



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة ديالى  
كلية العلوم  
قسم الفيزياء

## تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية لمترابكات بوليمرية مدعمة بجسيمات نانوية

رسالة مقدمة الى  
مجلس كلية العلوم – جامعة ديالى وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في  
علوم الفيزياء

قدمتها

**حنين مهدي حسن**

بكالوريوس علوم فيزياء 2016 م

بإشراف

**أ.د. صباح أنور سلمان**

2020 م

١٤٤٢ هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالُوا سُبْحَانَكَ لَا عِلْمَ لَنَا إِلَّا مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ

أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ ﴿٣٢﴾

سورة البقرة: الآية 32





(الله عز وجل)

إلى... صاحب الفضل الأول والآخر.

إلى... منارة العلم إلى الامي الذي علم المتعلمين الى سيد الخلق اجمعين.

(رسولنا الكريم محمد (صلى الله عليه وسلم))

إلى... الارض التي احتضنت الانبياء والاولياء والعلماء...الى الارض التي لأجل العيش فيها دفعنا الدماء تلو الدماء.

(بلدي العراق)

إلى... التي رأني قلبها قبل عينيها الى الظل الذي كنت أوى اليه كل حين الى التي كانت ريحانة الدار وسندسها.

(أمي رحمها الله)

(أبي)

إلى... قوتي الاولى ونبراسي الذي ينير دربي الى من رفعت رأسي عالياً افتخاراً به.

إلى... رفيق دربي الى من سار معي نحو الحلم خطوة بخطوة بذرناها معاً وحصدناها معاً وسنبقى معاً بأذن الله جزاك الله خيراً.

(زوجي)

إلى... إلى من أرى فيها حلاوة النجاح وفي ابتسامتها نزول الهموم والصعاب إلى مستقبلي ومن يحمل أفكارى واول فرحتي.

(أبنتي ألمها)

إلى... من أرى التفاؤل في أعينهم والسعادة في ضحكتهم الى الوجوه المفعمة بالبراءة ولمحبتكم ازهرت ايامي وتفتحت براعم الغد.

(اخوتي واخواتي)

(أساتذتي الافاضل)

إلى... اليد التي ساعدتني.

إلى... كل من يفكر ويبحث للإرتقاء بالعلم في كل مكان.

أهدي إليكم ثمرة جهدي المتواضع

## شكر وامتنان

الحمد لله الأول قبل الإنشاء والإحياء، والآخر بعد فناء الأشياء العليم الذي لا ينسى من ذكره، ولا ينقص من شكره، ولا يخيب من دعاه، ولا يقطع رجاء من رجاه باسم من جعلتهم لنا مشكاة لهدينا نشكره ونحمده الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله.

وأنا انهي إرساء دعائم هذا البحث أجد نفسي مدينة بالشكر الجزيل والامتنان إلى المشرف على رسالتي الأستاذ الفاضل (الأستاذ الدكتور صباح أنور سلمان) لأنه كان خير عون لي بان أرشديني إلى أن اسلك الطرق الميسرة لإيصال بحثي إلى بر الأمان بدءاً من اقتراح موضوع البحث مروراً بالتوجيه والمتابعة إثناء فترة البحث وأخيراً بوضع المسات الأخيرة لإتمام متطلبات البحث دون توان أو تقصير فأكرر لك شكري وارجوا إن أكون عند حسن الظن في هذا المجال العلمي الرائع.

ويطيب لي أن أتقدم بشكري وعرفاني الى أساتذتي الأفاضل في كلية العلوم/قسم الفيزياء/جامعة ديالى والى عمادة كلية العلوم لإتاحتهم فرصة أكمل دراستي ودعمهم المتواصل طول مدة الدراسة وعرفاناً مني بالجميل اتقدم بفائق شكري وامتناني الى السيد رئيس القسم (أ.د. زياد طارق خضير) واساتذتي الافاضل جميعاً في القسم ذاكراً منهم (أ.د. نبيل علي بكر، أ. أسعد احمد كامل، أ.م.د. عمار عايش حبيب، أ.م. هند وليد عبدالله) لإبدائهم المساعدة والعون المستمر.

واقدم جزيل الشكر والامتنان الى موظفي مكتبة الكلية في القسم لما ابده من مساعدة في استعارة الكتب والاطاريج طول مدة البحث. ومن الوفاء تقديم أعمق آيات الشكر والتقدير لأفراد أسرتي وزوجي لما عانوه معي طيلة الدراسة وإعداد هذه الرسالة ووقوفهم معي وشدهم من أزري فجزاهم الله خير الجزاء وابقاهم لي خير سند.

كما أتقدم بالشكر الجزيل والامتنان العميقين الى خالي (أ.د. حميد صالح حماد) /كلية الزراعة-جامعة ديالى لما قدمه لي من نصح ومشورة ودعم معنوي طيلة مدة الدراسة راجية له من الباري دوام التوفيق.

واخيراً اتقدم بخالص الشكر والثناء والاحترام إلى زملائي طلبة الدراسات العليا واتمى لهم مزيداً من التآلق والنجاح والى كل من أفادني ولو بلفظة أسأل الله ان يوفق الجميع.

## الخلاصة

تم في هذه البحث دراسة تأثير اضافة دقائق نانوية متمثلة بـ (أوكسيد المغنيسيوم (MgO)، أو أكسيد الزركونيوم ( $ZrO_2$ ))، أو أكسيد النحاس (CuO)) الى راتنج الايبوكسي كمادة أساس، فضلاً عن تصنيع مترابكات هجينة من الدقائق النانوية المذكورة والمتمثلة بـ ( $CuO/ZrO_2$ ,  $MgO/ZrO_2$ ) باعتماد راتنج الايبوكسي كمادة أساس أيضاً. وقد تم استعمال طريقة التشكيل اليدوي لتصنيع مترابكات من راتنج الايبوكسي والدقائق النانوية بنسب وزنية مختلفة (0.3, 0.6, 0.9 wt%)، تم إجراء الاختبارات الميكانيكية و الفحوصات الحرارية والكهربائية (العزلية) للمترابكات المحضرة كافة.

أظهرت نتائج اختبار الصدمة ان زيادة النسبة الوزنية لمواد التدعيم تزيد من قيمة متانة الصدمة للأيبوكسي النقي وان اعلى قيمة لمتانة الصدمة هي للمترابك ( $EP-ZrO_2$ ) والتي تساوي ( $19.59 \text{ KJ/m}^2$ ). أما نتائج اختبار الصلادة فقد أظهرت ان صلادة الايبوكسي النقي تزداد بزيادة النسبة الوزنية لمواد التدعيم وان اعلى قيمة للصلادة هي للمترابك ( $EP-MgO$ ) والتي تساوي (84.3). بينما أظهرت نتائج اختبار الانحناء (ثلاثي النقاط) ان زيادة النسبة الوزنية لمواد التدعيم تؤدي إلى زيادة الانحراف وقيمة إجهاد الكسر إذ ظهرت أعلى قيمة لأجهاد الكسر عند المترابك الهجين ( $EP-MgO/ZrO_2$ ) والتي تساوي (4307.79 MPa).

تمت ايضاً دراسة تأثير النسبة الوزنية لمواد التدعيم على الخصائص الحرارية للمترابكات البوليمرية كافة، وأظهرت النتائج العملية بأن معامل التوصيل الحراري للمترابكات البوليمرية كافة يسلك سلوكاً غير منتظم بالمقارنة مع الأيبوكسي النقي بزيادة النسبة الوزنية لمواد التدعيم. وان فحص المسعر الحراري التفاضلي (DSC) أظهر بان درجة الانتقال الزجاجي للمترابكات البوليمرية كافة تزداد عند كافة النسب الوزنية لمواد التدعيم بالمقارنة مع الأيبوكسي النقي وان اعلى قيمة لدرجة الانتقال الزجاجي هي للمترابك ( $EP-ZrO_2$ ) والتي تساوي ( $89.97 \text{ }^\circ\text{C}$ )، وكذلك ان درجة الانصهار البلورية للمترابكات البوليمرية كافة أبدت سلوكاً غير منتظم بالمقارنة مع الأيبوكسي النقي مع زيادة النسبة الوزنية لمواد التدعيم.

وتمت دراسة تأثير النسبة الوزنية لمواد لتدعيم على الخصائص الكهربائية (العزلية) للمترابكات البوليمرية كافة، واظهرت النتائج العملية نقصان ثابت العزل الكهربائي مع زيادة التردد ولكافة النسب الوزنية لمواد التدعيم، وكذلك زيادة ثابت العزل الكهربائي مع زيادة النسبة الوزنية لمواد التدعيم عند التردد نفسه.

# المحتويات

الصفحة	الموضوع	الترتيب
	الخلاصة	
I-II	المحتويات	
III-IV	قائمة الرموز	
V	قائمة الجداول	
VII-IX	قائمة الأشكال	
<b>الفصل الأول (المقدمة والدراسات السابقة)</b>		
1	المقدمة	(1-1)
4	تطور المواد المترابطة	(2-1)
6	الدراسات السابقة	(3-1)
10	الهدف من الدراسة	(4-1)
<b>الفصل الثاني (الجزء النظري)</b>		
11	المقدمة	(1-2)
11	المفاهيم الأساسية للبوليمرات	(2-2)
14	تصنيف البوليمرات	(3-2)
19	المواد المترابطة	(4-2)
19	مكونات المواد المترابطة	(5-2)
20	المادة الأساسية	(1-5-2)
20	راتنجات الايبوكسي	(1-1-5-2)
21	خصائص راتنجات الايبوكسي	(2-1-5-2)
22	تطبيقات راتنجات الايبوكسي	(3-1-5-2)
22	مواد التقوية	(2-5-2)
22	المواد النانوية	(1-2-5-2)
23	أوكسيد المغنيسيوم	(2-2-5-2)
25	أوكسيد الزركونيا	(3-2-5-2)
26	أوكسيد النحاس	(4-2-5-2)
28	تصنيف المواد المترابطة	(6-2)
34	العوامل المؤثرة في خصائص المواد المترابطة المدعمة بالدقائق	(7-2)
34	حجم الحبيبة	(1-7-2)
34	شكل الدقائق	(2-7-2)
35	المترابطة الهجينة	(8-2)
36	قاعدة الخلائط	(9-2)
38	الخصائص الميكانيكية	(10-2)

38	إختبار الصدمة	(1-10-2)
41	إختبار الصلادة	(2-10-2)
43	إختبار الانحناء	(3-10-2)
45	الخصائص الحرارية	(11-2)
45	التوصيلية الحرارية في البوليمرات	(1-11-2)
48	درجة الانتقال الزجاجي	(2-11-2)
49	درجة الانصهار البلورية	(3-11-2)
49	الخصائص الكهربائية (العزلية)	(12-2)
<b>الفصل الثالث (الجزء العملي)</b>		
57	المقدمة	(1-3)
57	المواد المستعملة	(2-3)
57	مادة الاساس	(1-2-3)
58	مواد التدعيم	(2-2-3)
59	تحضير العينات	(3-3)
61	تقنية التقطيع	(4-3)
68	الاختبارات (الفحوصات) والاجهزة المستخدمة	(5-3)
68	جهاز اختبار الصدمة	(1-5-3)
69	جهاز اختبار الصلادة	(2-5-3)
69	جهاز اختبار الانحناء	(3-5-3)
70	جهاز فحص التوصيلية الحرارية	(4-5-3)
71	جهاز المسعر الحراري التفاضلي	(5-5-3)
72	جهاز الفحص الكهربائي (العزلي)	(6-5-3)
<b>الفصل الرابع (النائب والمنافسة والاستنتاجات)</b>		
74	المقدمة	(1-4)
74	الخصائص الميكانيكية	(2-4)
74	أختبار الصدمة	(1-2-4)
76	إختبار الصلادة	(2-2-4)
78	إختبار الانحناء	(3-2-4)
86	الخصائص الحرارية	(3-4)
86	معامل التوصيل الحراري	(1-3-4)
88	درجة الانتقال الزجاجي	(2-3-4)
89	درجة الانصهار البلورية	(3-3-4)
93	الخصائص الكهربائية (العزلية)	(4-4)
93	ثابت العزل الكهربائي	(1-4-4)
96	الاستنتاجات	(4-5)
97	التوصيات والإعمال المستقبلية	(4-6)



قائمة الرموز

وحدة القياس	المعنى	الرمز
gm/cm <sup>3</sup>	كثافة المادة المترابكة	$\rho_c$
%	الكسر الوزني	V
%	الكسر الوزني للعنصر	V <sub>n</sub>
%	الكسر الحجمي لكل من المادة الاساس والتدعيم على التوالي	V <sub>p</sub> , V <sub>m</sub>
gm/cm <sup>3</sup>	الكثافة لكل من المادة المترابكة والاساس والتدعيم على التوالي	$\rho_p, \rho_m, \rho_c$
gm	وزن كل من المادة المترابكة ومادة الاساس ومادة التدعيم على التوالي	W <sub>p</sub> , W <sub>m</sub> , W <sub>c</sub>
MPa	معامل مرونة	E
KJ/m <sup>2</sup>	طاقة الكسر	U
m <sup>2</sup>	مساحة المقطع	A
Kg	كتلة الثقل	m
m/sec <sup>2</sup>	التعجيل الارضي	g
m	مسافة السقوط	h
mm	طول العينة	L
mm <sup>4</sup>	عزم الانحناء الهندسي	I <sub>B</sub>
mm	عرض العينة	b
mm	سمك العينة	d
N	اقصى حمل مسلط قبل الكسر	P
N/mm <sup>2</sup>	أقصى إجهاد قص يحدث في المستوى المتعادل عند مركز العينة	$\tau_{max}$
J	كمية الحرارة المنتقلة	Q
W/K.m	معامل التوصيل الحراري	k
°C	تمثل درجة حرارة القرص (A, B and C)	T <sub>A</sub> , T <sub>B</sub> , T <sub>C</sub>
W.m <sup>2</sup> /K	كمية الطاقة	e
m	نصف قطر القرص	r
Volt	فرق الجهد الكهربائي	v
Ampere	التيار الكهربائي المار في ملف المسخن	I
Farad	سعة المتسعة	C
°C	درجة الانتقال الزجاجي	T <sub>g</sub>
°C	درجة الانصهار البلورية	T <sub>m</sub>
Coulombs	الشحنة المخزونة	q <sub>i</sub>
Farad/m	سماحية الفراغ	$\epsilon_0$

<b>m</b>	المسافة بين اللوحين	<b>d<sub>dis</sub></b>
<b>Farad</b>	السعة بوجود الفراغ	<b>C<sub>0</sub></b>
<b>Farad/m</b>	سماحية المادة العازلة	<b>ε</b>
<b>Farad</b>	السعة بوجود العازل	<b>C'</b>
-	ثابت العزل الكهربائي	<b>ε<sub>r</sub>'</b>
-	عامل فقد العزلي	<b>ε<sub>r</sub>''</b>
-	ظل زاوية الفقد	<b>Tan δ</b>
<b>S/m</b>	التوصيلية الكهربائية للمادة	<b>σ</b>
<b>S/m</b>	التوصيلية الكهربائية المستمرة للمادة	<b>σ<sub>a.c</sub></b>
<b>S/m</b>	التوصيلية الكهربائية المتناوبة للمادة	<b>σ<sub>d.c</sub></b>
<b>V/m</b>	شدة المجال الكهربائي المسلط	<b><math>\vec{E}</math></b>
-	الاستقطابية الإلكترونية	<b>α<sub>e</sub></b>
-	الاستقطابية الأيونية	<b>α<sub>i</sub></b>
-	الاستقطابية الاتجاهية	<b>α<sub>d</sub></b>
<b>D</b>	عزم ثنائي القطب الإلكتروني	<b><math>\vec{m}_e</math></b>
<b>D</b>	عزم ثنائي القطب الأيوني	<b><math>\vec{m}_i</math></b>
<b>D</b>	عزم ثنائي القطب الاتجاهي	<b><math>\vec{m}_d</math></b>
<b>J/K</b>	ثابت بولتزمان	<b>K<sub>B</sub></b>
<b>K</b>	درجة الحرارة المطلقة الابتدائية والنهائية على التوالي	<b>T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub></b>
<b>C/m<sup>2</sup></b>	الاستقطاب الأيوني	<b><math>\vec{P}_i</math></b>
<b>C/m<sup>2</sup></b>	الاستقطاب الإلكتروني	<b><math>\vec{P}_e</math></b>
<b>C/m<sup>2</sup></b>	الاستقطاب الاتجاهي	<b><math>\vec{P}_d</math></b>
<b>C/m<sup>2</sup></b>	استقطاب الشحنة الفراغية	<b><math>\vec{P}_s</math></b>


  
**قائمة المختصرات**

المختصر	المعنى
<b>D<sub>p</sub></b>	درجة البلمرة
<b>wt%</b>	وزن المادة النانوية
<b>EP</b>	راتنج الايبوكسي
<b>MgO</b>	أوكسيد المغنيسيوم
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	أوكسيد الزركونيا
<b>CuO</b>	أوكسيد النحاس
<b>PMCs</b>	مادة متراكبة ذات اساس بوليمري
<b>MMCs</b>	مادة متراكبة ذات اساس معدني
<b>CMCs</b>	مادة متراكبة ذات اساس سيراميكي
<b>I.S</b>	متانة الصدمة
<b>ASTM</b>	المواصفات الأمريكية للأنظمة القياسية
<b>CNC</b>	ماكينة التقطيع الليزرية
<b>M/S</b>	الميل للجزء الخطي لمنحني (الحمل – انحراف) بأختبار الانحناء
<b>F.S</b>	متانة الانحناء
<b>DSC</b>	المسعر الحراري التفاضلي

  
**قائمة الجداول**  


الصفحة	العنوان	الجدول
24	بعض خصائص أكسيد المغنيسيوم (MgO)	(1-2)
26	بعض خصائص أكسيد الزركونيا ( $ZrO_2$ )	(2-2)
27	بعض خصائص أكسيد النحاس (CuO)	(3-2)
58	بعض خصائص راتج الايبوكسي المستخدم	(1-3)
59	بعض خصائص و منشأ الدقائق النانوية المستخدمة	(2-3)
76	قيم مقاومة الصدمة للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, $ZrO_2$ , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(1-4)
78	قيم الصلادة الصلادة للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, $ZrO_2$ , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(2-4)
85	قيم معامل يونك للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, $ZrO_2$ , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(3-4)
87	قيم معامل التوصيل الحراري للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, $ZrO_2$ , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(4-4)
89	قيم درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, $ZrO_2$ , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(5-4)
90	قيم درجة الانصهار البلورية ( $T_m$ ) للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, $ZrO_2$ , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(6-4)

  
**قائمة الاشكال**

الصفحة	العنوان	الشكل
3	انواع المواد المترابكة	(1-1)
13	أنواع تراكيب السلاسل البوليمرية	(2-1)
18	تصانيف البوليمرات المشتركة	(2-2)
20	الصيغة الكيميائية التركيبية للأبيوكسي	(3-2)
21	معادلات التفاعل الكيميائي لتحضير الابيوكسي السائل	(4-2)
24	التركيب البلوري لاوكسيد المغنيسيوم (MgO)	(5-2)
25	التركيب الكيميائي لاوكسيد الزركونيا (ZrO <sub>2</sub> )	(6-2)
27	التركيب البلوري لاوكسيد النحاس (CuO)	(7-2)
31	تصنيف المواد المترابكة على اساس النظام الهندسي لطور التدعيم	(8-2)
34	أمثلة مختلفة للترتيب الهندسي للمترابكات	(9-2)
38	التقوية بدقائق التنكستن وتأثيرها في معامل المرونة	(10-2)
40	مخطط جهاز اختبار الصدمة نوع جارجي	(11-2)
43	اداة الغرز بجهاز صلادة شور	(12-2)
44	جهاز إختبار الانحناء ثلاثي النقاط	(13-2)
46	انتقال الحرارة من الوجه الساخن الى الوجه البارد	(14-2)
48	مخطط جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي)	(15-2)
56	أنواع الاستقطاب: (a) الإلكتروني (b) الايوني (c) الاتجاهي (d) البيئي	(16-2)
60	ال قالب المستعمل في تصنيع العينات	(1-3)
62	صورة ماكينة التقطيع الليزرية (CNC)	(2-3)
63	صور عينات اختبار صدمة جارجي	(3-3)
63	صورة عينة الابيوكسي النقي قبل التقطيع	(4-3)
64	صور عينات اختبار الانحناء ثلاثي النقاط	(5-3)
65	صور عينات فحص التوصيلة الحرارية	(6-3)
66	صور عينات فحص المسعر الحراري التفاضلي DSC	(7-3)
66	صور عينات الفحص الكهربائي	(8-3)
67	مخطط الاختبارات والفحوصات المنجزة	(9-3)
68	صورة جهاز اختبار متانة الصدمة	(10-3)
69	صورة جهاز اختبار صلادة شور (D)	(11-3)
70	صورة جهاز إختبار الانحناء	(12-3)
71	صورة جهاز فحص التوصيلية الحرارية ( قرص لي)	(13-3)
72	صورة جهاز فحص (DSC)	(14-3)
73	صورة جهاز (LCR Metter)	(15-3)
75	مقاومة الصدمة للأبيوكسي النقي والمدعم بال دقائق النانوية (MgO, ZrO <sub>2</sub> , CuO) ينسب وزنية مختلفة	(1-4)

77	الصلادة للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, ZrO <sub>2</sub> , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(2-4)
79	منحني (الحمل – انحراف) للمترابك EP-MgO بنسب وزنية مختلفة	(3-4)
79	منحني (الحمل – انحراف) للمترابك EP-ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(4-4)
80	منحني (الحمل – انحراف) للمترابك EP-CuO بنسب وزنية مختلفة	(5-4)
80	منحني (الحمل – انحراف) للمترابك الهجين EP-CuO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(6-4)
81	منحني (الحمل – انحراف) للمترابك الهجين EP-MgO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(7-4)
81	منحني (الاجهاد – انحراف) للمترابك EP-ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(8-4)
82	منحني (الاجهاد – انحراف) للمترابك EP-ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(9-4)
82	منحني (الاجهاد – انحراف) للمترابك EP-CuO بنسب وزنية مختلفة	(10-4)
83	منحني (الاجهاد – انحراف) للمترابك الهجين EP-CuO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(11-4)
83	منحني (الاجهاد – انحراف) للمترابك الهجين EP-MgO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(12-4)
85	معامل يونك للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, ZrO <sub>2</sub> , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(13-4)
87	معامل التوصيل الحراري للايبوكسي النقي و المدعم بالدقائق النانوية (MgO, ZrO <sub>2</sub> , CuO) بنسب وزنية مختلفة	(14-4)
90	مخطط (DSC) الحراري للمترابك EP-MgO بنسب وزنية مختلفة	(15-4)
91	مخطط (DSC) الحراري للمترابك EP-ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(16-4)
91	مخطط (DSC) الحراري للمترابك EP-CuO بنسب وزنية مختلفة	(17-4)
92	مخطط (DSC) الحراري للمترابك الهجين EP-CuO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(18-4)
92	مخطط (DSC) الحراري للمترابك الهجين EP-MgO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(19-4)
94	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد للمترابك EP-MgO بنسب وزنية مختلفة	(20-4)
94	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد للمترابك EP-ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(21-4)
95	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد للمترابك EP-CuO بنسب وزنية مختلفة	(22-4)
95	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد للمترابك الهجين EP-CuO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(23-4)
96	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد للمترابك الهجين EP-MgO/ZrO <sub>2</sub> بنسب وزنية مختلفة	(24-4)



الفصل الاول

المقدمة والدراسات

السابقة

## Introduction

## (1-1) المقدمة

قد تبلور محور تركيز المصممين والمهندسين في الوقت الحاضر على الدور الفعال للمواد الهندسية التي تدخل في مختلف المجالات الصناعية، لذا تم اختيارها وتصنيعها بعمليات متعددة ومتعاقبة وفقاً لتراكيب تصميمية وإنشائية تتلاءم مع الأداء الوظيفي فضلاً عن تحليل فشلها في ذلك الأداء، إذ يسعى باحثي الهندسة الميكانيكية والمواد الإنشائية لتشكيل تراكيب ذات قوة ومتانة جديرة بالموثوقية (Structures Reliable) من حيث جمالياتها ومقاومتها للتآكل [1]. فقد لاحظ المختصون في مجال علم المواد الهندسية (كالمعادن والسيراميك و البوليمرات) وجود اختلاف في خواص المواد المتوافرة والسلوك العام الناتج عن تأثير الظروف البيئية والخدمية في الأداء الوظيفي للمواد [2].

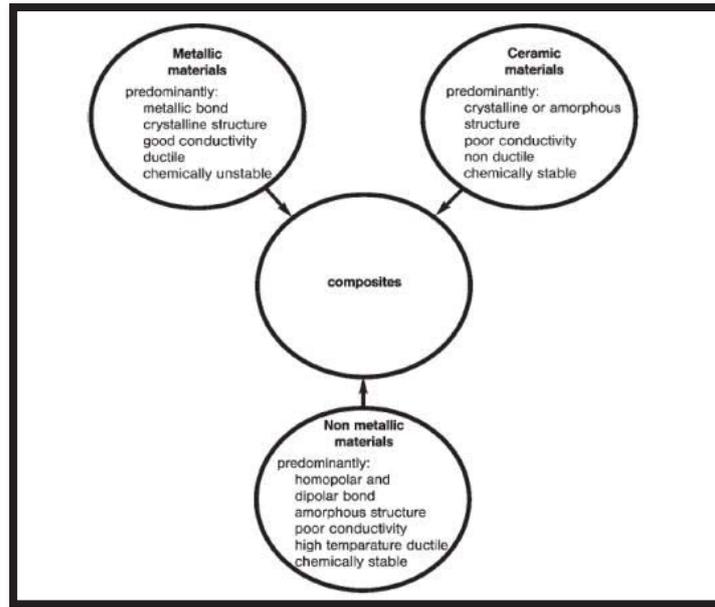
المعادن ذات كثافة عالية تتميز بتوصيلية حرارية وكهربائية جيدة مع صلادة ومطيلية ومتانة عالية ومقاومة صدمة جيدة فضلاً عن الخواص المغناطيسية كما أن المعادن لها قابلية جيدة على التشغيل والتشكيل لكن مقاومتها للتآكل الكيماوي ضعيفة. إما الزجاج والسيراميك فهي مواد لا عضوية وغير معدنية، مثل: الاوكسيدات والكاربيدات والنتريدات.... الى غير ذلك، إذ تميل المواد السيراميكية إلى أن تكون ذات توصيلية كهربائية وحرارية رديئة أي إنها مواد عازلة وتتصف بالهشاشة (Brittle) الناتجة عن انخفاض المطيلية ومن ثم انخفاض مقاومتها للصددمات. إلا إن هذه المواد تمتلك صلادةً (Hardness) وقوة انضغاط عاليتين وخمولاً كيميائياً عالياً (Chemically Inert) وبناءً على ذلك لا يستعمل السيراميك في التطبيقات الواقعة تحت تأثير الأحمال الصدمية مقارنة بالمعادن، ومع ذلك فأنها ذات مقاومة لدرجات الحرارة العالية [3].

بينما تكون البوليمرات العضوية خفيفة الوزن (Wight Light) وعموماً تمتلك درجة عالية من اللدونة مثل اللدائن [2]. كما تشمل المواد المرنة (Elastomers) على كثير من أنواع اللواصق التي يتم إنتاجها بتصنيع تراكيب جزيئية كبيرة من جزيئات عضوية بعملية تعرف بالبلمرة (Polymerization)، إذ إن مصطلح المواد المرنة يطلق على البوليمرات التي تسمح بتراكيبها بالاستطالة والعودة إلى الشكل الأصلي بعد زوال الحمل المؤثر، إذ تتميز البوليمرات بشكلها العام بانخفاض التوصيلية الكهربائية والحرارية لذا تستعمل بوصفها عوازل كهربائية وحرارية، وعند مقارنتها بالمعادن فإنها تكون ذات كثافة واطئة

واستطالة كبيرة وتمتلك مقاومة عالية للتآكل وجساءة واطئة ولا تعدُّ من المواد الصلدة، أما عندما يتم تطبيق الأحمال عليها فإنها تميل إلى الزحف (Creep) ومن ثم يحدث تغييرٌ في الاستطالة مع مرور الزمن ولذلك فإن خصائصها تعتمدُ بشكلٍ كبيرٍ جداً على درجة الحرارة [3].

ان التطور الصناعي والتكنولوجي يعتمد بشكل كبير على التقدم في حقل المواد ونتيجة لهذا التطور الصناعي الكبير الذي شهده العالم في المجالات كافة ظهرت الحاجة لإيجاد البدائل للمواد ذات الاستعمالات الصناعية المتعددة بحيث تكون تلك البدائل ذات مواصفات ونوعية عالية من حيث الكلفة وخفة الوزن والخواص بصورة عامة وذلك لاعتمادها في التطبيقات الصناعية المتعددة كالمطائرات والرادارات والسفن والسيارات وغيرها ولذلك تم إنتاج ما يعرف بالمواد المترابكة [4]. ويمكن تعريف المواد المترابكة بأنها المادة الناتجة من دمج مادتين أو أكثر وبأسس معينة للحصول على مواد جديدة بخصائص ميكانيكية وفيزيائية متميزة تختلف عن خصائص المواد المكونة لها علماً إن خواصها تعتمد على خواص مكوناتها وتتكون المواد المترابكة من المادة الأساس (Matrix) أو الطور المستمر (Continuous Phase) ومادة التدعيم (Reinforcement Material) التي طالما استعملت بأشكال مختلفة فمنها المساحيق والألياف والحبيبات البيضوية أو الكروية على وفق التطبيق المطلوب انجازه، وتعمل مادة التدعيم غالباً على تحسين أو زيادة مقاومة (Strength) وجساءة (Stiffness) المادة الأساس، ومن الجدير بالذكر إن المادة الأساس ومادة التدعيم لا تؤدي وظيفتها الأساسية إن لم يكن هنالك بينهما رابطة قوية [5].

المواد المترابكة تكون على عدة أنواع فمنها ذات الأساس المعدني مثل الحديد والألمنيوم. إذ تتميز بمتانتها العالية، ولكن ثقل وزنها جعلها محدودة الاستعمال. والنوع الآخر من المواد المترابكة ذات الأساس السيراميكي التي تتحمل درجات الحرارة العالية ولكن مقاومتها للصدمة ضعيفة. إما المواد المترابكة ذات الأساس اللدائني (البوليمري) تعد من أفضل الأنواع وذلك لما تتميز به من صفات ميكانيكية عالية فضلاً عن سهولة تصنيعها [6]، كما مبينة في الشكل (1-1).



الشكل (1-1): أنواع المواد المترابطة [7].

تعد المواد المترابطة ذات الأساس البوليمري من المواد الحديثة الاستعمال في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية، ومن أهم متطلبات استعمال هذه المواد المتانة الجيدة والأداء العالي ومقاومتها للاجهادات الداخلية والخارجية المؤثرة فيها فضلاً عن مقاومتها للظروف المحيطة من درجة حرارة وضغط وغيرها [6].

إن من أهم المواصفات الممكن الحصول عليها من هذه المواد هي أن تكون قوية جداً وذات جساءة عالية وتكون هذه النسبة للمواد المترابطة ذات الأساس البوليمري عالية والتي يعبر عنها بنسبة (المتانة الى الوزن) وهي أعلى بعشرات المرات من الفولاذ والألمنيوم فضلاً عن امتلاك هذه المواد مقاومة كلال أفضل من المعادن الهندسية التقليدية وكذلك جساءة ومتانة عاليتين، ولذلك فمع المواد المترابطة يمكن إيجاد مجموعة من الخواص تحتاج إليها التطبيقات الهندسية التي لا يمكن توافرها بصورة عالية في المواد السيراميكية او السبائكية او البوليمرية [8].

على الرغم من مميزات المواد المترابطة إلا أنها تمتلك أيضاً بعض السلبيات مثل اختلاف الخصائص للمادة المترابطة الواحدة بسبب الاعتماد على اتجاه المادة المقوية، وكذلك فإن العديد من المواد المترابطة ذات الأساس من البوليمر تكون عرضة للهجوم من الحوامض وبعض المواد الكيماوية كالمذيبات وأحياناً كلفة طرائق التصنيع تحد من استعمال هذه المواد [9].

**(2-1) تطور المواد المتراكبة Evolution of Composite Materials**

استعملَ الإنسان منذ مرحلة مبكرة المواد المتراكبة لتلبية احتياجات ومتطلبات حياته اليومية فقد استعمل الطين والصلصال في بناء الجدران إذ ان هذه العملية استمرت حتى وقتنا الحاضر في مجالات البناء البدائية الطراز [10].

بعد ذلك كان هنالك بحث واستيعاب لفهم فكرة اضافة مادة نباتية ليفية الشكل مثل القش والقصب من اجل تحسين نقاط عديدة، اذ أسهمت هذه المادة في تبخير الرطوبة من داخل الجدران والمساعدة على ايقاف توزيع التشققات التي تتشكل وبالتالي زيادة متانة ومقاومة الجدار [11].

كما استعملت المواد المتراكبة في تركيب القنطرات (Vaults) والقبة (Domes) وفي مجال التأسيسات الانشائية فضلاً عن ذلك فقد تم استعمالها في صناعة الاسلحة منذ العصور القديمة جداً، ومن امثلتها الاقواس الطويلة (Long Bows) التي تتركب من الاوتار (Tendons) والخشب (Wood) والحريز (Silk) وترتبط مع المادة الرابطة، ومن الامثلة الاخرى السيوف (Swords) وماسورة المدفع وشفحة الدروع (Armor Plate) [12]. ومنذ ما يقارب (3000 B.C) مضت تم استعمال حشوة القار او الزفت من السومريين لعمل الارضيات كما استخدموا القصب والبردي مع القار في بناء الزوارق كما ان الاشوريين استخدموا مبدأ التسليح في بناء الزقورات عن طريق تقوية طبقات البناء الضخمة بالياف القصب، اما المصريون القدماء فقد استعملوا القش في صناعة الطابوق وذلك بُغية منعه من التشقق في اثناء عملية التجفيف والى جانب ذلك فانهم استخدموا الراتنج النباتية الصمغية في الاغراض المختلفة [13].

في الصناعات اللدائنية ظهرَ مصطلح اللدائن المدعمة (Reinforced Plastics) الذي يتضمن الاشارة الى انتاج مواد من بوليمرات مدعمة باشكال مختلفة (ليفية ودقائقية وصفائح وقشور) [14]. اذ ان المواد اللدائنية (Plastics) هي مواد بوليمرية تعد مثلاً للمواد التركيبية التي تسهمُ في تحسين متطلبات الحياة العصرية، وتستعمل في انتاج اغلب الاجزاء مثل: المادة العازلة في الكيبلات وسطوح الارتكاز وابدان او هياكل الزوارق والمظلات وصهاريج التخزين [15].

تمثلت اهم الامور عن بداية المواد اللدائنية بالاحداث التي حدثت عام (1820) عندما بدأت نظرية النشوء والارتقاء بالكيمياء العضوية، اذ نجد ان هنالك ثلاثة احداث كان لها الأثر الجيد في وصف اللدائن هي [14]:

**1- الحدث الاول:** عام (1839) عندما اكتشف العالم (Goods Year) طريقة معالجة للتصليد وذلك من اجل تصليد المطاط بالكبريت (Vulcanization of Rubber)، إذ تعد اول محاولة ناجحة في مجال التقدم الصناعي.

**2- الحدث الثاني:** عام (1868) عندما قام العالم (Hyatt) بتصنيع لدائن (Celluloid Pyroxylin) واكتشف طريقة لا تعدّ تغييراً كيميائياً فقط في مادة توجد طبيعياً وهي السليلوز (Cellulose) من خلال تحويلها الى (Nitrated Cellulose) وانما بإمكانها تحسين التغييرات الكيميائية باضافة الكافور وتقديم انتاج مع اعتبارات نوعية لتنظيم الخصائص التي تتطلبها العملية الصناعية الناجحة.

**3- الحدث الثالث:** يتضمن اول انتاج للمواد اللدائنية في عام (1909) فقد كانت المواد الداخلة في الانتاج ذات اساس كيميائي مع الفينول (Phenol) والفورمالديهايد (Formaldehyde) التي تكون متحدة معاً بطريقة مسيطر عليها فتنتج مادة فينول فورمالديهايد.

في عام (1920) قام العالم (Staudinger) باقتراح حول تركيب الجزيئات الضخمة التي تشبه المطاط الطبيعي، إذ وجد في البوليمرات العالية ان الكثير من الجزيئات المنفردة تحمل معا بوساطة الاواصر التكافؤية الطبيعية [16] (Normal Valency Bonds).

كما اسس العالم (Carothers) عملاً عن البوليمرات الصناعية في عام (1929)، وان كلاً من العالمين (Carothers و Staudinger) كانت لهما مكانة ثابتة في قاعدة الكيمياء البوليميرية [16]. اما بعد الحرب العالمية الثانية فقد ظهرت الحاجة الى ايجاد مواد مثل النايلون والبولي اثيلين وازداد استعمال اللدائن في المجالات كلها [14].

## Literatures Review

## (3-1) الدراسات السابقة

بسبب الاستخدام الواسع للمواد المترابكة في المجالات الصناعية والعلمية فقد حظيت هذه المواد بأهتمام الدارسين الباحثين وأجريت عليها دراسات وبحوث كثيرة منها:

❖ درس الباحثان (Zhou and Yu) عام (2010) الخصائص الحرارية والعزلية للمترابكات البوليمرية النانوية (EP-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) بنسب حجمية مختلفة (0, 4, 9, 14, 21, 28, 37 and 48%) والمحضرة بطريقة القولة اليدوية. حيث لوحظ إن درجة الانتقال الزجاجي (T<sub>g</sub>) التي سُجلت باستخدام تقنية المسعر الحراري التفاضلي (DSC) سلكت سلوكاً غير منتظماً وان اعلى قيمة لها عند النسبة (14 %)، اما معامل التوصيل الحراري (k) فيزداد مع زيادة نسبة التدعيم، بينما الخصائص الكهربائية العزلية (ثابت العزل الحقيقي (ε')) فلو حظ إنه يقل مع زيادة نسبة التدعيم وزيادة التردد [17].

❖ درس الباحث (Khan et al.) عام (2013) الخصائص الميكانيكية لراتنج الايبوكسي المدعم بأوكسيد الزنك النانوي (ZnO-Nano) بنسب وزنية مختلفة (0, 1, 1.5, and 2%) والمحضر بطريقة الصب اليدوي، ووجد إن معامل المرونة يزداد مع زيادة النسب الوزنية للدقائق النانوية المضافة، كما أن وجود دقائق اوكسيد الزنك يؤدي الى زيادة الصلادة [18].

❖ قام الباحثان (AL-Rawi and Salman) عام (2014) بتحضير مادة مترابكة ذات اساس بوليمري بطريقة الصب اليدوي، حيث حضرت المادة المترابكة من راتنج الايبوكسي كمادة اساس مدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم (MgO) بكسور وزنية مختلفة (0, 10, 15, 20, 25 wt%)، وقد اجري عليها اختبار الانحناء (ثلاثي النقاط) واختبار الصلادة الدقيق، وقد اظهرت نتائج البحث ان قيمة معامل المرونة الانحنائي (E<sub>b</sub>) تزداد مع زيادة الكسر الوزني لأوكسيد المغنيسيوم، كذلك فإن الصلادة تزداد بعلاقة لاخطية مع زيادة الكسر الوزني لأوكسيد المغنيسيوم [19].

❖ درس الباحثان (Tali and Huang) عام (2015) الخصائص الحرارية لمترابكات بوليمرية مكونة من راتنج الايبوكسي والبولي استر كمادة أساس ودقائق الكرافين النانوية (GNPs) كمادة تدعيم بنسب وزنية مختلفة (0, 0.2, 0.5 and 1 wt%) والمحضرة بتقنية الصب، حيث وجد إن اعلى قيمة لمعامل التوصيل الحراري (k) عند النسبة (1 wt%)، بينما بينت نتائج التحلل الحراري الوزني

(TGA) باستخدام تقنية المسعر الحراري التفاضلي (DSC) وجود فقدان في الوزن بنسبة (48 %) وكانت درجة التحلل الحراري هي نفسها تقريبا عند جميع المتراكبات النانوية [20].

❖ درس الباحث (Jassim et al.) عام (2015) إختبار الصدمة على المتراكبات البوليمرية المكونة من راتنج الايبوكسي (EP) كمادة أساس مع كسر حجمي (1, 3, 5, 7 and 10%) من (SiO<sub>2</sub> Nano و Micro) باستخدام طريقة القولبة اليدوية، حيث وجد إن اعلى قيمة لمقاومة الصدمة للمتراكب (EP-SiO<sub>2</sub> Nano) تساوي (20.11 KJ/m<sup>2</sup>) عند النسبة (3%)، بينما اعلى قيمة لمقاومة الصدمة للمتراكب (EP-SiO<sub>2</sub> Macro) تساوي (6.74 KJ/m<sup>2</sup>) عند نفس النسبة [21].

❖ درس الباحث (Abdallah et al.) عام (2016) الخصائص العزلية للمتراكبات النانوية (EP-TiO<sub>2</sub>, MgO) ولمدى من الترددات (10<sup>2</sup> - 10<sup>2</sup> Hz) وبدرجة حرارة الغرفة، المتراكبات النانوية تم تحضيرها بنسب حجمية (0, 0.05 and 0.1%) بطريقة القولبة اليدوية، وقد اظهرت الدراسة ان قيمة الممانعة تقل بزيادة التردد وكذلك ثابت العزل بجزأيه الحقيقي والخيالي [22].

❖ قام الباحث (Deyaa et al.) عام (2017) بدراسة تأثير اضافة المواد النانوية (MgO, CuO) بحجم حبيبي (30,40nm) على الخصائص الميكانيكية و الفيزيائية (مقاومة الصدمة والصلادة والتوصيلية الحرارية) لخليط من راتنج الايبوكسي (EP) مع مطاط الستايريين (SBR) قبل وبعد الغمر بالماء لمدة (10) اسابيع، حيث تم تحضير النماذج بطريقة القولبة اليدوية، كما تم غمر النماذج في الماء لمدة (9) اسابيع ولوحظ نقصان في قيمة مقاومة الصدمة والصلادة وزيادة في قيمة معامل التوصيل الحراري [23].

❖ قام الباحث (Shen et al.) عام (2017) بدراسة التوصيلية الحرارية (k) للمتراكبات البوليمرية النانوية (EP - Sic NW<sub>s</sub>) بنسب وزنية مختلفة (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 and 3 wt%) والمحضرة بطريقة القولبة اليدوية، حيث وجد ان التوصيلية الحرارية (k) تزداد بزيادة نسبة التدعيم وإن اعلى قيمة لها عند النسبة (3 wt%) و تساوي (0.449 w/mk) [24].

❖ قام الباحثان (Jassim and Hamdi) عام (2018) بدراسة تأثير إضافة جسيمات المغنيسيوم النانوية ( $MgO \leq 100nm$ ) وجسيمات الزركونيوم النانوية ( $ZrO_2 \leq 100nm$ ) على بعض الخصائص الميكانيكية المتمثلة بـ (متانة الانحناء ومعامل المرونة وصلابة الكسر ومتانة الكسر والصلادة) لمادة الالايوكسي، حضرت المتراكبات النانوية باستخدام طريقة من ثلاث مراحل (الخلط الميكانيكي و الخلط بالامواج فوق الصوتية واستخدام طريقة التفريغ) بنسب حجمية مختلفة (1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15 and 20%)، حيث وجد ان كلاً من (متانة الانحناء و معامل المرونة و متانة الكسر) تزداد بزيادة نسبة التدعيم للمتراكبات النانوية وخصوصاً عند النسب الحجمية القليلة، ووجد ان الخصائص الميكانيكية للمتراكبات النانوية تحسنت اكثر من الخصائص الميكانيكية للالايوكسي النقي، ولوحظ ان الفشل في العينة يعتمد على حجم وتركيز الجسيمات النانوية [25].

❖ قام الباحث (Singh et al.) عام (2018) بتحضير متراكبات بوليمرية من راتنج الالايوكسي ودقائق اوكسيد الزركونيوم ( $ZrO_2$ ) بكسور وزنية مختلفة (0, 2, 4, 6 and 8 wt%) بطريقة القولية اليدوية، إذ درس الخصائص الحرارية و المتضمنة درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) باستخدام تقنية المسعر الحراري التفاضلي (DSC) لهذه المتراكبات البوليمرية حيث وجد ان اعلى قيمة لدرجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) هي ( $70\text{ C}^\circ$ ) عند النسبة (6 wt%) [26].

❖ قام الباحث (Hussein) عام (2018) بتحضير مادة متراكبة من راتنج الالايوكسي واوكسيد الكرافين باستخدام طريقة القولية اليدوية وبنسب تدعيم وزنية مختلفة (0, 1, 3, 5, 7 and 9 wt%)، حيث قام بدراسة الخصائص الحرارية (معامل التوصيل الحراري (k)) باستخدام طريقة قرص لي لهذه المادة المتراكبة، حيث لوحظ ان معامل التوصيل الحراري (k) يزداد مع زيادة نسبة التدعيم، وكذلك قام بدراسة الخصائص الميكانيكية (الصدمة و الصلادة) لهذه المادة المتراكبة، فوجد ان مقاومة الصدمة والصلادة تزداد بزيادة نسبة التدعيم لتصل اعظم قيمة لها عند النسبة (5 wt%) وهي (79.8) و ( $5.04\text{ KJ/m}^2$ ) على التوالي ثم تبدأ بالانخفاض [27].

❖ قام الباحث (Hameed et al.) عام (2019) بدراسة تأثير مسحوق ثلاثي اوكسيد الالانتيوم النانوي ( $Sb_2O_3$ ) بنسب تدعيم وزنية مختلفة (2, 4, 6, 8 and 10wt%) على بعض خصائص راتنج الالايوكسي، إذ استخدمت طريقة القولية اليدوية لتصنيع المتراكبات النانوية، و تم إجراء بعض

الفحوصات على متراكبات الايبوكسي النانوية مثل الصلادة ومتانة الصدمة والتوصيل الحراري، حيث لوحظ ان الخصائص الميكانيكية والحرارية لمتراكبات الايبوكسي النانوية حُسنّت مقارنة بالايوكسي غير المدعم، ووجدَ ان قيم الصلادة ومتانة الصدمة والتوصيل الحراري تزداد مع زيادة نسبة التدعيم كالاتي: (75.21-79.09) و (7.2823-19.0407 KJ/m<sup>2</sup>) و (0.37957-0.55438 W<sup>o</sup>.C<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>) على التوالي [28].

❖ قام الباحث (Zhaol et al.) عام (2019) بتحضير مادة متراكبة ذات أساس بوليمري بطريقة القولية اليدوية، حيث استخدم راتنج الايبوكسي كمادة أساس واستخدم السليكون (Si-B) بنسب تدعيم وزنية مختلفة (0, 4, 5, 6 and 7 wt%) كمادة تدعيم، حيث قام الباحث بدراسة الخصائص الكهربائية (العزلية) لهذه المادة المتراكبة فوجد ان ثابت العزل الكهربائي ( الحقيقي) يقل مع زيادة التردد [29].

❖ قام الباحث (Verma) عام (2020) بتحضير مادة متراكبة ذات أساس بوليمري بطريقة القولية اليدوية، حيث قام الباحث بتدعيم راتنج الايبوكسي (المادة الاساس) باوكسيد الكرافين (GNPs) بنسب وزنية مختلفة (0, 1, 3 and 5 wt%)، اذ قام بدراسة الخصائص الحرارية (T<sub>g</sub>) باستخدام تقنية المسعر الحراري التفاضلي (DSC) لهذه المادة المتراكبة، حيث وجد إن درجة الانتقال الزجاجي (T<sub>g</sub>) تقل مع زيادة نسبة التدعيم [30].

❖ قام الباحث (Lanna et al.) عام (2020) بتحضير مادة متراكبة مكونة من مادة راتنج الايبوكسي (EP) والمطاط الطبيعي (ENR) مدعمة بدقائق نانوية مكونة من (Nano Silica) و (Nano Cellulose (CNC)) بنسب حجمية مختلفة (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 %) وباستخدام طريقة القولية اليدوية، حيث قام بدراسة الخصائص الميكانيكية (الصدمة و الصلادة) لهذه المادة المتراكبة، حيث وجد ان اعلى قيمة لمقاومة الصدمة للمترابك (EP+ENR+Nano Silica) تساوي (13.7 KJ/m<sup>2</sup>) عند النسبة (1.0 %) وللمترابك (EP+ENR+ Nano CNC) تساوي (14.94 KJ/m<sup>2</sup>) عند النسبة (0.75%)، بينما اعلى قيمة للصلادة للمترابك (EP+ENR+Nano Silica) تساوي (76.83) عند النسبة (1.0 %) وللمترابك (EP+ENR+ Nano CNC) تساوي (65.5) عند النسبة (1.0 %) [31].

**The Aim of Search****(4-1) الهدف من البحث**

يهدف هذا العمل الى سُبل تحضير وتطوير مادة متراكبة تُظهر تحسن من خصائص مادة الأساس وبما يأتي:

- 1- إمكانية تصنيع مادة متراكبة مكونة من الايبوكسي المقوى بدقائق نانوية هي (أوكسيد الزركونيوم  $ZrO_2$  وأوكسيد المغنيسيوم  $MgO$  وأوكسيد النحاس  $CuO$ ). فضلاً عن إمكانية تصنيع مواد متراكبة هجينة من الدقائق النانوية المذكورة.
- 2- دراسة تأثير النسب الوزنية المضافة من الدقائق النانوية على بعض الخصائص الميكانيكية التي تضمنت اختبار (الانحناء (ثلاثي النقاط) والصدمة والصلادة) وبعض الخصائص الكهربائية العزلية التي تضمنت فحص ثابت العزل الحقيقي وكذلك بعض الخصائص الحرارية المتضمنة فحص (معامل التوصيل الحراري  $(k)$  و درجة الانتقال الزجاجي  $(T_g)$  ودرجة الانصهار البلورية  $(T_m)$ ).