مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السادس والعشرون - المجلد الأول - علوم الفيزياء - أيلول 2025 م
doi.org/10.52866/esj.2025.01.26.16

# تأثير تدعيم الإيبوكسي بجزيئات $Al_2O_3$ و MgO على الخصائص العازلة الحرارية والصوتية

حسام رحيم هناوي ، عدنان رعد احمد
قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة تكريت، تكريت، العراق.
*البحث مستل من رسالة ماجستير الباحث الأول
البريد الالكتروني: hr230059pep@st.tu.edu.iq

**مستخلص:**

في هذا البحث، تمت دراسة تأثير إضافة الدقائق السيراميكية ($Al_2O_3$,MgO) بشكل منفرد الى راتنج الايبوكسي وبنسب وزنية ( 10، 12، 14 Wt٪) وتركزت الدراسة على تقييم تأثير هذه الإضافات في تحسين الخواص العزلية. تم تحضير المركبات باستخدام طريقة القولبة اليدوية (Hand Lay-up molding). خضعت العينات لاختبارات (التوصيل الحراري، العزل الصوتي)، أظهرت النتائج تحسناً في الخواص المدروسة بعد إضافة الدقائق السيراميكية حيث انخفضت التوصيلة الحرارية بعد إضافة أوكسيد الالمنيوم $Al_2O_3$ وكان اقل قيمة لها عند النسبة ٪10 بلغ مقدارها (0.279 W/m·°C) بينما كان اقل قيمة للتوصيلية الحرارية عند إضافة MgO عند النسب ٪14 بلغ مقدارها (0.240 W/m·°C) كما أظهرت نتائج العزل الصوتي ان إضافة دقائق التدعيم أدت الى انخفاض شدة الصوتي مقارنةً بالعينة النقية (غير مدعمة) اذ ان إضافة $Al_2O_3$ عند النسب ٪14 حققت أعلى كفاءة في العزل الصوتي حيث بدأت شدة الصوت عند (98.1 dB) عند تردد (100 Hz) ووصلت إلى (99.5 dB) عند (10000 HZ) وكذلك حقق افضل انخفاض في شدة الصوت عند إضافة MgO عند النسب ٪14 حيث بدأت شدة الصوت عند (97.8 dB) عند تردد (100 Hz) ووصلت إلى (99.2 dB) عند (10000 HZ).

**الكلمات المفتاحية:** المواد المتراكبة، الدقائق السيراميكية، الايبوكسي، التوصيلية الحرارية، العزل الصوتي.

## Influence of $Al_2O_3$ and MgO Particle Reinforcement on the Thermal and Sound Insulation Properties of Epoxy Composites

**Hussam Raheem Henawi , Adnan Raad Ahmed**
Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.
e-mail: 1* hr230059pep@st.tu.edu.iq

**Abstract:**

In this study, the effect of incorporating ceramic particles ($Al_2O_3$ and MgO) individually into epoxy resin at different weight percentages (10%, 12%, and 14% wt) was investigated, focusing on their influence on insulation properties. The composites were prepared using the hand lay-up molding technique. The samples underwent thermal conductivity and sound insulation tests. The results revealed improvements in the studied insulation properties with the addition of ceramic particles. Thermal conductivity decreased with the incorporation of aluminum oxide ($Al_2O_3$), reaching its lowest value at 10% wt (0.279 W/m·°C). In the case of magnesium oxide (MgO), the lowest thermal conductivity was observed at 14% wt, recording a value of 0.240 W/m·°C. Sound insulation results also demonstrated a reduction in sound intensity compared to the neat (unreinforced) epoxy sample. The addition of 14% wt $Al_2O_3$ showed the highest sound insulation efficiency, where the sound intensity dropped from 98.1 dB at 100 Hz to 99.5 dB at 10,000 Hz. Similarly, the best reduction in sound intensity for MgO-reinforced composites was achieved at 14% wt, with sound intensity decreasing from 97.8 dB at 100 Hz to 99.2 dB at 10,000 Hz.

**Keywords:** Composite materials, Ceramic particles, Epoxy, Thermal conductivity, Sound insulation.

## 1. المقدمة Introduction

شهد القرن العشرون ازدهار اقتصادي وعلمي سريع أدى إلى اندلاع الثورة الصناعية وزيادة الحاجة إلى مواد هندسية ذات أداء عالٍ، حيث لم تعد المواد التقليدية تفي بمتطلبات التطبيقات الحديثة استجابةً لذلك وجهت المراكز العلمية والصناعية جهودها على تطوير مواد خفيفة الوزن وعالية المتانة بخصائص متعددة يصعب توفرها في مادة واحدة، لذا أعيد إحياء مفهوم دمج المواد المختلفة لإنتاج مواد مركبة تتفوق في أدائها وخصائصها على مكوناتها الفردية مما جعلها تحظى بمكانة مرموقة بين المواد الهندسية بسبب الكفاءة العالية والتكلفة المنخفضة مما عزز استخدامها في العديد من المجالات الصناعية [1،2].

وقد حدد العديد من الباحثين المواد المركبة المتقدمة على أنها مواد مناسبة للعديد من التطبيقات، ومن بين المواد المصفوفة (Matrix Materials) المستخدمة في تطوير هذه المركبات المتقدمة احتلت راتنجات الإيبوكسي مكانة رائدة بين نظيراتها وذلك بفضل خصائصها المتميزة والتي تشمل المقاومة الكيميائية والحرارية والكهربائية بالإضافة إلى خصائصها الميكانيكية العالية وثباتها الأبعادي [3].

تستخدم راتنجات الإيبوكسي في تطبيقات واسعة تتضمن الطلاءات الصناعية والمكونات الكهربائية وصناعة الطيران والمواد العازلة إلا أن محدودية توصيليتها الحرارية وقدرتها على عزل الصوت ما تزال تُشكل تحديًا في بعض التطبيقات ولمعالجة هذه التحديات يستخدم تدعيم الإيبوكسي بحشوات (Fillers) غير عضوية مثل الأكاسيد السيراميكية والتي تمتاز بالصلابة ومقاومة الحرارة، لتكوين مركبات ذات مصفوفة بوليمرية (PMCs) محسنة [4–9].

تُعتبر إضافة الجسيمات السيراميكية مثل أكسيد الألمنيوم ($Al_2O_3$) وأكسيد المغنيسيوم (MgO) من أبرز الاستراتيجيات لرفع كفاءة الأداء الحراري والعزل الصوتي إذ تعمل هذه الجسيمات كمراكز لتشتيت الطاقة الصوتية ومنع انتقال الفونونات الحرارية من خلال المصفوفة البوليمرية، مما يُسهم في تحسين العزل الحراري والصوتي [10–12].

مع تزايد الحاجة إلى بيئات هادئة وآمنة في ظل التوسع الحضري والصناعي ازداد الطلب على تطوير مواد متقدمة تجمع بين الأداء الهيكلي العالي والقدرة على تقليل انتقال الصوت والحرارة لا سيما في تطبيقات المباني (كالمدارس والمستشفيات) والمعدات التقنية الحساسة [12،13].

## 2. الجزء العملي Experimental Work

### 2.1 المواد المستخدمة Materials Used

في هذا البحث تم تحضير مادة متراكبة باستخدام طريقة الصب اليدوي (Hand Lay-up)، وذلك بالاعتماد على راتنج الإيبوكسي (Epoxy Resin) كمادة أساس ونوع الايبوكسي هو (Sikadur 52 LP) الماني المنشأ بامتياز من شركة Sika البحرينية ويمتاز بكونه سائلًا شفافًا منخفض الكثافة، حيث تبلغ كثافته حوالي (1.1 g/cm³)، كما يتميز بلزوجة منخفضة (Low Viscosity) مما يسهل خلطه مع مادة التدعيم بشكل جيد مما يساهم في تحقيق تجانس تام بين المادة الأساس ومواد التدعيم بالإضافة إلى ذلك يتمتع الإيبوكسي المستخدم بمعدل انكماش منخفض عند التجفيف وقابلية عالية للالتصاق

وقابلية للتحول إلى الحالة الصلبة عند إضافة المصلد الخاص به (Hardener) وهو سائل شفاف عديم اللون يُضاف إلى الراتنج بنسبة (2:1) وليحدث التفاعل بينهما في درجة حرارة الغرفة اذا يكون في بداية الامر مادة جلايتينية وبعد مرور فترة زمنية تتصلب المادة بدرجة حرارة الغرفة والجدول (1) يوضح بعض خصائص للايبوكسي (Sikadur 52 LP).

الجدول (1) يوضح خصائص الايبوكسي المستخدم.

| Test Method | Typical Results |
|---|---|
| Compressive strength (BS 6319) | 53 N/mm$^2$ @20$^o$C |
| Density(20 ºC) | 1.1 kg/I |
| Coefficient of Thermal Expansion | 89×10-6 per ºC (from-20 ºC to +60 ºC) |
| Viscosity (mpa.s) | 1000 @10 ºC |
| Pot life | 20minutes @ 20 ºC<br>10minutes @ 30 ºC |
| Specific gravity | 1.04 |
| Mixed viscosity | 500mpa.s @ 20 ºC |

المواد المستخدمة في تقوية مادة الأساس هي أوكسيد الالمنيوم ($Al_2O_3$) واوكسيد المغنيسيوم (MgO) والجدول (2) يوضح خصائص ومنشأ الدقائق المستخدمة.

الجدول (2) يوضح خصائص ومنشأ الدقائق المستخدمة.

| Particles | Purity | Molecular Weight (g/mol) | Origin | Color |
|---|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 99.9% | 40.3 | Panreac(AAG) Espana | White |
| MgO | 99.5% | 101.9 | Riedel-de Haen AG-Germany | White |

**2.2 تحضير العينات Specimens preparation**

يتم تحضير العينة النقية من خلال خلط الإيبوكسي (Epoxy) مع المصلد ( Hardener) بنسبة 2:1 داخل وعاء مناسب ويُحرَّك الخليط ببطء لمدة تتراوح بين 3 إلى 7 دقائق لضمان تجانسه وتجنب تكوّن الفقاعات الهوائية، بعد ذلك يتم تعزيز مادة الأساس (راتنج الإيبوكسي) بإضافة كل من دقائق أكسيد الألمنيوم ($Al_2O_3$) وأكسيد المغنيسيوم (MgO) بنسب وزنية (12،14، 10 Wt٪)، حيث تُضاف الدقائق أولًا إلى الإيبوكسي ثم يُخلط المزيج لمدة 10

دقائق لضمان توزيعها وتشتيتها بشكل متجانس داخل المادة الأساس بعد ذلك يُضاف المصلد إلى الخليط ويُحرَّك ببطء لمدة تتراوح بين 3 إلى 7 دقائق لضمان تجانس المكونات وتجنب تكوّن الفقاعات الهوائية والتي تسبب حدوث الفشل فيها، يُصب الخليط في القالب ويُترك لمدة 24 ساعة حتى يكتمل تصلبه الأولي ثم تُزال العينة من القالب وتُترك لمدة 15 يومًا لاستكمال عملية المعالجة وإزالة أي ضغوط داخلية متبقية قد تكون تكونت خلال عملية التحضير، وتم استخدام العينات المربعة الشكل في اختبار العزل الصوتي ثم تم قصها إلى الأشكال المناسبة لإجراء الاختبارات الأخرى يُظهر الشكل (1) القوالب المربعة المستخدمة.

الشكل (1) يظهر العينات المدعمة $Al_2O_3$ و MgO.

## 3. الاختبارات The tests

### 3.1 اختبار الموصلية الحرارية

### Thermal Conductivity Test Results

تم قياس قدرة المادة على عزل الحرارة باستخدام طريقة قرص لي (Lee's Disc Method) الجهاز من تصنيع شركة Griffin and George™ ويتكوّن من ثلاثة أقراص (A وB وC) مصنوعة من النحاس الأصفر، ويحتوي على قرص تسخين كهربائي وتم قص قرص اختبار بقطر 4 Cm من القالب المربّع الشكل ووُضع بين قرصي النحاس (A وB)، يتم توليد الحرارة عن طريق مرور تيار كهربائي شدته 0.25 Amp عبر ملف التسخين داخل الجهاز، حيث تنتقل الحرارة من السخان إلى الأقراص المجاورة (B وC)، ثم من القرص B إلى القرص A مرورًا بالعينة (القرص) المراد قياس التوصيلية الحرارية له، يتم قياس درجة حرارة الأقراص الثلاثة باستخدام ثلاث المحرار موضوعة داخل كل قرص. عادةً ما تكون درجة الحرارة في القرص A أقل من درجة الحرارة في القرصين B وC، مما يشير إلى كمية الحرارة التي تم إعاقتها (عزلها) بواسطة العينة، وتُحسب التوصيلية الحرارية (K) باستخدام المعادلة (1) والشكل (2) يظهر جهاز

المستخدم في هذا الاختبار، بيمنا الشكل (3) يظهر صور عينات التوصيل الحراري [16-14].

$$K\left(\frac{T_B-T_A}{d_s}\right)=e\left[T_A+\frac{2}{r}\left(d_A+\frac{1}{4}d_S\right)T_A+\frac{1}{2r}d_S T_B\right] \quad \ldots\ldots (1)$$

e: تمثل الطاقة الحرارية المارة خلال وحدة المساحة في وحدة الزمن ($W/m^2.^0C$) وتحسب من العلاقة الآتية:-

$$H=IV=\pi r^2 e(T_A+T_B)+2\pi re\left[d_A T_A+d_S\frac{1}{2}(T_A+T_B)+d_B T_B+d_C T_C\right].....(2)$$

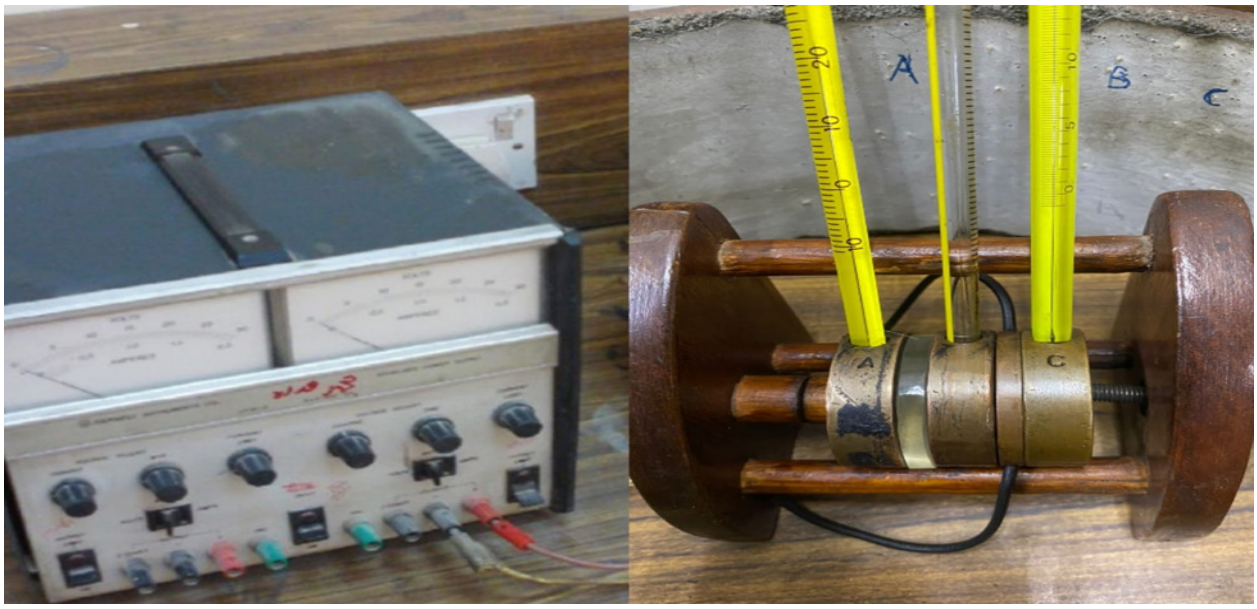
$H$: المعدل الزمني للطاقة الحرارية المتولدة في الملف.

$T_C, T_B, T_A$ : تمثل درجة حرارة الأقراص $C, B, A$ على التوالي $(°C)$.

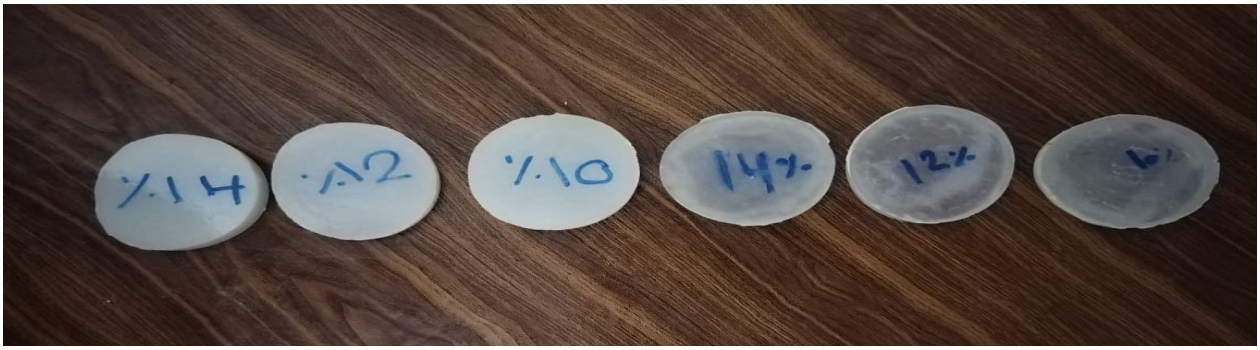
$d_C, d_B, d_A$ : تمثل سُمك الأقراص النحاسية $(C, B, A)$ $(mm)$.

$d_S$ : سُمك النموذج $(mm)$. ، $V$: الفولتية المجهزة للدائرة (Volt).

$I$ : التيار المار في الدائرة (Amp). ، $r$ : نصف قطر الأقراص النحاسية وكذلك نصف قطر العينة.



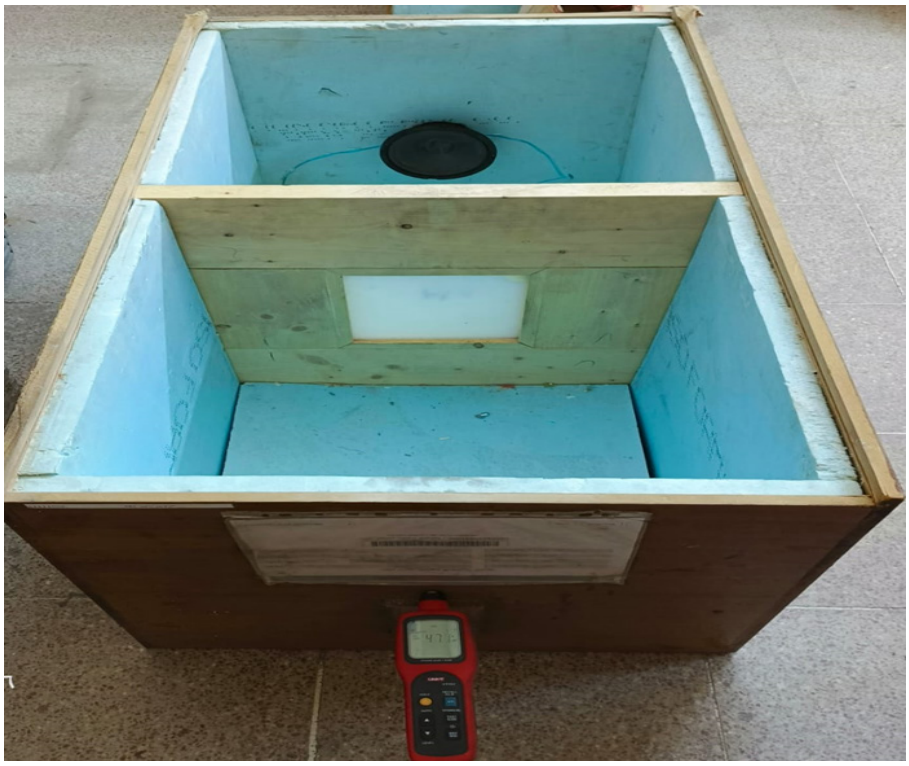

الشكل (2) جهاز قرص لي.




الشكل(3) يظهر عينات التوصل الحراري.

### 2.3 اختبار العزل الصوتي
### Sound Insulation Test Results

تم إجراء اختبار العزل الصوتي وفقًا للمواصفة القياسية (ASTM E-336). وقد استُخدمت العينات في حالتها المصبوبة (قبل التقطيع كما هو موضح في الشكل 1) لاختبار انتقال الصوت، يتكوَّن الجهاز المستخدم من صندوق خشبي مستطيل مبطن بطبقة من رغوة البولي يوريثان العازلة، ويثبت مولد الموجات في مركز أحد جوانب الصندوق حيث يُنتج الموجات الصوتية التي تنتقل داخل الصندوق مرورًا بالعينة المثبتة في منتصفه يُمتص جزء من الموجات الصوتية داخل العينة بينما ينتقل الجزء الآخر عبرها إلى مكبر الصوت، وتعتمد شدة الصوت المنتقل عبر العينة على قدرة المادة على العزل الصوتي ويُعرض الجهاز المستخدم في الشكل (4)، حيث يبدأ توليد الصوت بتردد 100Hz، ويتم زيادته تدريجيًا حتى يصل إلى 10000 Hz في البداية، تم قياس شدة الصوت عند كل زيادة بمقدار 100 Hz، ثم أصبحت تُقاس كل 1000 Hz بعد تجاوز تردد 1000 Hz.



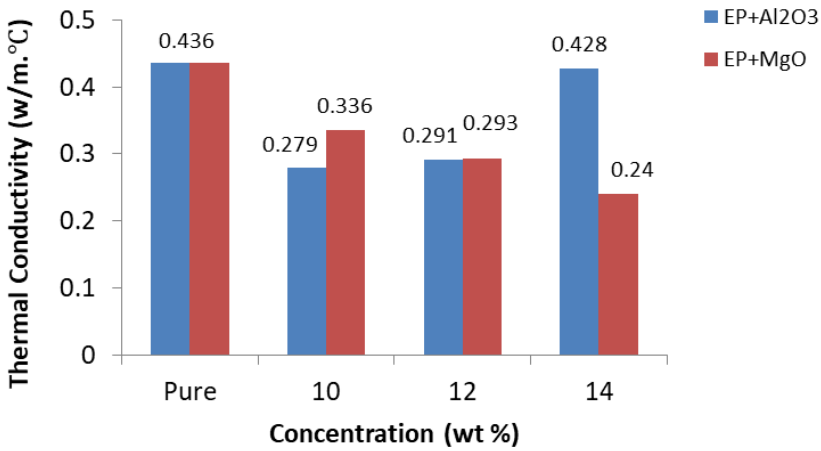
الشكل (4) يظهر جهاز اختبار العزل الصوتي.

## 4. النتائج والمناقشة Results and discussion

### 1.4 نتائج فحص التوصيلية الحرارية
### Thermal Conductivity Test Results

تم حساب التوصيلية الحرارية للايبوكسي النقي والمدعم بالدقائق السيراميكية ($Al_2O_3$،MgO) وبنسب وزنية (Wt%10,12 14,) باستخدام طريقة قرص لي (Lee' s Disk method)، ومن خلال الشكل (5) نلاحظ ان قيمة معامل التوصيل الحراري (K) للايبوكسي النقي هي ( 0.436 .W/m) وعند إضافة الدقائق السيراميكية لوحظ انخفاض ولمعظم

المتراكبات المدروسة فعند التدعيم بدقائق $Al_2O_3$ لوحظ أن معامل التوصيل الحراري بدأ بالارتفاع تدريجيًا بزيادة نسبة التدعيم من 0٪ Wt1 إلى ٪ Wt14، حيث ارتفع من (0.279 W/m·°C) إلى (0.428 W/m·°C) إلا أن القيم بقيت أقل من الإيبوكسي النقي ويمكن تفسير ذلك بأن إضافة جسيمات $Al_2O_3$ إلى مصفوفة الإيبوكسي تؤدي في البداية الى حدوث تكتلات وتكوّن الكُتل النانوية والميكروية مما يؤدي إلى توزيع غير متجانس للجسيمات داخل الإيبوكسي وتفصل مادة الإيبوكسي بين هذه الكُتل مما يمنع تكوّن مسارات حرارية متصلة وبالتالي يؤدي إلى انخفاض في التوصيل الحراري وتوزيع غير منتظم للحرارة [17]، ومع زيادة النسبة إلى (٪ Wt14) يبدأ المتراكب في الترابط المتشابك بين جسيمات $Al_2O_3$ وتكوين شبكة أكثر ترابطاً من الجسيمات الموصلة حراريًا مما يحسّن مسارات انتقال الحرارة داخل المصفوفة [18]، ومع ذلك لا تصل قيمة التوصيل إلى مستوى الإيبوكسي النقي وهو ما قد يُعزى إلى بقاء بعض العوائق الهيكلية مثل التشتت غير المثالي أو وجود بعض الفراغات والتي تحد من الانتقال الحراري الكامل، خصوصاً أن انتقال الحرارة في البوليمرات يتم بشكل أساسي من خلال الفونونات ويمكن أن تؤدي العوائق الهيكلية إلى الحد من نقل الفونون [19]، في المقابل عند إضافة دقائق MgO اظهر انخفاضاً كبيراً عند نفس نسب الإضافة حيث بلغت قيمة معامل التوصيل الحراري عند النسبة الوزنية (10 ٪Wt) (0.336 W/m·°C) ومع زيادة نسب التدعيم الى (٪Wt 12) و(٪Wt 14) انخفضت القيمة (0.293 W/m·°C) و(0.240 W/m·°C) على التوالي، ويعزى السبب في ذلك الى الاهتزازات الهيكلية حيث تعتمد الموصلية الحرارية في الراتنجات على مجموعة من العوامل ومن أبرزها توجيه الجزيئات، حجم البلورات، ومستوى النقاوة ونظرًا لافتقار الراتنجات إلى الإلكترونات الحرة التي تلعب دورًا رئيسيًا في نقل الحرارة، فإن انتقال الحرارة فيها يعتمد بشكل أساسي على الاهتزازات الهيكلية داخل بنيتها الجزيئية وعند إضافة الحشوات إلى الراتنج سوف تعمل الحشوات المضافة على إعاقة حركة الاهتزازات داخل البنية الجزيئية مما يؤدي إلى انخفاض في قيمة الموصلية الحرارية للمادة، اضافة إلى أن أوكسيد المغنيسيوم يتميز بانخفاض موصليته الحرارية نظراً لطبيعته كأحد الأكاسيد السيراميكية ضعيفة التوصيل للحرارة [20]، والجدول (3) يوضح قيم معامل التوصيل الحراري للايبوكسي النقي والمدعم بالدقائق السراميكية $Al_2O_3$ و MgO مع النسب الوزنية.




الشكل (5)
يظهر تغير معامل التوصيل الحراري مع النسب الوزنية.

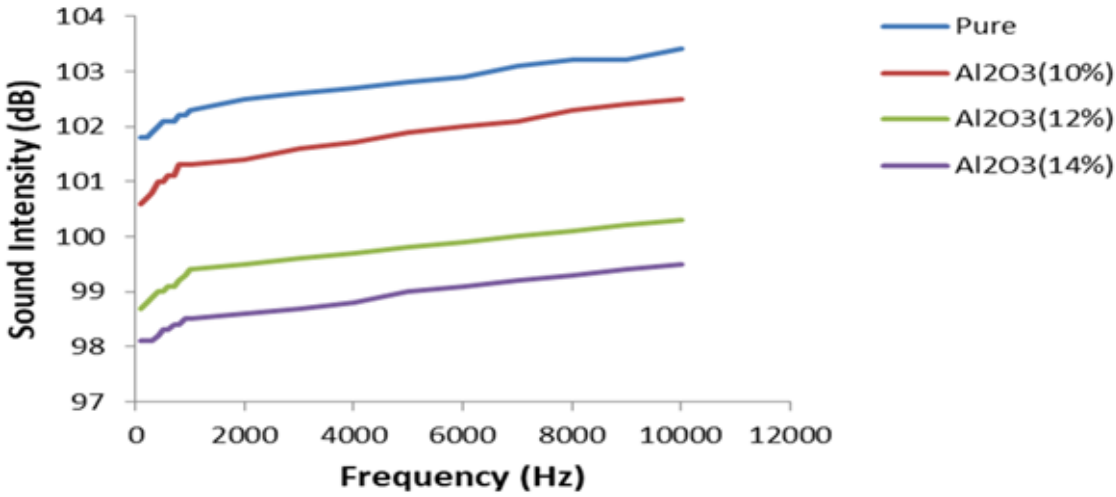
الجدول (3) يوضح قيم معامل التوصيل الحراري مع النسب الوزنية.

| Concentration (wt%) | Thermal Conductivity (K) (w/m.°C) | |
|---|---|---|
| | EP+$Al_2O_3$ | EP+MgO |
| Pure | 0.436 | 0.436 |
| 10 | 0.279 ± 0.012021 | 0.336 ± 0.012020 |
| 12 | 0.291 ± 0.012728 | 0.293 ± 0.059396 |
| 14 | 0.428 ± 0.040305 | 0.240 ± 0.013435 |

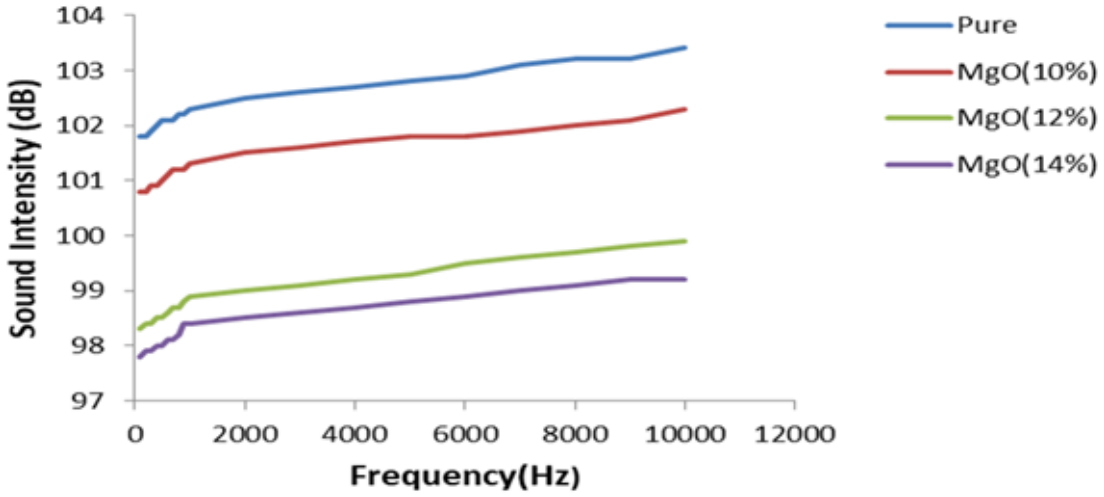
### 2.4 نتائج اختبار العزل الصوتي
### Results Sound Insulation Test

يبدأ الاختبار بترددات منخفضة 100 Hz وتزداد بمقدار ثابت 100Hz لكل قراءة حتى تصل إلى 1000Hz وبعدها يصبح التزايد بمقدار 1000Hz لكل قراءة، وتم رسم شدة الصوت لجميع العينات مقابل مدى من الترددات (100 Hz–10000) وفي نطاق الترددات المنخفضة أقل من 1000Hz تبقى شدة الصوت منخفضة ثم تبدأ بالارتفاع تدريجياً وتستقر مع زيادة التردد، ومن خلال الشكل (6) (7) الذي يوضح العلاقة بين شدة الصوت والترددات المرسلة عبر عينة الايبوكسي النقي وكذلك للمدعم بكل من $Al_2O_3$ و MgO على التوالي، اذ نلاحظ من خلال الشكلين عند مقارنة نتائج الإيبوكسي النقي (غير المدعَّم) مع الإيبوكسي المدعَّم في نطاق الترددات المدروسة نلاحظ أن شدة الصوت التي تمر عبر الإيبوكسي النقي أعلى من تلك التي تمر عبر العينات المدعَّمة، حيث تبدا العينة النقي (غير المدعمة) بأعلى شدة صوت (101.8 dB) وتستمر في الزيادة تدريجياً مع التردد لتصل الى (103.4 dB) عند (10000 Hz) وعند إضافة أكسيد الالمنيوم $Al_2O_3$ الى الايبوكسي تحسن العزل الصوتي بشكل واضح حيث انخفضت شدة الصوت مع زيادة النسبة الوزنية وسجلت النسبة (14 Wt٪) اقل شدة صوت مسجلة حيث انخفضت الى (98.1 dB) عند تردد (100 Hz) ومع زيادة التردد ازدادت بشكل تدريجي لتصل الى (99.5 dB) عند (10000 Hz) الانها تبقى اقل شدة مسجلة مقارنةً بنسب التدعيم الأخرى وكذلك العينة النقي، اما في حالة إضافة أكسيد المغنيسيوم MgO الى الايبوكسي فقد أظهرت النتائج سلوكاً مماثلاً لما لوحظ في حالة $Al_2O_3$ اذ انخفضت شدة الصوت مع زيادة النسبة الوزنية وسجلت قيماً اقل مقارنة بالعينة الغير مدعمة، وسجلت النسبة (14 Wt٪) اقل شدة صوت مسجلة حيث انخفضت الى (97.8 dB) عند تردد (100 Hz) ومع زيادة التردد ازدادت بشكل تدريجي لتصل الى (99.2 dB) عند (10000 Hz) ويعزى سبب التحسن في العزل الصوتي للعينات المدعمة الى الدور الفعال الذي تؤدي الدقائق السيراميكية حيث تعمل مواد التدعيم كمراكز لتشتيت الطاقة الصوتية المارة عبر العينة مما يجعل العينة أكثر عزلاً صوتياً من خلال إبطاء انتقال الطاقة الصوتية داخلها وبالتالي تقليل من انتقال الطاقة الصوتية إلى الجانب الآخر من

العينة [21]، بألاضافة الى ذلك يلعب الاحتكاك الناتج بين الموجات الصوتية والبنية الداخلية للمركب دوراً فعالاً في تقليل طاقة الموجة الصوتية إلى نسبة بسيطة من طاقتها الأصلية علاوة على ذلك تلعب نعومة جسيمات التعزيز دورًا مهمًا حيث تهتز الجسيمات الدقيقة بسهولة أكبر وفقًا للموجات الصوتية مما يسهم في حدوث تخميد فعال للطاقة الصوتية، وكذلك يساهم التوزيع المتجانس للدقائق داخل الايبوكسي في زيادة الانعكاس والتبعثر والامتصاص لطاقة الموجة الصوتية [22]، والجدول(4) يوضح قِيَم شدة الصوت للإيبوكسي النقي والمُعزَّز $Al_2O_3$ و MgO مع تغير النسبة الوزنية للتدعيم والتردد.




الشكل (6) يظهر تغير شدة الصوت للموجات الصوتية المارة خلال الإيبوكسي النقي والمُعزَّز ($Al_2O_3$).




الشكل (7) يظهر تغير شدة الصوت للموجات الصوتية المارة خلال الإيبوكسي النقي والمُعزَّز (MgO).

الجدول (4) يوضح قِيَم شدة الصوت للإيبوكسي النقي والمُعزَّز $Al_2O_3$ و MgO
مع تغير النسبة الوزنية للتدعيم والتردد.

| Frequency (Hz) | Pure | $Al_2O_3$ (10%) | $Al_2O_3$ (12%) | $Al_2O_3$ (14%) | MgO (10%) | MgO (12%) | MgO (14%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 101.8 | 100.6 | 98.7 | 98.1 | 100.8 | 98.3 | 97.8 |
| 200 | 101.8 | 100.7 | 98.8 | 98.1 | 100.8 | 98.4 | 97.9 |
| 300 | 101.9 | 100.8 | 98.9 | 98.1 | 100.9 | 98.4 | 97.9 |
| 400 | 102 | 101 | 99 | 98.2 | 100.9 | 98.5 | 98 |
| 500 | 102.1 | 101 | 99 | 98.3 | 101 | 98.5 | 98 |
| 600 | 102.1 | 101.1 | 99.1 | 98.3 | 101.1 | 98.6 | 98.1 |
| 700 | 102.1 | 101.1 | 99.1 | 98.4 | 101.2 | 98.7 | 98.1 |
| 800 | 102.2 | 101.3 | 99.2 | 98.4 | 101.2 | 98.7 | 98.2 |
| 900 | 102.2 | 101.3 | 99.3 | 98.5 | 101.2 | 98.8 | 98.4 |
| 1000 | 102.3 | 101.3 | 99.4 | 98.5 | 101.3 | 98.9 | 98.4 |
| 2000 | 102.5 | 101.4 | 99.5 | 98.6 | 101.5 | 99 | 98.5 |
| 3000 | 102.6 | 101.6 | 99.6 | 98.7 | 101.6 | 99.1 | 98.6 |
| 4000 | 102.7 | 101.7 | 99.7 | 98.8 | 101.7 | 99.2 | 98.7 |
| 5000 | 102.8 | 101.9 | 99.8 | 99 | 101.8 | 99.3 | 98.8 |
| 6000 | 102.9 | 102 | 99.9 | 99.1 | 101.8 | 99.5 | 98.9 |
| 7000 | 103.1 | 102.1 | 100 | 99.2 | 101.9 | 99.6 | 99 |
| 8000 | 103.2 | 102.3 | 100.1 | 99.3 | 102 | 99.7 | 99.1 |
| 9000 | 103.2 | 102.4 | 100.2 | 99.4 | 102.1 | 99.8 | 99.2 |
| 10000 | 103.4 | 102.5 | 100.3 | 99.5 | 102.3 | 99.9 | 99.2 |

## 5. الاستنتاجات Conclusions

بعد إجراء البحث والدراسة حول تأثير إضافة المواد السيراميكية ($Al_2O_3$ و MgO) إلى راتنج الإيبوكسي وتقييم انعكاسها على خواص العزل الحراري والصوتي، تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1. أدى إضافة دقائق $Al_2O_3$ الى زيادة التوصيل الحراري (K) مع زيادة النسبة الوزنية الانها تبقى اقل من الايبوكسي النقي في حين أدى إضافة دقائق MgO الى انخفاض معامل التوصيل الحراري مع زيادة النسب الوزنية.

2. أدى إضافة المواد السيراميكية $Al_2O_3$ و MgO

الى تحسن العزل الصوتي مع زيادة النسبة الوزنية لمواد التدعيم وكانت اعلى قيمة عند النسبة 14 Wt٪.

## 6. المصادر References

[1] A. P. Chatzimichali and K. D. Potter, From composite material technologies to composite products: a cross-sectorial reflection on technology transitions and production capability, Translational Materials Research **2**, 026001 (2015).

[2] E. M. Hadi, B. Hosni, and R. Alwan, Study of Some Mechanical Properties for Composite Material Reinforced with Ribbon, Study of Some Mechanical Properties for Composite Material Reinforced with Ribbon **15**, 693 (2009).

[3] S. Bello, J. Agunsoye, S. Hassan et, al, and M. Z. Kana, Epoxy resin based composites, mechanical and tribological properties: A review, Tribology in Industry **37**, 500 (2015).

[4] J. Parameswaranpillai, J. A. Gopi, M. Chavali, C. Midhun Dominic, S. Radoor, A. Jayakumar, S. Siengchin, S. M. Rangappa, S. Krishnasamy, and N. Hameed, Advances in Epoxy/Synthetic/Natural Fiber Composites, in Handbook of Epoxy/Fiber Composites (Springer, 2022), pp. 1093–1120.

[5] V. K. Thakur, M. K. Thakur, and R. K. Gupta, Hybrid Polymer Composite Materials: Structure and Chemistry (Woodhead publishing, 2017).

[6] C. Hongzhen, Y. Keyan, and Y. Weiming, Effects of calcium carbonate on preparation and mechanical properties of wood/plastic composite, International Journal of Agricultural and Biological Engineering **10**, 184 (2017).

[7] A. Pradeep and T. Rameshkumar, Review on centrifugal casting of functionally graded materials, Materials Today: Proceedings **45**, 729 (2021).

[8] A. A. Ibrahim and M. F. Hassan, Study the mechanical properties of epoxy resin reinforced with silica (quartz) and alumina particles, Iraqi Journal of Mechanical and Material Engineering **11**, (2011).

[9] W. D. Callister and D. G. Rethwisch, Fundamentals of Materials Science and Engineering: SI Version (John Wiley & Sons, 2022).

[10] W. Zhou, Y. Wang, F. Kong, W. Peng, Y. Wang, M. Yuan, X. Han, X. Liu, and B. Li, Advances in liquid crystal epoxy: molecular structures, thermal conductivity, and promising applications in thermal management, Energy & Environmental Materials **7**, e12698 (2024).

[11] Z. Han and A. Fina, Thermal conductivity of carbon nanotubes and their polymer nanocomposites: A review, Progress in Polymer Science **36**, 914 (2011).

[12] P.-S. Shin, J.-H. Kim, K. L. DeVries, and J.-M. Park, Manufacturing and qualitative properties of glass fiber/epoxy composite boards with added air bubbles for airborne and solid-borne sound insulation, Composites Science and Technology **194**, 108166 (2020).

[13] J. Mago, Sunali, A. Negi, J. S. Bolton, and S. Fatima, Sound Insulation: Key Concepts and Technologies, Handbook of Vibroacoustics, Noise and Harshness 1 (2024).

[14] H. H. Thanon, Effect of Temperature on Mechanical and Thermal Properties of Polyester Matrix Reinforced by Ordinary Glass Powder, Rafidain Journal of Science **24**, (2013).

[15] W. Bolton, Engineering Materials Technology (Elsevier, 2013).

[16] A. I. Al-Mosawi, Effect of reinforcing by MgO particles on thermal and mechanical characteristics of epoxy resin, The Iraqi Journal for Mechanical and Material Engineering **11**, (2011).

[17] Z. Pan, Y. Liu, F. Wang, G. Lu, F. Yang, and F. Cheng, Al2O3 Dispersion-Induced micropapillae in an epoxy composite coating and implications in thermal conductivity, ACS Omega **6**, 17870 (2021).

[18] X. Zeng, Z. Zhang, Y. Pan, Y. Zhang, and L. Hou, Epoxy-based composites with enhanced thermal properties through collective effect of different particle size fillers, Polymers and Polymer Composites **30**, 09673911221106686 (2022).

[19] L. D. Mathews and N. Hameed, Fundamentals of Thermal Conductivity in the Epoxy Polymer Network, in Multifunctional Epoxy Resins: Self-Healing, Thermally and Electrically Conductive Resins (Springer, 2023), pp. 277–293.

[20] A. Al-Mosawi, Improvement Thermal Insulation of Araldite Resin (AY103) by Using Ceramic, Vol. special Issue for 2nd scientific conference, engineering college, Babylon university, Iraq , 24-25 March (2010).

[21] Z. Ahmed, A. I. Kadim, and M. M. Rahman, The Effect of Palm Fronds Waste Ash Particulate on the Mechanical, Thermal and Acoustic Insulation Features of Polymeric Composites, Ibn AL-Haitham Journal For Pure and Applied Sciences **37**, 236 (2024).

[22] R. M. Salih, Study of heat and sound insulation for polymeric composites reinforced with nano clay, Polymers and Polymer Composites **29**, S1216 (2021).