,50%), mixing the matrix and reinforcement material and pressing at (4 ton) at two min. only. Treatment thermal was at (1000 °C) at a vacuum of oxygen. At period of time two hours only . take place the density physical test after and before sintering and density theoretical for prepared sample, as for the thermal tests included (thermal conductivity, thermal effusion, thermal diffusion, thermal capacity, thermal resistance). By using (Mathis TCi). shown result of density increasing of density after sintering and a close from theoretical density to (2.6 g/cm³) at ration 50% aluminum, while shown results the thermal tests enhancement clear in and thermal diffusion to composite and increasing in thermal conductivity values to (3.7 w/m.k) and thermal diffusion to (3.1643mm²/sec) and thermal effusion to (2080 w.s¹/2/m².k) with increasing proportion of aluminum additives to 50% aluminum. While heat capacity values decreased with increasing reinforcement to 50% aluminum.

keywords: thermal effusion, powder technology, basalt composite, composite mater.
