



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



تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لمترابك بوليمري مدعم بحبيبات (ZnO) والياف النخيل المقطع

رسالة قَدِّمها إلى

مجلس كلية العلوم – جامعة ديالى و هي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في
علوم الفيزياء

الطالب

اسماعيل صالح محمد

بكالوريوس علوم فيزياء 2001 م

بأشراف

أ.م.د جاسم محمد منصور

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَيُّهُ لَّهُمُ الْبَيْلُ نَسَلَخُ مِنْهُ النَّهَارَ
فَإِذَا هُمْ مُظْلِمُونَ ﴿٣٧﴾ وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا
ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾ وَالْقَمَرَ قَدَرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ
عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ ﴿٣٩﴾ لَا الشَّمْسُ يَنْبَغِي لَهَا أَنْ تُدْرِكَ
الْقَمَرَ وَلَا الْبَيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ﴿٤٠﴾

صدق الله العظيم

الإهداء

إلى مَنْ تكون الجنة تحت أقدامها وقمري الذي ينير ظلمة الليل إلى المعطاء بدون مقابل التي آثرت نفسها بتضحياتها لترسم طريق سعادتي وجعلتني بداخل قلبها

(والدتي العزيزة وعائلتها)

إلى من سعى وشقى وترك ترف الحياة وراحتها وعمر الأرض ليمزج ترابها بمائها لينتج الجنان بإذن الله لأنعم بالراحة والهناء وعلمني ان التواضع طبع الاتقياء وعلمني ان اسير بطريق الحياة بحكمة وصبر.

(والذي رحمه الله وعائلته)

إلى مَنْ كان سوري العالي وقلعتي المحصنة التي احتمي فيها من مصائب الدنيا وسندي في الحياة (أخي وعائلته)

إلى مَنْ كانا سنداً لي وحبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي الى اجمل قدر في حياتي و سر قوتي

(أخواتي وأبنائهم)

إلى رفيقة دربي ونصفي الثاني زهرتي التي تحملت معي عناء الدراسة وأرتضت ان أكون طالب علم والتي حين أرى ابتسامتها المشرقة أنسى همومي وتعبي وأشعر بالسكينة تملأ وجداني. (زوجتي الغالية واهلها)

إلى من أرى المستقبل المشرق عندما انظر اليهم فلذات كبدي و سر سعادتي في الحياة.

(بناتي واولادي)

إلى من علمونا حروفاً من ذهب وكلمات من درر إلى من صاغوا لنا علمهم حروفاً ومن فكرهم منارة تنير لنا سيرة العلم والنجاح الى من يحملون رسالة الانبياء.

(اساتذتي الافاضل)

إلى الذين يبقون على العهد مهما طالت المسافات.

(اصدقائي)

إلى من سرنا سويّاً ونحن نشق الطريق معاً نحو النجاح والإبداع إلى من تكاتفنا يداً بيد ونحن نقطف ثمار جهدنا.

(زملائي وزميلاتي)

إلى مَنْ قَطَعْنَا شوطاً طويلاً بالعمل معا

(رفقائي بالعمل)

أهدي اليهم ثمرة جهدي اسماعيل

شكر و عرفان

الحمد لله والشكر لله على فضله ومنته وتوفيقه لي لاتمام عمل هذه الرسالة، والذي لا يتم سعي وعمل إلا بفضلها، الحمد لله حمداً كثيراً، كما ينبغي ويليق بجلال وجهه وعظيم سلطانه، الحمد لله حمد الشاكرين، نحمدك وننتي عليك الخير كله، و الصلاة و السلام على المبعوث رحمة للعالمين، سيد الخلق وإمام الأنبياء و المرسلين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

اتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ الفاضل مشرفي على الرسالة الاستاذ المساعد الدكتور (جاسم محمد منصور) لمنح ثقته بي ولما بذله من جهود مضيئة في المتابعة والتوجيه العلمي وتذليل الصعوبات وتجاوز العقبات التي رافقت مراحل انجاز هذه الرسالة من خلال توجيهاته القيمة التي قدمها لي لإكمالها بأبهى صورها، وأقول له حقاً سعيت وكان السعي مشكوراً، سائلاً الله تعالى ان يمن عليه بالصحة والعافية وان يمد في عمره و يأخذ بيده لما فيه خير.

واتقدم بالشكر الجزيل الى التدريسية في قسم الفيزياء الأستاذة (هند وليد عبدالله) لما بذلته من جهود مضيئة في توجيهي ومتابعة عملي لحين انجاز هذه الرسالة، وأقول لها حقاً سعيتي وكان السعي مشكوراً، سائلاً الله تعالى ان يمن عليها بالصحة والعافية وان يمد في عمرها و يأخذ بيدها لما فيه خير.

كما اود ان اتقدم بأسمى آيات الشكر والعرفان لعمادة كلية العلوم لإتاحتها لي فرصة اكمال دراسة الماجستير في هذه الكلية المرموقة و المتمثلة بالسيد عميد الكلية الاستاذ الدكتور (تحسين حسين مبارك) لمواقفه الابوية والعناية الكبيرة بطلبة الدراسات العليا، فله مني كل التقدير والاحترام.

و اقدم خالص شكري و امتناني لرئاسة قسم الفيزياء واساتذتي الافاضل و اخص بالذكر منهم الاستاذ الدكتور زياد طارق خضير والاستاذ اسعد احمد كامل والاستاذ الدكتور نبيل علي بكر والاستاذ الدكتور صباح انور سلمان والاستاذ فراس محمود هادي، والاستاذ المساعد الدكتور عمار عايش حبيب والأستاذة الدكتورة بثينة عبد المنعم ابراهيم ولهم الشكر الجزيل والامتنان لما غرسوه في عقولنا من افكار قيمة.

كما واشكر كل من مد لي يد العون والمساعدة من اساتذة ومعيدي القسم ومنهم الاستاذ المساعد الدكتور جاسم محمد الخالدي، ولانسن بالذكر شعبة الدراسات العليا في الكلية ومكتبة الكلية واذكر منها الاستاذ عدنان والاستاذ رأفت محمود، فلهم جميعاً جزيل الشكر والعرفان. وكذلك اشكر الاساتذة (كرار سعد محمود وعمر يوسف حمد ووسام ياس خضير) والى زملائي بالدراسة والعمل وأفراد اسرتي وكل من قدم لي خدمة سواء أكان ذلك بالعمل او معنوية او بالدعاء.

وفي الختام أقول لهم لكم مني كل الحب والود واسأل الله تعالى ان يحفظهم ويبارك بهم.

إقرار الأستاذ المشرف

أقر أن هذه الرسالة والموسومة (تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية لمتراكم بوليمري مدعم ببعض المواد النانوية والمايكرولية) من اعداد الطالب (اسماعيل صالح محمد) قد جرت تحت اشرافنا في قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة ديالى، وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء.

التوقيع:

الاسم: د. جاسم محمد منصور

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة ديالى- كلية العلوم

التاريخ: 2021/6/

توصية رئيس قسم الفيزياء

بناء على التوصية المقدمة من قبل الأستاذ المشرف أحيل هذه الرسالة الى لجنة المناقشة لدراستها وبيان الرأي فيها.

التوقيع:

الاسم: د. عمار عايش حبيب

المرتبة العلمية: أستاذ

مساعد

العنوان: جامعة ديالى- كلية العلوم

التاريخ: 2021/6/

الخلاصة

تم تحضير متراكبات الايبوكسي المدعم بدقائق أكسيد الخارصين المايكروية والنانوية والمتراكبات الهجينة من الايبوكسي وألياف النخيل باستخدام طريقة التشكيل اليدوي (ال قالب المفتوح) وبدرجة حرارة الغرفة، وتم تهيئة المصبوبات وتقطيع العينات بأبعاد قياسية لإستخدامها في الفحوصات وحسب (ASTM) المحددة لكل فحص، إذ تم دراسة تأثير إضافة دقائق أكسيد الخارصين النانوية والمايكروية و بكسور وزنية مختلفة (0.1, 0.3, 0.5, and 0.7 wt%)، وكذلك دراسة تأثير إضافة ألياف النخيل والمتراكب الهجين بنسبة (0.5 wt%) إلى راتنجات الايبوكسي على الخصائص الميكانيكية (الشدة والانحناء والصلادة والصدمة) والخصائص الكهربائية (ثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد العزلي) والخصائص الحرارية (معامل التوصيل الحراري)، باستخدام أجهزة القياس الميكانيكية بما في ذلك قوة الشد، والانحناء، وصلادة شور، والصدمة وقرص لي على التوالي، وكذلك تم إجراء فحص لإختبارات المورفولوجية للمجهر الالكتروني الماسح (FESEM-EDS) لدراسة البنية التركيبية لسطح الكسر الناتج من اختبار عينات الشد لمادة الايبوكسي النقية ومتراكباتها.

أظهرت نتائج الاختبارات الميكانيكية بأن قيمة كل من مقاومة الشد و اقصى اجهاد ومعامل يونك ومقاومة الانحناء تزداد عند التدعيم بدقائق أكسيد الخارصين النانوية، وظهرت زيادة عما كانت عليه عند التدعيم بدقائق أكسيد الخارصين المايكروية بالمقارنة مع راتنج الايبوكسي النقي وشذت عن هذه الزيادة النسبة المنوية (0.7 wt%) عند إضافة الدقائق النانوية في فحص الانحناء، وكذلك أظهرت النتائج إن قيم الصلادة وقيم متانة الصدمة تزداد عند التدعيم بدقائق أكسيد الخارصين المايكروية وتزداد بنسبة اكبر ايضا عند اضافة دقائق أكسيد الخارصين النانوية لكافة العينات المصنعة، وكذلك أظهرت النتائج انه بأضافة الياف النخيل تزداد قيم الصلادة ونقصان قيم متانة الصدمة.

وأظهرت نتائج الفحوصات الكهربائية العزلية والمتمثلة بثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد العزلي عند درجة حرارة الغرفة وضمن مدى التردد (100Hz-1MHz)، إن ثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد العزلي يتناقصان مع زيادة التردد ولجميع العينات، وعند الترددات الواطنة امتلكت العينات جميعها قيم عالية لثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد العزلي وبزيادة التردد يحصل نقصان كبير ومفاجئ في قيم ثابت العزل الكهربائي و عامل الفقد العزلي و ان قيمة ثابت العزل الكهربائي وعامل الفقد العزلي عند نفس التردد تزداد عند اضافة دقائق أكسيد الخارصين المايكروية والنانوية وعند اضافة وزيادة الكسر الوزني لكلا النوعين من الدقائق المايكروية والنانوية والياف النخيل.

أيضاً بينت نتائج الفحوصات الحرارية بأن قيمة معامل التوصيل الحراري للايوكسي النقي تكون (0.40256 W/m.K) وتزداد قيمته إلى (0.57285 W/m.K) عند التدعيم بدقائق أكسيد الخارصين المايكروية وإلى (0.63898 W/m.K) عند التدعيم بدقائق أكسيد الخارصين النانوية وإلى (0.63 W/m.K) عند التدعيم بألياف النخيل وإلى (0.67 W/m.K) عند التدعيم بمتراكبات هجينة من الياف النخيل ودقائق أكسيد الخارصين النانوية (Nano ZnO)، أما عند إضافة وزيادة الكسر الوزني من الدقائق المايكروية والنانوية فإن قيمة معامل التوصيل الحراري تبدأ بالتناقص، إلا إن قيمة معامل التوصيل الحراري تبقى اعلى من قيمتها في حالة الايوكسي النقي.

بينت نتائج التصوير المجهرى (FESEM-EDS) لإختبارات المورفولوجية للمجهر الالكتروني الماسح لدراسة البنية التركيبية لسطح الكسر الناتج من اختبار عينات الشد لمادة الايوكسي النقية و متراكباتها ان جسيمات أكسيد الخارصين موزعة بشكل متجانس لكلا نوعي الجسيمات وتكون بشكل افضل بالنسبة للجسيمات النانوية منها للجسيمات المايكروية مع بعض التكتلات والتي تكون بشكل اكبر في الجسيمات المايكروية، وإن الكسر الناتج من النوع الحدودي، وأن كل المواد المتراكبة لها بنية تشكيلية مستمرة، وذات اسطح خشنة بالنسبة للمتراكبات المدعمة بدقائق اوكسيد الخارصين المايكروي وأقل خشونة الى ناعم بالنسبة للمتراكبات المدعمة بأوكسيد الخارصين النانوي مقارنة بمادة الاساس، مما يدل على الترابط الجيد بين مكونات المادة الاساسية النقية للايوكسي والدقائق المضافة، وكذلك تبين إن نوع الكسر هو من النوع القصيف (Brittle Fructre) ولجميع أنواع العينات المدعمة بكلا نوعي الدقائق المضافة المايكروية والنانوية، وكذلك لجميع النسب.

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
	الخلاصة	
I	المحتويات	
V	قائمة الرموز	
VII	قائمة الجداول	
IX	قائمة الاشكال	
XIV	قائمة المختصرات	
	الفصل الاول (المقدمة و الدراسات السابقة)	
1	المقدمة	(1-1)
2	راتنج الايبوكسي	(2-1)
3	الخصائص الفيزيائية للإيبوكسي	(1-2-1)
6	او كسيد الخارصين (ZnO)	(3-1)
7	بعض الطرق الكيميائية لتصنيع او كسيد الخارصين	(1-3-1)
7	التركيب البلوري لاوكسيد الخارصين	(2-3-1)
9	تطبيقات او كسيد الخارصين	(3-3-1)
9	الالياف الطبيعية	(4-1)
10	الدراسات السابقة	(5-1)
20	الهدف من الدراسة	(6-1)
	الفصل الثاني (الجزء النظري)	
21	المقدمة	(1-2)
21	البوليمرات	(2-2)
21	تركيب البوليمر	(1-2-2)
22	العوامل المؤثرة في خصائص البوليمر	(2-2-2)
23	تصنيف البوليمرات	(3-2-2)
25	المواد النانوية	(3-2)
26	تصنيف المواد النانوية	(1-3-2)

27	المواد المترابطة	(4-2)
28	أنواع المواد المترابطة	(1-4-2)
29	المتغيرات المؤثرة في خصائص المواد المترابطة المدعمة بالدقائق	(2-4-2)
30	قاعدة الخلط	(3-4-2)
33	العوامل المؤثرة في سلوك المترابكات المدعمة بالألياف	(5-2)
34	الخصائص الميكانيكية	(6-2)
34	أختبار الشد	(1-6-2)
35	منحني (الاجهاد – الانفعال)	(1-1-6-2)
37	أختبار الانحناء	(2-6-2)
38	أختبار الصلادة	(3-6-2)
39	أختبار الصدمة	(4-6-2)
40	الخصائص الكهربائية (العزلية)	(7-2)
42	الخصائص الحرارية	(8-2)
42	التوصيلية الحرارية	(1-8-2)
44	الكسر	(9-2)
44	الكسر الهش	(1-9-2)
45	الكسر المطيلي	(2-9-2)
	الفصل الثالث (الجزء العملي)	
46	المقدمة	(1-3)
47	المواد المستخدمة	(2-3)
47	المادة الاساس	(1-2-3)
48	تركيب الايبوكسي	(2-2-3)
49	مواد التدعيم	(3-2-3)
49	الدقائق النانوية	(1-3-2-3)
50	الدقائق المايكروية	(2-3-2-3)
50	الألياف الطبيعية	(3-3-2-3)

51	تحضير العينات	(3-3)
51	تحضير العينات غير المدعمة	(1-3-3)
52	تحضير العينات المدعمة بالدقائق النانوية والمايكرولية والألياف الهجينة	(2-3-3)
53	تقطيع العينات	(4-3)
54	الاختبارات الميكانيكية	(5-3)
54	اختبار الشد	(1-5-3)
55	اختبار الانحناء	(2-5-3)
56	اختبار الصلادة	(3-5-3)
56	اختبار الصدمة	(4-5-3)
57	الفحوصات الكهربائية	(6-3)
58	الفحوصات الحرارية	(7-3)
58	فحص التوصيلية الحرارية	(1-7-3)
59	الفحص المجهرى الالكتروني الماسح (FESEM)	(8-3)
60	الفصل الرابع (النتائج و المناقشة)	
60	المقدمة	(1-4)
60	الخصائص الميكانيكية	(2-4)
60	نتائج اختبار الشد	(1-2-4)
60	نتائج اختبار الشد للعينات المدعمة بدقائق اوكسيد الخارصين المايكرولية والنانوية	(1-1-2-4)
66	نتائج اختبار الشد للعينات المدعمة بألياف النخيل والمتراكب الهجين.	(2-1-2-4)
69	نتائج اختبار الانحناء	(2-2-4)
76	نتائج اختبار الصلادة	(3-2-4)
76	نتائج اختبار الصلادة للعينات المدعمة بألياف النخيل والمتراكب الهجين ودقائق أوكسيد الخارصين المايكرولية والنانوية	(1-3-2-4)
79	اختبار الصدمة	(4-2-4)

79	نتائج اختبار الصدمة للعينات المدعمة بدقائق أكسيد الخارصين المايكروية ودقائق أكسيد الخارصين النانوية وألياف النخيل والمتراكب الهجين	(1-4-2-4)
83	الخصائص الكهربائية (العزلية)	(3-4)
83	نتائج فحص ثابت العزل الكهربائي	(1-3-4)
83	فحص ثابت العزل الكهربائي للعينات المدعمة بدقائق أكسيد الخارصين المايكروية ودقائق أكسيد الخارصين النانوية وألياف النخيل والمتراكب الهجين	(1-1-3-4)
86	نتائج فحص عامل الفقد العزلي	(2-3-4)
86	فحص عامل الفقد العزلي للعينات المدعمة بألياف النخيل والمتراكب الهجين ودقائق أكسيد الخارصين المايكروية ودقائق أكسيد الخارصين النانوية	(1-2-3-4)
88	نتائج فحص الخصائص الحرارية	(4-4)
88	نتائج فحص التوصيلية الحرارية	(1-4-4)
92	نتائج فحص (FESEM)	(5-4)
92	نتائج فحص (FESEM) لدقائق أكسيد الخارصين النانوية	(1-5-4)
94	نتائج فحص (EDS) لمنطقة الكسر نتيجة اختبار الشد للعينات	(2-5-4)
98	نتائج فحص (FE-SEM) لمنطقة الكسر نتيجة اختبار الشد للعينات	(3-5-4)
102	الاستنتاجات	(6-4)
103	التوصيات والمشاريع المستقبلية	(7-4)

قائمة الرموز

الوحدات	Meaning	الرمز	معنى الرمز
g/cm ³	Density of Matrix	ρ_m	كثافة المادة الأساس
g/cm ³	Density of particle	ρ_p	كثافة الدقائق
g/cm ³	Density of composite	ρ_c	كثافة المادة المترابطة
%	Weight Fraction for Matrix material	W_m	الكسر الوزني للمادة الاساس
%	Volume Fraction for Matrix material	V_m	الكسر الحجمي للمادة الاساس
%	Weight Fraction for reinforcement material	W_p	الكسر الوزني لمادة التقوية
%	Volume Fraction for reinforcement material	V_p	الكسر الحجمي لمادة التقوية
m ³	Volume of composite material	v_c	حجم المادة المترابطة
m ³	Volume of matrix material	v_m	حجم المادة الأساس
m ³	Volume of reinforcement material	v_p	حجم مادة التقوية
m	Width	b	عرض العينة
m	Deflection	D	الانحراف
Mpa	Stress	σ	الاجهاد
m ²	Original Cross – Sectional	A	مساحة المقطع العرضي
m	Strain	ε	الانفعال
m	Elongation	δ	الاستطالة
m	Final length	L	الطول النهائي
m	Initial length	L_0	الطول الابتدائي
M pa	Ultimate Tensile Test	UTS	أقصى اجهاد شد
m	Support Span	S	المسافة بين المسندين

N	Load	P	الحمل المسلط
G pa	Young's modulus	Y_m	معامل يونك
G pa	Young's modulus flexural	E_{Ben}	معامل المرونة الانحنائي
W/m. °C	Thermal conductivity	K	التوصيلية الحرارية
W/m ² .°C	Thermal loss	e	الفقدان في الحرارة
Amp	Electric current	i	التيار الكهربائي
Volt	Voltage	v	فرق الجهد
Watt	Power	p	الطاقة المارة خلال ملف المسخن
W/m ²	Thermal Flux	q	الفيض الحراري
m	Radius	r	نصف قطر العينة
m	Thickness of disks	d_1, d_2, d_3	سمك الاقراص
K	Temperatures Through the first ,second ,third disks	T_1, T_2, T_3	درجة الحرارة خلال القرص الاول، الثاني، الثالث
N/mm ²	Shors hardness	Sh(D)	صلادة شور (D)

قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
	الفصل الاول	
8	الخواص الاساسية لأكسيد الخارصين	(1-1)
	الفصل الثالث	
47	بعض خصائص الايبوكسي المستخدم	(1-3)
48	بعض خصائص الايبوكسي المستخدم بشكل عام	(2-3)
49	بعض خصائص دقائق اوكسيد الخارصين النانوية	(3-3)
50	بعض خصائص اوكسيد الخارصين المايكروية	(4-3)
53	انواع العينات المصنعة	(5-3)
54	الابعاد القياسية للعينات الخاصة لكل اختبار	(6-3)
62	الفصل الرابع	
65	قيم كل من مقاومة الشد واقصى انفعال ومعامل يونك لمتراكب الايبوكسي المدعم بدقائق اوكسيد الخارصين المايكروي وبنسب وزنية مختلفة	(1-4)
66	قيم كل من مقاومة الشد واقصى انفعال ومعامل يونك لمتراكب الايبوكسي المدعم بدقائق اوكسيد الخارصين النانوية وبنسب وزنية مختلفة	(2-4)
69	قيم كل من مقاومة الشد واقصى انفعال ومعامل يونك لمتراكب الايبوكسي المدعم بألياف النخيل والمتراكب الهجين بنسبة وزنية (0.5 wt%)	(3-4)
75	قيم كل من مقاومة الانحناء واقصى انفعال ومعامل يونك لمتراكب الايبوكسي المدعم بدقائق اوكسيد الخارصين المايكروية وبنسب وزنية مختلفة	(4-4)
75	قيم كل من مقاومة الشد واقصى انفعال ومعامل يونك لمتراكب الايبوكسي المدعم بدقائق اوكسيد الخارصين النانوية وبنسب وزنية مختلفة	(5-4)
76	قيم كل من مقاومة الشد واقصى انفعال ومعامل يونك لمتراكب الايبوكسي المدعم بألياف النخيل والمتراكب الهجين وبنسبة وزنية (0.5 wt%)	(6-4)
78	قيم الصلادة لمادة الايبوكسي والمتراكب المدعم بألياف النخيل والمتراكب الهجين و بنسبة وزنية (0.5 wt %)	(7-4)
79	قيم الصلادة لمادة الايبوكسي مدعم بدقائق اوكسيد الخارصين المايكروي والنانوي (MPs and NPs of ZnO) وبنسب وزنية مختلفة	(8-4)

82	قيم الصدمة لمادة الايبوكسي والمتراكب المدعم بدقائق اوكسيد الخارصين المايكروية بنسب وزنية مختلفة.	(9-4)
82	قيم الصدمة لمادة الايبوكسي والمتراكب المدعم بدقائق اوكسيد الخارصين النانوية بنسب وزنية مختلفة	(10-4)
83	قيم الصدمة لمادة الايبوكسي والمتراكب المدعم بألياف النخيل والمتراكب الهجين بنسبة وزنية مختارة (0.5 wt%)	(11-4)
91	قيم معامل التوصيل الحراري لمادة الايبوكسي والمتراكب المدعم بألياف النخيل والمتراكب الهجين بنسبة وزنية مختارة (0.5 wt%)	(12-4)
92	قيم معامل التوصيل الحراري لمادة الايبوكسي والمتراكبات المدعمة بدقائق أوكسيد الخارصين المايكروية (ZnO MPs) والنانوية (ZnO NPs) بنسب وزنية مختلفة	(13-4)
92	حساب الحجم الحبيبي لدقائق أوكسيد الخارصين النانوية	(14-4)

قائمة الاشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
	الفصل الاول (المقدمة والدراسات السابقة)	
3	هيكل الايبوكسي (Oxiran)	(1-1)
4	دور المصلبات بعملية ربط الجزيئات مع بعضها البعض من خلال تفاعل الإضافة	(2-1)
5	بلمرة مجاميع الايبوكسي باستخدام حوامض لويس	(3-1)
5	مكونات اهم انواع راتنج الايبوكسي	(4-1)
8	التركيب البلوري لأوكسيد الخارصين (ZnO)، (a) سداسي متراس (Wurtzite)، (b) مكعب خليط الخارصين (Zinc blend)، (c) مكعب ملح صخري (Rock salt)	(5-1)
	الفصل الثاني (الجزء النظري)	
22	أنواع السلاسل البوليمرية	(1-2)
25	انواع تراكيب السلاسل البوليميرية بالاعتماد على الخصائص التقنية	(2-2)
27	تصنيف المواد النانوية	(3-2)
28	تصنيف المواد المترابطة	(4-2)
31	التقوية بدقائق التنكستن وتأثيرها في معامل المرونة	(5-2)
32	تصنيف المترابكات الليفية	(6-2)
35	منحني (الاجهاد - الانفعال) لمادة بوليميرية	(7-2)
37	عينة اختبار الانحناء ثلاثي النقط	(8-2)
39	اداة الغرز بجهاز صلادة شور	(9-2)
44	مخطط جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي)	(10-2)
45	a- الكسر الهش، b- الكسر المطيبي	(a, b-11-2)
	الفصل الثالث (الجزء العملي)	
49	التركيب الكيميائي للأيبوكسي	(1-3)
51	صورة لألياف النخيل	(2-3)
52	صورة القالب المستخدم في عمل العينات	(3-3)

53	نماذج من العينات المصنعة	(4-3)
55	صورة جهاز اختبار الشد	(5-3)
55	صورة جهاز الانحناء ثلاثي النقط	(6-3)
56	صورة جهاز اختبار الصلادة	(7-3)
57	صورة جهاز اختبار الصدمة	(8-3)
57	صورة جهاز (LCR Metter)	(9-3)
58	صورة جهاز فحص التوصيلية الحرارية (قرص لي)	(a-10-3)
58	شكل تخطيطي لجهاز التوصيل الحراري (قرص لي)	(b-10-3)
59	صور المجهر الإلكتروني الماسح (FESEM)	(a, b-11-3)
	الفصل الرابع (النتائج و المناقشة)	
62	منحني (الاجهاد-الانفعال) لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بدقائق اوكسيد الخارصين المايكروية (ZnO MPs) وبنسب وزنية مختلفة	(1-4)
63	منحني (الاجهاد-الانفعال) لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بدقائق اوكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs) وبنسب وزنية مختلفة	(2-4)
63	العلاقة بين قيم اعلى اجهاد والنسبة (wt%) لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بأوكسيد الخارصين المايكروي والنانوي	(3-4)
64	العلاقة بين معامل يونك والنسبة لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بأوكسيد الخارصين المايكروي	(a-4-4)
64	العلاقة بين معامل يونك والنسبة لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بأوكسيد الخارصين النانوي	(b-4-4)
65	العلاقة بين معامل يونك والنسبة لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بأوكسيد الخارصين المايكروي والنانوي	(5-4)
67	منحني (الاجهاد-الانفعال) لمتراكب الايبوكسي المدعم باللياف النخيل والمتراكب الهجين بنسبة وزنية (0.5wt%)	(6-4)
68	العلاقة بين قيم اعلى اجهاد والنسبة (0.5 wt%) لمتراكبات الايبوكسي المدعمة باللياف النخيل والمتراكب الهجين	(7-4)
68	العلاقة بين معامل يونك والنسبة (0.5 wt%) لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بالاللياف والمتراكب الهجين	(8-4)

71	العلاقة بين إجهاد (الثني- الانحراف) لمادة الأيوكسي والمواد المترابكة من الايوكسي ودقائق اوكسيد الخارصين المايكروية وبكسور وزنية مختلفة	(9-4)
72	العلاقة بين إجهاد (الثني- الانحراف) لمادة الأيوكسي والمواد المترابكة من الايوكسي ودقائق اوكسيد الخارصين النانوي وبكسور وزنية مختلفة	(10-4)
72	العلاقة بين أكبر قيم لإجهاد (الثني-الانحراف) لمادة الأيوكسي النقي والمترابك المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين المايكروي والنانوي وبكسور وزنية مختلفة	(11-4)
73	قيم معامل المرونة الانحنائي لمادة الأيوكسي والمواد المترابكة من الايوكسي النقي والمترابك المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين المايكروي والنانوي وبكسور وزنية مختلفة	(12-4)
73	العلاقة بين إجهاد (الثني- الانحراف) لمادة الأيوكسي والمواد المترابكة من الايوكسي والياف النخيل والمترابك الهجين وبكسر وزني (0.5 wt%)	(13-4)
74	العلاقة بين اعلى قيم إجهاد (الثني- الانحراف) لمادة الأيوكسي والمواد المترابكة من الايوكسي والياف النخيل والمترابك الهجين وبكسر وزني (0.5 wt%)	(14-4)
74	العلاقة بين معامل يونك لمادة الأيوكسي والمواد المترابكة من الايوكسي والياف النخيل والمترابك الهجين وبكسر وزني (0.5 wt%)	(15-4)
77	قيم الصلادة لمادة الايوكسي النقي والمدعم بألياف النخيل والمترابك الهجين مع النسبة (0.5 wt%) وبالظروف المختبرية	(16-4)
78	قيم الصلادة لمادة الايوكسي النقي والمترابك المدعم بدقائق اوكسيد الخارصين المايكروي (ZnO MPs) والنانوي (ZnO NPs) مع النسبة وبالظروف المختبرية.	(17-4)
81	الصدمة لمترابك الايوكسي المدعم بألياف النخيل والمترابك الهجين بنسبة وزنية مختارة (0.5 wt%)	(18-4)
81	الصدمة لمترابك الايوكسي المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين المايكروية (ZnO MPs) ودقائق أوكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs) وبنسب وزنية مختلفة	(19-4)
84	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لمترابك الايوكسي المدعم بألياف النخيل	(20-4)

	والمترابك الهجين وبنسبة وزنية مختارة (0.5 wt%)	
85	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لمترابك الايبوكسي المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين المايكروية (ZnO MPs) بنسب وزنية مختلفة	(21-4)
85	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لمترابك الايبوكسي المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs) بنسب وزنية مختلفة	(22-4)
87	عامل الفقد العزلي كدالة للتردد لمترابك الايبوكسي المدعم بألياف النخيل والمترابك الهجين وبنسبة وزنية مختارة (0.5 wt %)	(23-4)
87	عامل الفقد العزلي كدالة للتردد لمترابك الايبوكسي المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين المايكروية (ZnO MPs) و بنسب وزنية مختلفة	(24-4)
88	عامل الفقد العزلي كدالة للتردد لمترابك الايبوكسي المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs) بنسب وزنية مختلفة	(25-4)
90	معامل التوصيل الحراري لمترابك الايبوكسي المدعم بألياف النخيل والمترابك الهجين بنسبة وزنية مختارة (0.5 wt %)	(26-4)
90	معامل التوصيل الحراري لمترابك الايبوكسي المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين المايكروية (ZnO MPs) بنسب وزنية مختلفة	(27-4)
91	معامل التوصيل الحراري لمترابك الايبوكسي المدعم بدقائق أوكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs) بنسب وزنية مختلفة	(28-4)
93	صورة فحص SEM لاوكسيد الخارصين النانوي	(a, b-29-4)
93	الحجم الحبيبي لجسيمات أوكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs)	(c -29-4)
94-95	(EDS) لسطح الكسر للايبوكسي النقي	(a -30-4)
96	صورة (EDS) لسطح الكسر لمترابك الايبوكسي المايكروي بنسبة (0.5 wt%)	(b -30-4)
96	صورة (EDS) لسطح الكسر لمترابك الايبوكسي المايكروي بنسبة (0.7 wt%)	(c -30-4)
97	صورة (EDS) لسطح الكسر لمترابك الايبوكسي النانوي بنسبة (0.5 wt%)	(d -30-4)
97	صورة (EDS) لسطح الكسر لمترابك الايبوكسي النانوي بنسبة (0.7 wt%)	(e -30-4)

99-100	فحص (FESEM) يوضح بنية الكسر الحاصل نتيجة الشد للعينات النقية والعينات المدعمة بأوكسيد الخارصين المايكروي وحسب النسبة المئوية للتدعيم الموضحة على كل صورة	(a,b,c-31-4)
100	فحص (FESEM) يوضح بنية الكسر الحاصل نتيجة الشد للعينات النقية والعينات المدعمة بأوكسيد الخارصين المايكروي وحسب النسبة المئوية للتدعيم الموضحة على كل صورة	(d,e -31-4)
101	فحص (FESEM) يوضح بنية الكسر الحاصل نتيجة الشد للعينات النقية والعينات المدعمة بأوكسيد الخارصين النانوي وحسب النسبة المئوية للتدعيم الموضحة على كل صورة	(a,b -32-4)
101	فحص (FESEM) يوضح بنية الكسر الحاصل نتيجة الشد للعينات النقية والعينات المدعمة بأوكسيد الخارصين النانوي وحسب النسبة المئوية للتدعيم الموضحة على كل صورة	(c,d -32-4)

قائمة المختصرات

Name	الاختصار	الاسم
Epoxy Resin	EP	راتنج الايبوكسي
Zinc Oxid	ZnO	اوksيد الخارصين
Epoxy Resin+ Nano Zinc Oxid	EP+ ZnO NPs	الاييبوكسي المدعم بدقائق أوksيد الخارصين النانوية
Epoxy Resin+ Micro Zinc Oxid	EP+ ZnO MPs	الاييبوكسي المدعم بدقائق أوksيد الخارصين المايكروية
Palm Fibere	PF	الياف النخيل
Epoxy+ Palm Fibere	EP+PF	الاييبوكسي المدعم بالياف النخيل
Epoxy +(Palm Fibere + Nano Zinc Oxid)	EP +(PF+ ZnO NPs)	الاييبوكسي المدعم بالياف النخيل ودقائق أوksيد الخارصين النانوية
Composition of natural fibers	(NFCs)	المتراكبات التي تحوي الألياف الطبيعية
Scanning Electron Microscope	FESEM	المجهر الالكتروني الماسح

الفصل الأول

المقدمة والدراسات

السابقة

(1-1) المقدمة

Introduction

برزت الحاجة إلى استعمال مواد جديدة تتلائم ومتطلبات الصناعة الحديثة، وهذه المواد يجب أن تكون ذات مميزات وخصائص ميكانيكية عالية جدا بحيث تكون خفيفة الوزن ومرنة وكذلك يجب ان تكون ملائمة للظروف البيئية المختلفة، لذلك تم تصنيع ما يسمى بالمواد المتراكبة (Composite Materials) وتعرف المواد المتراكبة على انها نظام مادي يتكون من خلط مادتين أو أكثر بطريقة معينة، وتختلف هذه المواد في الشكل وفي التركيب لكنها غير قابلة للذوبان في بعضهما البعض. لقد نجح الباحثون والعاملين في مجال الهندسة في جعل هذه المواد أخف وزنا وأقوى بتدعيم متراكبات ذات أساس بوليمري بالدقائق والألياف، إذ تتميز بكونها مقاومة للصدمة ومقاومة لأجهادات الشد وذات مقاومة ممتازة للتآكل وللعوامل البيئية (ضغط ودرجة حرارة ورطوبة وغيرها)، بالإضافة إلى صلابتها العالية وذات تمدد حراري منخفض وأيضا مقاومة للكلل [1].

وتوجد المواد المتراكبة بعدة أنواع فمنها ذات الأساس المعدني، التي تتميز بمتانتها العالية مثل الحديد والألمنيوم، لكن استعمالها محدود بسبب ثقل وزنها. ونوع آخر من المواد المتراكبة تكون ذات أساس سيراميكي وتتميز بتحملها لدرجات الحرارة العالية ولكن مقاومتها للصدمة ضعيفة. والنوع الثالث من المواد المتراكبة تكون ذات أساس من اللدائن (البوليمرات) فهي من أفضل الأنواع لأمتلاكها خصائص ومميزات جيدة [2].

إن كلمة بوليمر (Polymer) هي كلمة لاتينية الأصل تتكون من مقطعين الأول (Poly) ويعني المتعدد والثاني (Mer) ويعني الجزء، بمعنى ان كلمة بوليمر تعني المتعدد الأجزاء، ويرجع ذلك إلى أن جزيئة البوليمر هي جزيئة كبيرة تتكون من جزيئات اصغر من المواد الأساس بشكل سلسلة طويلة ترتبط مع بعضها البعض بواسطة الأواصر الكيميائية والقوى الثانوية الأخرى لتتشكل في هيئة سلاسل بشكل خطي (Linear) أو متفرع (Branched) أو متشابك (Cross linked) [3]، لذا أصبحت المواد البوليمرية في الوقت الحاضر من أكثر المواد استخداما، إذ تتميز المواد البوليمرية بخفة وزنها وسهولة تصنيعها وقلة كلفة انتاجها وقابليتها على التشكيل وقلة امتصاصيتها للرطوبة ودرجة عازليتها الكهربائية وكذلك الحرارية العالية وامكانية استعمالها في العديد من التطبيقات التي تتطلب مقاومة ميكانيكية واطئة ولا تحتاج إلى طاقة تصنيع عالية لإمكانية تشكيلها في درجات حرارة واطئة [4].

من المعروف أن معظم المواد البوليمرية تصنف من ضمن المواد العازلة وتكنولوجيا البوليمرات، قد تطورت بشكل سريع بسبب خصائصها المميزة، وكذلك الطلب المستمر لبدائل تملك خصائص تكنولوجية متنوعة بحيث تكون أفضل بكثير من تلك المواد الكلاسيكية، فضلا عن دخولها في مجالات التطبيق العملي كأستخدامها في تطبيقات العزل الكهربائي، إذ استثمرت في المواد الموصلة لضمان عدم تسرب التيارات الكهربائية، كما دخلت هذه المواد ضمن المواد الموصلة والمواد شبه الموصلة [5].

المواد المترابطة النانوية (Nanocomposite Materials) تعدُّ من المواد المفضلة في مجال التكنولوجيا في الوقت الحاضر لما تمتلكه تقنية النانو من خصائص فريدة من نوعها نتيجة توافق العقل البشري مع تطورها المستمر في مجال صناعة المواد الفلزية والتراكيب الهندسية المصنعة بهذه التقنية، فمثلا دخلت في صناعة المركبات الجوية (المركبات الفضائية كالصواريخ والطائرات ومكوك الفضاء والأقمار الصناعية) نوع من المترابكات التي تم انتاجها بإضافة ألياف الكربون (Carbon Fibers) للفلزات والمواد المعدنية المتنوعة كسبائك الألمنيوم، والتي تدخل بنسب مختلفة في بنية وتراكيب الهياكل المستخدمة لتصنيع تلك المركبات، إذ تقوم بعملية اضافة تغييرات بنيوية لتحسين الخصائص الميكانيكية للمادة الأساس المصنوعة منها السبيكة الفلزية لغرض حمايتها من التشويه والتلف نتيجة تعرضها لتقلبات الطقس المختلفة ودرجات حرارة مختلفة في أثناء دخولها لطبقات الجو المختلفة خلال رحلتها الى الفضاء الخارجي [6].

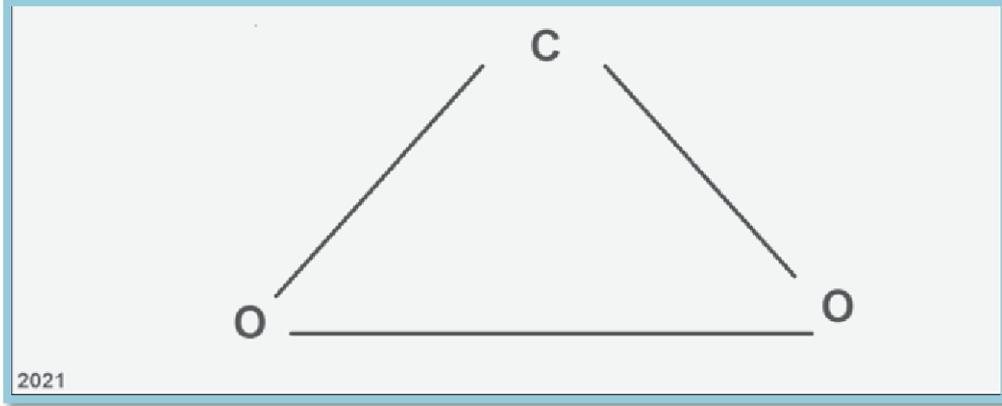
Epoxy Resin

(2-1) راتنج الأيبوكسي

راتنج الأيبوكسي عبارة عن سوائل عضوية ذات وزن جزيئي منخفض تحتوي على مجموعات إيبوكسيد وهو من البوليمرات المتصلدة بالحرارة والذي يعتبر من الراتنجات الأكثر استخدامًا، إذ يحتوي الإيبوكسيد في حلته على ثلاثة ذرات (ذرة واحدة من الأوكسجين وذرتان من الكربون). تفاعل الإبيكلوروهيدرين مع الفينولات أو الأمينات العطرية مما يؤدي إلى إنتاج معظم الإيبوكسيات. ولإنتاج الإيبوكسيات، مع مجموعة واسعة من خصائص اللزوجة والتأثير والتحلل يتم إضافة مواد التقوية، والملدنات أيضًا [7].

تعتمد الإيبوكسيات الشائعة على ديجليسيديل إيثر من (ثنائي الفينول-A) (Bisphenol A) diglycidyl ether) وهو جزيء عطري سلسلته قصيرة ينتهي عند كل طرف بمجموعة الإيبوكسي، وان جميع راتنجات الأيبوكسي تحتوي على هذه المجموعات الطرفية النهائية والتي

أثناء عملية المعالجة يمكن أن تترايط كيميائياً مع بعضها البعض ومع الجزيئات الأخرى لتشكيل شبكة كبيرة ثلاثية الأبعاد والشكل (1-1) يوضح هيكل الايبوكسي [8].



شكل (1-1): هيكل الايبوكسي (Oxiran) [8].

Physical properties of epoxy

(1-2-1) الخصائص الفيزيائية للإيبوكسي

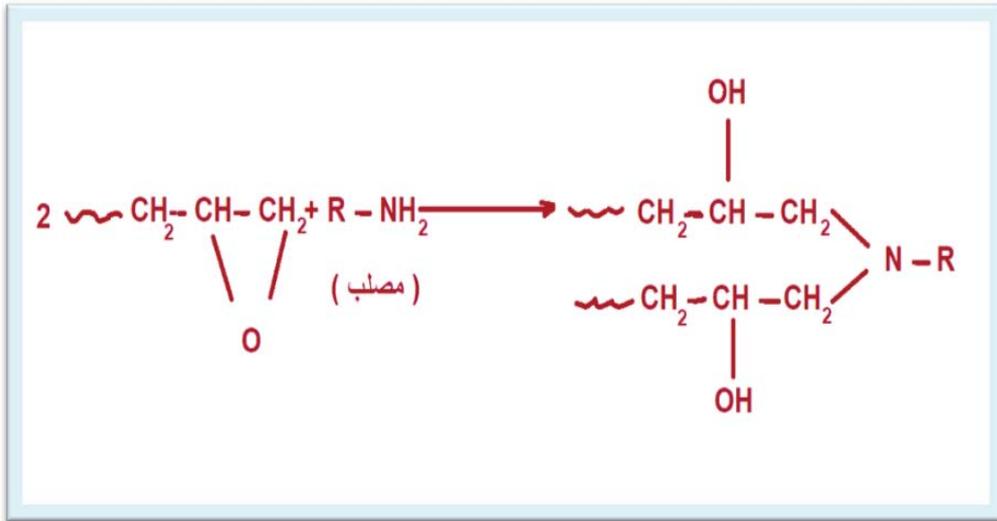
تمتلك راتنجات الايبوكسي خصائص فيزيائية متميزة والتي تشمل انكماش منخفض المعالجة، وأثناء المعالجة لا يوجد مواد متطايرة، والتوافق مع عدد كبير من المواد، والقوة والمتانة والالتصاق والتآكل والمقاومة الكيميائية والعزل الكهربائي بكثافة منخفضة [9].

يعد راتنج الايبوكسي من البوليمرات غير المطاوعة بالحرارة والتي يمكن تحويلها من سوائل ذات تركيب معقد (Thermosetting Resins) إلى مواد متصلبة وبعده طرائق فيزيائية وكيميائية مختلفة، وراتنج الايبوكسي يعتبر من أنواع الراتنجات المهمة والتي تستخدم في صناعات متنوعة، والمادة المصلادة المستخدمة في معالجتها لكي يتم تحويلها إلى راتنج لدن يتصلد بالحرارة هو البولي امين العضوي [10]. ويعد راتنج الأيبوكسي من المواد التي يمكن استخدامها في مجالات عدة ومن أهم استخداماتها في اللواصق والطلاء للتغطية والتي يمكن ان تعطي للمادة المضافة إليها صفات مميزة كالمتانة والليونة ومقاومة للمواد الكيماوية، وكذلك فإنها تملك مميزات أخرى مهمة كمقاومة تآكل واطئ ومعدل كلال ممتاز وتقلص قليل، وتمتاز المتراكبات المشكلة من راتنج الايبوكسي كمادة اساس بخاصية عزل كهربائي عالي [11].

لتحويل راتنجات الايبوكسي إلى بلاستيك إيبوكسي، من الضروري اختيار مادة مناسبة للتفاعل معها والمادة في هذا السياق تسمى مادة مصلبة. ومن الأمثلة على مجموعات المواد التي تعمل كمواد مقوية للإيبوكسي هي الأميدات والأمينات وحمض أنهيدريد وإيميدازول ومركب ثلاثي

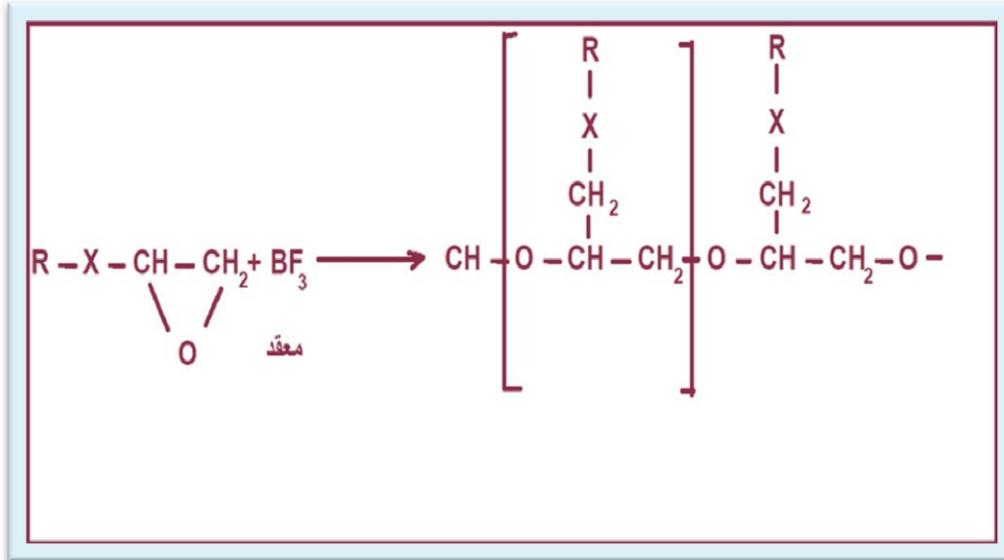
فلوريد البورون والفينولات والميركابتان (Mercaptan) للتصلب في درجة حرارة الغرفة، وفي المقام الأول تستخدم الأمينات والأميدات، وإلى حد ما الميركابتان. تتطلب أنواع المقويات الأخرى درجات حرارة أعلى من (150 °C) للتفاعل مع الإيبوكسي [12].

راتنجات الإيبوكسي (الإيبوكسايد) في الكيمياء تعتمد على سهولة إضافة حلقات الأوكسيران (Oxirane Rings) إلى المركبات التي تحتوي على الهيدوجين الفعال، ولبناء الشبكات البوليمرية تتطلب مركبات تحتوي على مجموعتين من الإيبوكسايد على الأقل، وتتكون في البداية من جزيئات لها اوزان جزيئية واطئة وللحصول على بوليمر يملك قوة ووزن جزيئي كما مطلوب يجب ان يضاف له المواد المصلبة ومن انواع المصلبات المستخدمة لذلك هي الامينات والايثرات، اذ تقوم هذه المصلبات بعملية ربط الجزيئات مع بعضها البعض من خلال تفاعل الإضافة إلى مجموعة الإيبوكسي كما مبين بالشكل (2-1) [13].



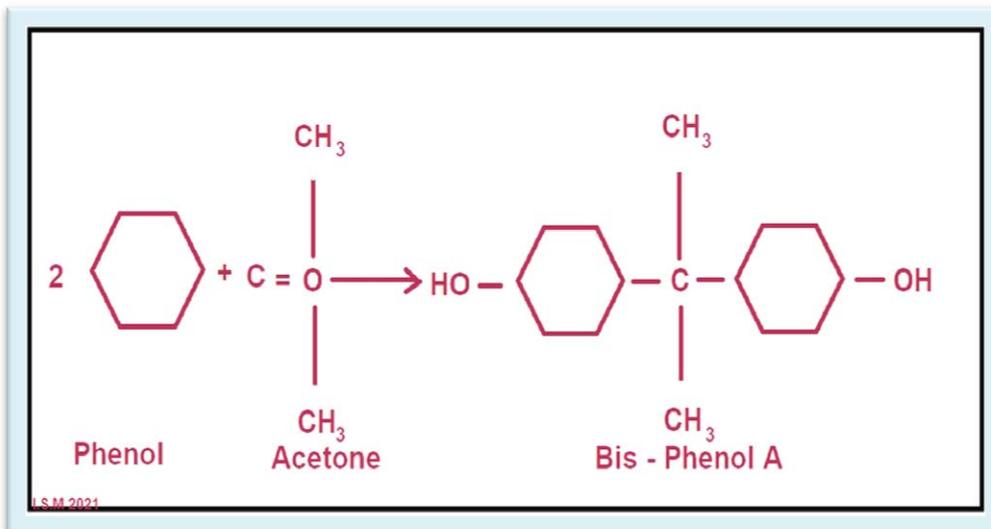
الشكل (2-1): دور المصلبات بعملية ربط الجزيئات مع بعضها البعض من خلال تفاعل الإضافة [13].

وبلمرة مجاميع الإيبوكسي تتم بصورة جيدة باستخدام حوامض لويس مثل ثلاثي فلوريد البورون ومعقداته، كما في التفاعل الموضح في الشكل (3-1).



الشكل (3-1): بلمرة مجاميع الايبوكسي باستخدام حوامض لويس [13].

راتنج الايبوكسي تتم عملية تصليبه بإحدى الطريقتين الطريقة الباردة أو الساخنة وحسب المادة المستخدمة ويجب ان يكون الناتج قليل التشققات وقابليته على الألتصاق جيدة ويملك خواص ميكانيكية جيدة أيضاً [14]. وهناك أمر مهماً يجب ملاحظته وهو إن في حال عدم السيطرة على عملية التصلب فان ذلك يؤدي إلى تحلل الايبوكسي، ومن أهم أنواع راتنج الايبوكسي هو المسمى (Bis-Phenol A) وهو مشتق من الفينول (Phenol) والأسيتون (Acetone) المبين في الشكل (4-1).



الشكل (4-1): مكونات اهم انواع راتنج الايبوكسي [15].

ويتفاعل الايبى كلوروهيدرين (Ephichlorohydrine) مع (Bis-Phenol A) لإنتاج نوع من الايبوكسي فتكون نهاية الجزيئة مكونة من مجموعة الايبوكسايد (Epoxide)، إذ تكون الأواصر في تركيبه الكيميائي من نوع الأواصر التساهمية (قوية) وإنَّ جزيئية مجموعة الايبوكسايد في نهايتها تعمل كحاجز يعطي المتانة أثناء عملية التصنيع مما يمكنه من الاستعمال في مجالات تصنيعية عدة ومنها الطلاء واللواصق [15].

(3-1) اوكسيد الخارصين (ZnO) Zinc Oxide

تقنية النانو هي التكنولوجيا الناشئة في القرن الحالي وتعمل في جميع مجالات العلوم. وتبرز جسيمات اوكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs) باعتبارها واحدة من أكثر المواد تنوعاً في هذا المجال، نظراً لتنوع خصائصها ووظائفها وتطبيقاتها.

اوكسيد الخارصين مركب غير عضوي له الصيغة الجزيئية (ZnO) يظهر كمسحوق أبيض به بلورات سداسية عديمة اللون ويتحول إلى اللون الليموني الأصفر عند تسخينه ويعود إلى لونه الأبيض الأصلي عندما يبرد. ويتبخر عند درجات حرارة أعلى من (1300 °C) ويتصاعد عند درجات حرارة أعلى من (1800 °C) نتيجة لذلك لا توجد قابلية للذوبان في السائل ولكن هناك انتقال مباشر من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية [16]، ويعدُّ من المواد الواعدة جداً من تطبيقات نبائط اشباه الموصلات لأسباب عدة، نذكر منها وفرة في الطبيعة، وكلفته القليلة، واستقراريته الحرارية والكيميائية وعدم سميته وامتلاكه لمدى واسع من المقاومة الكهربائية ($10^9 - 10^{-4}$ Ω.cm) وتبعاً لظروف التحضير وذو فجوة طاقة (3.37 eV) [17]، ويملك نفاذيه عالية في المنطقة المرئية وانعكاسيه عالية للاشعة تحت الحمراء [18]. يوجد (ZnO) في قشرة الأرض كمعدن للزنكيتة (Zincate)، ولكن في الغالب يتم إنتاج (ZnO) المستخدم للأغراض التجارية صناعياً. غالباً ما يُطلق عليه اسم أشباه الموصلات (II-VI) في علم المواد لأن الخارصين والأكسجين ينتميان إلى المجموعتين الثانية والسادسة من الجدول الدوري، ويحتوي على العديد من الخصائص الفريدة مثل الشفافية الجيدة، والتنقل العالي للإلكترون، والفجوة الواسعة في النطاق، والتألق القوي لدرجة حرارة الغرفة وتمثل هذه الخصائص تطبيقاتها في الأقطاب الكهربائية الشفافة المستخدمة في البلورات السائلة في شاشات العرض وفي النواذ التي تستخدم في توفير الطاقة الموفرة للطاقة والتطبيقات الإلكترونية الأخرى [19].

(1-3-1) بعض الطرق الكيميائية لتصنيع اوكسيد الخارصين

Some Chemical Methods for Manufacturing Zinc Oxide Particles

1- التفاعل الكيميائي لمعدن الخارصين مع الكحول، إذ تستخدم الوسائط الكحولية في الغالب مثل الإيثانول أو الميثانول أو البروبانول لتصنيع الجسيمات الكيميائية (ZnO) النانوية [20].

2 - توليف نقل البخار، فان عملية نقل البخار هي الطريقة الأكثر شيوعاً لتصنيع الهياكل النانوية لأكسيد الخارصين [21].

3- طريقة التقنية المائية الحرارية، اذ تعدُّ من الطرق الصناعية البديلة والفعالة بسبب درجة حرارة العملية المنخفضة [22].

4- طريقة الترسيب وتتم باستخدام نترات الخارصين ومطول اليوريا كعامل ترسيب [23].

لكن بعض طرق التصنيع الكيميائي للجسيمات النانوية المذكورة لها عيوب كوجود بعض المواد الكيميائية السامة الممتصة على السطح، والتي قد يكون لها آثار ضارة في التطبيقات الطبية [24] وإنَّ الطريقة الأكثر اماناً لتصنيع جزيئات أكسيد الخارصين النانوية هي التوليف الأخضر (النباتي)، إذ تستفيد تقنيات التحضير الخضراء من مواد كيميائية خالية من الملوثات إلى حد ما للتراكيب النانوية. يشمل استخدام المذيبات الصديقة للبيئة والأمنة مثل المياه والمستخلصات الطبيعية، ومن مزايا الكيمياء الخضراء التقليل من مخاطر التلوث على مستوى المصدر ويتم تعزيزها لمنع النفايات بدلاً من معالجتها أو تنظيفها بعد تكوينها [25].

(2-3-1) التركيب البلوري لأوكسيد الخارصين **Crystal Structure of Zinc Oxide**

أوكسيد الخارصين يتبلور بثلاث صيغ كما موضحة في الشكل (1-5) هي [26]:

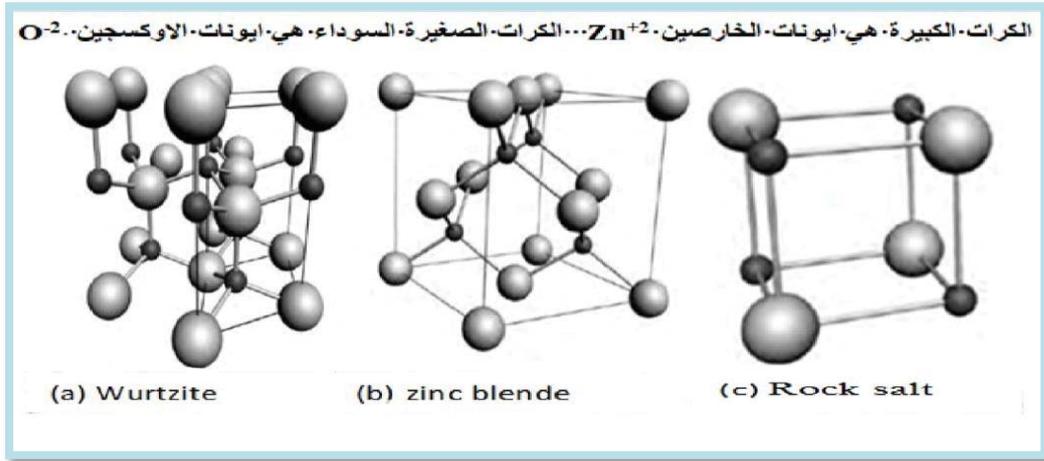
a- تركيب سداسي متراس (Wurtzite hexagonal structure).

b- تركيب مزيج الخارصين (Zinc blend structure).

c- تركيب ملح الطعام [The Cubic rock salt (NaCl)] علماً أنَّ هذا النوع يكون نقيس ولا يمكن الحصول عليه إلا بضغط عالي تقريبا (10 Gpa).

يُعد التركيب المتراس (Wurtzite) الأكثر استقراراً حرارياً تحت الظروف المحيطة، وهذا النوع من التراكيب يكون له خلية وحدة من النوع السداسي وتكون ثوابت الشبكة له هي

(a=3.25 Å) وكذلك (c=5.2 Å) وعليه تكون النسبة (c/a=1.60) وهي تكون مقارنة لقيمة النسبة المثالية للخلية السداسية (c/a=1.633)، كما موضحة في الجدول (1-1) [27].



الشكل (5-1): التركيب البلوري لأوكسيد الخارصين (ZnO)، (a) سداسي متراس (Wurtzite)، (b) مكعب خليط الخارصين (Zinc blend)، (c) مكعب ملح صخري (Rock salt) [28].

الجدول (1-1) الخواص الاساسية لاوكسيد الخارصين [29].

Property	Value
Lattice parameters at 27°C	$a_0=0.32495 \text{ nm}$; $c_0=0.52069 \text{ nm}$
Density	5.606 gm/cm^3
Melting point	1975°C
Thermal Conductivity	$100 \text{ mW/cm K at } 27^\circ\text{C}$
Static dielectric constant	8.656
Energy gap	3.37 eV, direct
Intrinsic carrier Concentration	$<10^6 \text{ cm}^{-3}$
Electron effective mass	$0.24m_e$
Electron Hall mobility at 27°C	$200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$
Hall effective mass	$0.59m_e$
Hole Hall mobility at 27°C	$5-50 \text{ cm}^2/\text{Vs}$
Effective mass	0.59
Thermal conductivity	$0.6, 1- 1.2. \text{W. deg}^{-1}/\text{cm}$
Crystal structure	Wurtzite

التركيب النانوية لجسيمات (ZnO) النانوية لها خصائص فيزيائية رائعة. وجدير بالذكر أن يتقلص حجم مواد أشباه الموصلات باستمرار إلى نطاق نانومتر. فالتغيرات المعروفة باسم

"تأثيرات حجم الكم". على سبيل المثال، يؤدي الحبس الكمومي فيها إلى زيادة نطاق فجوة الطاقة لشبه أحادي البعد ($Q_1D ZnO$)، والتي تم تأكيدها من خلال التلألؤ الضوئي [30].

3-3-1) تطبيقات اوكسيد الخارصين Zinc Oxide Applications

يستخدم مسحوق أوكسيد الخارصين (ZnO) بشكل كبير باعتباره مادة تضاف للعديد من المواد المصنعة لتقويتها والتي تنتج بشكل خاص لتكون ذات خواص مميزة بما في ذلك السيراميك [31]، والزجاج والأسمنت والمطاط، ومواد التشحيم والدهانات والمراهم والمواد اللاصقة والبلاستيك ومانعات التسرب والأصباغ والمواد الغذائية (مصدر مغذيات الخارصين) والبطاريات ومثبطات الحريق [32]. ويضاف الى الطلاء المستخدم كطبقة واقية ضد الرطوبة للعينات الخشبية التي تنشأ من نباتات الصنوبر (الصنوبر، التنوب) وكذلك الاشجار النفضية (الزان، السنديان)، وكذلك اصبح (ZnO) مؤخرًا في دائرة الضوء للجهود البحثية المستحقة لفوائدها الهائلة مثل التكلفة المنخفضة والكفاءة العالية وكذلك ملائمة فجوة الحزمة وآليات التحفيز الضوئي ويفضل استخدامه في أنواع مختلفة من التطبيقات. مثل الأشعة فوق البنفسجية (UV) في اجهزة الليزر، مولدات الطاقة، الخلايا الشمسية، أجهزة استشعار الغاز، كطلاء في مقاومة الأشعة فوق البنفسجية الشفافة، طباعة ضوئية، تصوير كهربائي، كهروكيميائي وكهروميكانيكي أجهزة نانوية، كريم واقية من الشمس، مستحضرات التجميل، في الطب بالتئام الجروح، مضاد للبواسير، عامل مضاد للبكتيريا [33]، ومتوافق مع الجلد، يقاوم بشدة، مضاد للميكروبات، ويستخدم في واقية الشمس للوقاية من الأمراض الجلدية كمانع للأشعة فوق البنفسجية والعديد من التطبيقات الطبية الحيوية [34].

4-1) الالياف الطبيعية Natural Fiber

الالياف هي مواد شعيرية الشكل يكون مقطعها دائري تقريبا وتملك خواص ميكانيكية جيدة، وكذلك من الممكن ان تتخذ اشكالا عدة كأن تكون مربعة او مستطيلة او بشكل سداسي، وأن الغاية من استعمال الالياف هي لزيادة الخواص الميكانيكية للمواد المضافة اليها، وذلك لإمتلاكها متانة شد ومعامل مرونة عالٍ وتملك ايضا كثافة منخفضة [35].

هيمنت المواد المتراكبة الحاوية على الألياف الطبيعية على عالم علوم المواد والهندسة في الوقت الراهن بسبب الحاجة المتزايدة إلى المزيد من المواد الصديقة للبيئة للحد من التدهور البيئي، وانقاذ الأرض، إذ اصبحت الألياف الطبيعية في الوقت الحاضر محل عناية الباحثين بسبب تكلفتها

المنخفضة ووفرتها وسهولة تصنيعها، ويمكن اعتبارها من المواد الصديقة للبيئة عند استعمالها كعوامل تقوية في العديد من الراتنجات البوليمرية.

إنَّ العديد من الأعمال البحثية التي تم إجراؤها في جميع أنحاء العالم هي لزيادة الخصائص الحرارية والميكانيكية لهذه المتراكبات التي تحوي الألياف الطبيعية (NFCs)، وقد أثبتت إمكاناتها في مجموعة واسعة من التطبيقات بما في ذلك الطب الحيوي والتكنولوجيا الحيوية [36]، وتعد الألياف النباتية هي واحدة من المصادر الطبيعية الأكثر شعبية والأكثر وفرة للتعزيزات المستخدمة في تصنيع تلك المتراكبات، إذ تعطي البوليمرات الحيوية أو البوليمرات الاصطناعية المقواة بألياف نباتية أفضل نوعية من المتراكبات ذات الخصائص المميزة مثل الوزن الخفيف وقابلية التحلل الحيوي وقابلية التجديد، وكذلك يوفر التعزيز بشكل أساسي قوة وصلابة عالية للمادة المتراكبة [37].

يعدُّ الإيبوكسي واسع الانتشار من بين أكثر أنواع البوليمرات اختياراً لتصنيع المواد المتراكبة مع تقوية الألياف الطبيعية، لكن في بعض الأحيان يكون للإيبوكسي تأثيراً ضعيف القوة، وصلابة للكسر ضعيفة، والمقاومة المنخفضة لانتشار الشقوق المرهقة [38]، ويمكن زيادة صلابة وقوة الإيبوكسي عن طريق تقويته بمواد مختلفة مثل الألياف الزجاجية والألياف الطبيعية والتهجين باستخدام حشوات مختلفة مثل الكربون (C)، أو أكسيد الزنك (ZnO) إلخ. وهو نوع من المصفوفة التي يضاف على المتراكب خواصاً فيزيائية وميكانيكية محسنة بسبب دخول المتراكب للتطبيق في العديد من المجالات منها أنظمة النقل عالية الأداء، والصناعات الفضائية، وقطع غيار السيارات وأيضاً في مجال زراعة الأعضاء الاصطناعية في العلوم الطبية الحيوية [39]. يتم استخدام كل من الألياف الحيوانية والألياف النباتية كعوامل تقوية في تصنيع المواد المتراكبة، إذ تحتوي الألياف الحيوانية بشكل كبير على البروتين بينما السليلوز هو العنصر الأساسي المكون للألياف النباتية. تؤثر الألياف الطبيعية بشكل كبير على الخصائص الترابولوجية لهذه المتراكبات، إذ يمكن تعزيز الخواص الترابولوجية إلى حدٍ كبير عن طريق عمل التصاق السطح البيئي بين الألياف و المصفوفة [40].

Literature Review

(5-1) الدراسات السابقة

من خلال هذا الاستعراض سنتطرق الى بعض الدراسات السابقة المقاربة لدراسة عمل هذا البحث، إذ أجرى الباحثون بحوث نظرية وعملية عدة للمواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري المدعم بدقائق مختلفة الأحجام لتحسين خصائصها المختلفة، هذه البحوث تضمنت دراسات متنوعة

منها دراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية وكذلك أيضا دراسة تأثير الظروف المحيطة بها المختلفة من (درجة الحرارة والمحاليل الكيميائية والرطوبة). ونذكر فيما يلي إشارة لبعض من هذه البحوث المنشورة:-

*درس الباحث (Huang Fan) وآخرون في عام (2005)، نتائج عملية تحضير متراكب جديد من راتنجات الايبوكسي/الجسيمات النانوية المرنة (ENP_s) بخلط راتنجات الايبوكسي مع مادتي نيتريل بوتادين كربوكسيلي (Carboxylic Nitrile-Butadiene) و ستايرين بوتادين فينيل بيريدين (Styrene Butadiene Vinyl-Pyridine) باستخدام طريقة الصب اليدوي واجريت فحوصات الصلابة والفحوصات الحرارية للعينات المحضرة، وأظهرت النتائج إن المتراكبات بنوعها تمتلك صلابة أعلى ومقاومة للحرارة بالمقارنة مع راتنج الايبوكسي النقي والاييبوكسي المقوى باستخدام بولي منتهي بالكربوكسيل (بوتادين - أكريلونيتريل مشترك) (CTBN)، وكذلك أظهرت فحوصات (SEM) ان كلا نوعي المتراكبات المستخدمة في الدراسة لها متوسط حجم أقل من (100 nm) وتشير خصائص التشكل والواجهة للشبكة إلى أنه نظراً للتفاعل الكيميائي بين (ENP_s) وراتنج الإيبوكسي والمزيد من الروابط الهيدروجينية بين مجموعات النتريل من مجموعات المطاط والهيدروكسيل لراتنج الإيبوكسي، قد يؤدي التفاعل الأقوى في الواجهة الأكبر إلى الخصائص الممتازة المرصودة لـ راتنجات الايبوكسي المقوى بـ (ENP_s) [41].

*درس الباحثان (Kirugulige and Tippur) في عام (2006)، سلوك الكسر الحجمي لصفائح الإيبوكسي المملوءة بالزجاج ذات الترتيب المتدرج مع تشققات حواف في البداية على طول التدرج تحت ظروف التحميل الديناميكي. وخضعت العينات ذات الكسر المتغير بشكل رتيب من التعزيز لتحميل مختلط بواسطة تأثير غريب الأطوار بالنسبة لمستوى الشق. وإستُخدمت الطريقة البصرية لإستشعار التدرج المترابط والتصوير عالي السرعة لرسم خريطة لتشوهات طرف الشق العابر قبل وبعد بدء الشق. تم فحص تكوينين، أحدهما به صدع على الجانب الأكثر صلابة من ورقة متدرجة والثاني به صدع على الجانب المتوافق، وكذلك تم اختبار عينة متجانسة لتوضيح الاختلافات في سلوك الكسر، إذ أظهرت نتائج الفحص ملاحظة اختلافات في كل من سلوكيات قبل وبعد حدوث الشق بفترات من وقت بدء الشق، ومسار الشق، وسرعة الشق، ووقت عامل شدة الإجهاد. بحيث عندما يقع الشق على الجانب المتوافق من العينة، فإنه يكون أقل بكثير مقارنةً عندما يكون في الجانب الأكثر صلابة. تُظهر سجلات المزج في وضع طرف الشق قيماً صغيرة ولكنها موجبة أثناء نمو الشق من الجانب الأكثر صلابة للعينة نحو الجانب المتوافق بينما يسود مزيج وضع صغير ولكن سلبي للتكوين المعاكس [42].

*درس الباحث (Ahmed) في عام (2007)، الخواص الميكانيكية والحرارية لمترابك بوليمري من مادة الايبوكسي مدعم بدقائق جوز الهند، إذ تم استعمال ثلاثة أحجام دقائق مختلفة من هذه الدقائق على انفراد الأول وهو الناعم والذي تتراوح أقطار حبيباته بين (0.05-0.063 mm) والثاني وهو الوسط والذي تتراوح أقطار حبيباته بين (0.063-0.3 mm) والثالث وهو الخشن والذي تتراوح أقطار حبيباته بين (0.3-0.4 mm) وبنسبة وزنية تصل إلى (20 wt%) للدقائق المضافة إلى راتنج الايبوكسي. واستعملت طريقة الصب اليدوي لتحضير العينات، وقد بينت النتائج للفحوصات الميكانيكية والتي شملت (معامل المرونة والصلادة ومتانة الانحناء) أن لحجم دقائق الملاً تأثيراً في الخصائص الميكانيكية للمواد المترابكة المصنعة، إذ أن أعلى قيم لمتانة الانحناء امتلكتها عينات المترابك بالحجم الوسط للدقائق، وأظهرت نتائج الفحص للتوصيل الحراري أن لحجم الدقائق تأثيراً في التوصيل الحراري، إذ كان الأعلى مقداراً هو التوصيل الحراري للعينات الخشنة [43].

* درس الباحث (Adnan) وجماعته في عام (2009)، الخواص الحرارية والكهربائية لمترابك بوليمري من راتنج الايبوكسي المدعم بدقائق اسود الكربون وبنسب وزنية تتراوح بين (0-20 wt%) للدقائق المضافة. وتم استخدام طريقة الصب اليدوي لتحضير العينات، إذ تم اجراء الفحوصات الكهربائية والحرارية وأظهرت النتائج ان مقاومة المترابك تنخفض عند حدوث تفرغ جهد عالي من خلال المترابك وبينت مترابكات الإيبوكسي-أسود الكربون اختلافات كبيرة عن راتنجات الايبوكسي النقي المقاسة في نطاق التردد، وكذلك تم العثور على عتبة ترشيح الموصلية الحرارية عند إضافة أسود الكربون في نطاق (1-2 wt%) وتبين أن مترابكات الإيبوكسي-أسود الكربون لها خصائص حرارية أفضل من الإيبوكسي النقي [44].

*درس الباحث (Hichem Smaoui) وآخرون في عام (2009)، تأثير اضافة مادة نانوية من أكسيد الخارصين (ZnO) والخارصين (Zn) بنسبة (97 wt%) مع (OAI) بنسبة (3 wt%) الى راتنجات الايبوكسي (ER) واستخدمت طريقة السائل الهلامي (sol-gel) لتحضير العينات، إذ تم خلط هذين المكونين بعناية وبشكل متجانس بدون أي مذيب عند نسبة القياس الكيميائي وفي درجة حرارة الغرفة، وتم استخدام تقنيات التحليل الطيفي للاسترخاء العازل للنطاق العريض (DRS) (10⁻³ to 10⁶ Hz) وتقنيات تيارات إزالة الاستقطاب المحفزة حرارياً (TSDC) للتحقيق في ارتداء العازل الكهربائي والتنقل الجزيئي في المترابكات النانوية القائمة على راتنجات الايبوكسي (ER) المليئة بالجزيئات الموصلة النانوية المتكونة من (ZnO) و (Zn 97wt%,OAI) (3wt%) وتم إجراء القياسات العازلة في درجة حرارة الغرفة، إذ اظهرت نتائج تحليل البيانات التي

تم الحصول عليها أولاً من حيث سماحية العزل الكهربائي، ومن ثم تحويلها إلى المعامل الكهربائي لتسليط الضوء على عملية التوصيل، ووجد أن الاسترخاء البيئي يعتمد بشدة على وجود مادة الحشو من الجزيئات النانوية كما اظهرت النتائج انخفاض التنقل الجزيئي الكلي في حالة الزجاج في المركبات النانوية مقارنة بـ (ER) بينما يزداد التنقل في حالة المطاط الزجاجي، وكذلك أدى عدم التجانس الذي أدخلته جسيمات حشو النانو إلى زيادة كثافة شحنة الفراغ في متراكبات الإيبوكسي النانوية، وأن موصلية التيار المتردد لكل من مصفوفة (ER) والمتراكبات الإيبوكسية النانوية تعتمد على التردد، وكذلك يُظهر القانون الآسي ان هضبة التيار المستمر في نطاق التردد المنخفض وزيادة موصلية التيار المستمر في المركبات النانوية [45].

*درس الباحث (B. Ramezanzadeh) وآخرون في عام (2011)، تأثير إضافة جزيئات ZnO النانوية على الخواص الميكانيكية وسلوك المعالجة لمتراكب الإيبوكسي النانوي، إذ تم تحضير المتراكبات النانوية باستخدام حمولات مختلفة من دقائق أكسيد الخارصين النانوية (Nano ZnO) المشتتة مسبقاً بمتوسط حجم (40 nm)، إذ تم الخلط بمعدل قص (2000 rpm) لمدة (20 min). تمت دراسة تضاريس السطح والتشكل للمتراكبات النانوية باستخدام مجهر القوة الذرية (AFM) وفحوصات الخواص الميكانيكية للمتراكبات النانوية باستخدام التقنيات التحليلية بما في ذلك التحليل الحراري الميكانيكي الديناميكي وصلابة فيكرز الدقيقة، وكذلك تمت دراسة تأثير دقائق أكسيد الخارصين النانوية (Nano ZnO) على سلوك المعالجة لهذه المتراكبات النانوية باستخدام تقنيات المسعر التفاضلي المتساوي الحرارة وغير الحراري. إضافة إلى ذلك، تمت دراسة التركيبات الكيميائية للطلاء المحتوي على محتويات مختلفة من جزيئات أكسيد الخارصين النانوية باستخدام استنتاج تحويل فوربييه، إذ اظهرت النتائج أن دقائق أكسيد الخارصين النانوية (Nano ZnO)، يمكن أن تؤثر بشكل فعال على الخواص الميكانيكية لطلاء الإيبوكسي. بالإضافة إلى ذلك، تم الحصول على درجات معالجة منخفضة، وبالتالي كثافة تشابك عالية لطلاء الإيبوكسي المحتوي على جسيمات أكسيد الخارصين النانوية (Nano ZnO)، وكان هذا التأثير مختلفاً تماماً عند التحميل المنخفض والعالي للجسيمات [46].

*درس الباحثان (Ahmed. J. Farhan and Harith. I. Jaffer) في سنة (2011)، تأثير إضافة نوعين من الحشوات (نشارة الخشب والقصب المفروم) الى راتنجات البولي استر غير المشبعة باستخدام طريقة القولية اليدوية لتحضير صفائح متراكبة من (البولي استر غير المشبعة (UPE)- نشارة الخشب والبولي استر غير المشبعة (UPE) - القصب المفروم)، وتمت دراسة الخواص الميكانيكية بما في ذلك قوة الانحناء ومعامل يونغ للعينات في الظروف الاعتيادية، إذ تم

عمر العينات في الماء لمدة (30) يوماً للعثور على زيادة الوزن من الماء للعينات، ولمعرفة تأثير الماء على قوة الانحناء ومعامل يونغ. أظهرت النتائج أن البولي استر غير المشبعة (UPE)-القصب المفروم، قد أكتسبت أعلى قيم لقوة الانحناء (24.5 MPa) و (5.1 GPa) لمعامل يونغ مقارنة بالمتراكبات الأخرى، وكذلك أظهرت النتائج أن العينات الرطبة لمتراكب نشارة الخشب كانت أقل قيم زيادة في الوزن (wt %) من الماء بنسبة (0.043 wt%) مقارنة بالمتراكبات الأخرى بعد الغمر، وأخيراً أظهرت النتائج انخفاضاً طفيفاً في قيم معامل يونغ لـ جميع العينات بعد الغمر مقارنة بالعينات قبل الغمر [47].

*درس الباحث (Paula Judith Perez Espitia) وآخرون في عام (2012)، مراجعة طرق التوليف الرئيسية لجسيمات أكسيد الخارصين النانوية (Nano ZnO) والخصائص الرئيسية وآليات عمل مضادات الميكروبات بالإضافة إلى تأثير دمجها في المصفوفات البوليمرية، كما تمت مناقشة قضايا السلامة مثل طرق التعرض في المقياس النانوي وخصائص مضادة للميكروبات والتطبيقات المحتملة في حفظ الأغذية. تم دمج الجسيمات النانوية لأوكسيد الخارصين (Nano ZnO) في المصفوفات البوليمرية من أجل توفير نشاط مضاد للميكروبات بينت الدراسة ان جسيمات اوكسيد الخارصين النانوية (Nano ZnO) تعدُّ عامل مضاد للميكروبات واعد بسبب نشاطه ضد مجموعة واسعة من الكائنات الحية الدقيقة ومقاومة عالية لظروف المعالجة القاسية للجسيمات النانوية، وخصائص مضادة للميكروبات ضد مسببات الأمراض المنقولة بالغذاء. علاوة على ذلك، حافظت هذه الجسيمات النانوية على نشاطها المضاد للميكروبات حتى عند دمجها في المصفوفات البوليمرية، مما يشير إلى قدرتها على حفظ الطعام من خلال استخدامها كغلاف غذائي مضاد للميكروبات [48].

*درس الباحث (Boon-Peng Chang) وآخرون في سنة (2012)، مقارنة على المواد المتراكبة بين البولي إيثيلين (polyethylene) عالي الوزن الجزيئي (UHMWPE) المقوى بأوكسيد الخارصين المايكروي والنانوي (Micro and Nano ZnO) وبنسبة أحمال حشو مختلفة. تم تحضير المواد المتراكبة بنوعيتها باستخدام قالب ضغط ساخن و تمت مراقبة سلوكيات التآكل والاحتكاك باستخدام جهاز اختبار مثبت على قرص (POD)، إذ تم انزلاق العينات على شكل دبوس مقابل (400) كربيد حبيبي للأوراق الكاشطة التي تم لصقها على قرص صلب لا يصدأ تحت ظروف انزلاق جافة، وتم إجراء اختبار العينات بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لملاحظة توبوغرافية (شكل الأسطح)، إذ أظهرت النتائج التجريبية أن (UHMWPE) المقوى بأوكسيد الخارصين المايكروي والنانوي (Micro and Nano ZnO) سيحسن أداء السلوك. وان

متوسط معامل الاحتكاك (COF) لكلٍ من المتراكبات (UHMWPE/ZnO) المايكروية والنانوية لأكسيد الخارصين كانت قابلة للمقارنة مع (UHMWPE) النقي وان فقدان الوزن بسبب التآكل للمواد المتراكبة لـ (Nano ZnO/UHMWPE) أقل مقارنة بـ (Micro ZnO/UHMWPE) و(UHMWPE) النقي وان الحشو الأمثل كان عند التحميل لمتراكبات (Nano ZnO/UHMWPE) بنسبة (10 wt%) [49].

*درست الباحثة (Sweench) وجماعتها في عام (2013) الخصائص الميكانيكية والحرارية وبعض الخواص العازلة لمتراكب ذات أساس بوليمري من راتنج الايبوكسي المدعم بحشوة قشرة الكستناء وتمت عملية التصنيع للمتراكب بطريقة القولية اليدوية وبنسبة وزنية (5 wt%) لدقائق الكستناء المضافة وبحجم حبيبي (106 μm) حيث تمت دراسة كل من اختبار الشد والصلادة ومثانة الانحناء والصدمة والانضغاطية، وقد بينت النتائج زيادة في قيم الاختبارات المذكورة أعلاه مع إضافة النسبة من قشرة الكستناء بينما سجلت زيادة طفيفة لمعامل يونك للانحناء، وكذلك بينت النتائج ان للمتراكب سلوك عزل حراري وتناقص قوة العزل ومقاومة الحجم وزيادة ثابت العزل، وتم أيضاً تقدير قيم معامل يونج للانحناء واختبارات الصلابة كدالة لوقت الغمر في الماء في درجة حرارة الغرفة لمدة تصل إلى (8) أسابيع، وأشارت النتائج المتحصل عليها إلى أن المتراكب قد استجاب لامتناس الماء [50].

*درست الباحثة (Camila Rodrigues Amaral) وآخرون في سنة (2014)، العلاقة بين الشبكة الهيكلية الإيثر ثنائي الجلي سايديل (Diglycidyl ether) من راتنجات الايبوكسي ثنائي الفينول (DGEBA)، المعدلة بواسطة اثنين من الأمينات الدهنية المتميزة هي رباعي إيثيلين ايبنتامين (tetra ethylene epentamine TEPA) وجيف امين (jeff amine D230) وفقاً لنسبة (30/70) من (الإيبوكسي/الأمين)، وتم تجفيف الراتينج سابقاً تحت التفريغ عند (80°C) ثم تم خلطه بنسب مختلفة (30/70) من عوامل أمين ومن ثم خلط بنسب متكافئة من (TEPA30) و (D230) وتم تحديد هذه الأوزان المكافئة للعوامل عن طريق المعايرة باستخدام تقنية قياس الجهد وتمت دراسة الخصائص الميكانيكية، كمصفوفة محتملة لتطبيقات المواد الكاشطة، إذ تم إجراء كلا الاختبارين للانثناء، لتحديد إجهاد الخضوع ومعامل المرونة، وكذلك اختبارات التأثير لتحديد صلابة الشق، وأظهرت النتائج ان متراكب (DGEBA-D230) قدم أعلى صلابة ولكن أقل إجهاد الخضوع، وأظهرت شبكة الايبوكسي هذه أيضاً تشوهاً بلاستيكيًا أكبر أثناء الكسر [51].

*درست الباحثة (طيبة) في عام (2016)، تأثير اضافة أكسيد النحاس النانوي على بعض الخصائص الفيزيائية لخلائط الايبوكسي، اذ تم استعمال طريقة القلابة اليدوية في تحضير خلائط بوليمرية مكونة من راتنج الأيبوكسي مع راتنج البولي بيوتان بنسب وزنية (5, 10, 15, 20, and 25 wt%)، وتم اجراء الأختبارات الميكانيكية، وأظهرت النتائج العملية ان الخلائط المدعمة بأوكسيد النحاس النانوي تمتلك افضل الخصائص في الظروف الاعتيادية بالمقارنة مع بقية العينات المحضرة اذ كانت اعلى قيمة لمقاومة الصدمة والصلادة ومعامل يونك [52].

*درس الباحث (A. Mohammed) وآخرون في سنة (2016)، تأثير إضافة الياف نخيل السكر الطبيعية الى بوليمر البولي يوريثين (polyurethane) مع اضافة نسب وزنية مختلفة (2-6 wt%) من هيدروكسيد الصوديوم لتعزيز التوافق بين المواد المخلوطة اذ تم دمج (30 wt%) من ألياف نخيل السكر و (70 wt%) من مركبات البولي يوريثين المتلدنة بالحرارة، إذ تم تثبيت السرعة بمعدل دورات (40 ro/min) عند درجة حرارة (200°C)، وتم إجراء فحوصات الشد ومعامل الشد للعينات المحضرة، واظهرت النتائج انه يمكن أن توفر معالجة الألياف معامل شد جيد قدره (440MPa) عند نسبة (2 wt%) من هيدروكسيد الصوديوم، وانفعال (41 wt%) عند نسبة (6 wt%) من هيدروكسيد الصوديوم مع المترالكب. ومع ذلك، انخفضت قوة الشد، إذ سجلت أعلى قيمة (5.59 MPa) عند نسبة (6 wt%) من هيدروكسيد الصوديوم. وفي الوقت نفسه ، فإنه تم العثور على معامل الشد والانفعال للمترالكبات لتكون أفضل بكثير من تلك غير المعالجة. في المقابل ، لم تتحسن قوة الشد [53].

*درس الباحث (A. Atiqah) وآخرون في سنة (2018)، تحضير ودراسة تطوير مواد متراكبة من بوليمر البولي يوريثين (TPU) المدعم بألياف نخيل السكر الطبيعية (SPF)، إذ تم معالجة السطح بمادة السيلان بنسبة (2 wt%) لتحسين واجهة مصفوفة الألياف وتحميل الاليف بنسب مختلفة (0, 10, 20, 30, 40, and 50 wt%) باستخدام طريقة الخلط بالنوبان، متبوعة بالقلابة بالضغط الساخن ومن ثم التحلل المائي، تم اجراء الفحوصات الميكانيكية متمثلة بالشد، الإنثناء، تأثير الصدمة والخصائص الحرارية تم فحصها أيضاً عن طريق تحليل الجاذبية الحرارية (TGA) والتحليل الميكانيكي الديناميكي (DMA) إلى تقييم الاستقرار الحراري للمتراكبات المطورة. علاوة على ذلك، تم إجراء فحص المجهر الإلكتروني (SEM) لدراسة كسر العينات نتيجة تأثير الشد للمواد المتراكبة بهدف تقييم آثارها على معالجات سطح الألياف على الترابط البيئي للألياف والمصفوفة، اظهرت نتائج الاختبارات انه كانت المعالجة بمادة (silane) جيدة الترابط لألياف السليلوز بمصفوفة (TPU)، ومن ثم المساهمة في تعزيز الخواص الميكانيكية والحرارية

للمتراكبات. فكانت النتائج بقيم (17.22 MPa) للشد، (13.96 MPa) للانحناء، و (15.47 kJ/m²) لمقاومة الصدمة مع نسبة تحميل (40 wt%) من ألياف النخيل علاوة على ذلك، تم عرض المتراكبات ذات المحتوى العالي من الألياف كقيم مرضية لمعامل التخزين والتدهور الحراري، بينما يتضح من صور SEM ان التصاقها البيئي جيد. [54].

*درس الباحث (Vu Manh Tuong) وآخرون في عام (2019)، تأثير اضافة جسيمات أكسيد الخارصين الى راتنج الأيبوكسي بطريقة الطلاء بالرش البسيطة المتكونة من خطوتين لتحسين مقاومة الماء وثبات اللون للخشب عند طلاء الخشب نوع (*Styrax tonkinensis*).، تم إجراء فحوصات البنية المجهرية والتراكيب البلورية للطلاء من خلال تحليل المجهر الإلكتروني الماسح للانبعاثات الميدانية (FESEM) وتحليل الأشعة السينية (XRD) على التوالي، وأظهرت النتائج أن المتراكب المتكون من طلاء الأيبوكسي وأكسيد الخارصين (ZnO) الذي تم الحصول عليه لم يكن فقط شديد المقاومة للماء بمتوسط زاوية تلامس مائي (154.1°)، ولكنه حافظ أيضاً على مقاومة فائقة للماء بمتوسط زاوية ملامسة للماء (149.6°) بعد خمسة اختبارات نفث للماء، وكذلك تم تحسين ثبات اللون لعينات الخشب المطلي بنحو (50 wt%) مقارنة بعينات الخشب غير المطلي، أيضاً بالإضافة إلى ذلك، تم ضمان طلاء مستمر من متراكب الأيبوكسي وأكسيد الخارصين (ZnO) بهياكل هرمية دقيقة ونانوية تم إنشاؤها بواسطة هيكل (wurtzite) السداسي لجسيمات أكسيد الخارصين (ZnO) المايكروية والنانوية على الأسطح الخشبية [55].

*درس الباحث (Ubair Abdus Samad) وآخرون في عام (2019)، تأثير اضافة نوعين من الجسيمات النانوية من (Ag) و (ZnO) النانوية الى طلاءات (EP-pack2) المدمجة مع البوليستر الموصل (PPy) من نوع بيسفينول A من راتنجات الأيبوكسي (DGEBA)، إذ تم استخدام عامل المعالجة (2,4,6-tris) (ثنائي ميثيل أمين ميثيل) الفينول (ARADUR 3282-BD) تحت قيم القياس المتكافئ الأمثل وتم تشتيت الجسيمات النانوية المختلفة بنسبة الوزن أولاً في مذيب بواسطة عملية الصوتنة ثم إضافتها إلى متراكب (EP-PPy)، وتمت معالجة جميع الألواح الفولاذية المطلية في درجة حرارة الغرفة في بيئة خالية من الغبار لمدة 7 أيام للحصول على طلاء صلب وسليم. تم فحص تشتت الجسيمات النانوية من (ZnO) و (Ag) في الطلاء باستخدام الفحص المجهر الإلكتروني (SEM) وتكوينه من خلال تقنية الأشعة السينية المشتتة للطاقة (EDX). تم أيضاً إجراء الفحص بالتقنيات التقليدية والمسافة البادئة بالنانو لملاحظة تأثير محتوى التآزر لجسيمات (Ag) و (ZnO) على الصلابة ومعامل المرونة على نطاق النانو، وكذلك تم فحص سلوك التآكل للعينات المطلية عند درجة حرارة الغرفة في محلول كلوريد الصوديوم (3.5 wt%) باستخدام

التحليل الطيفي للمقاومة الكهروكيميائية (EIS) أظهرت الفحوصات ان المتراكب المحضر بنوعيه (EP-ZnO and EP-Ag) تكون أكثر مقاومة للتآكل بشكل ملحوظ من تلك المحمية بطبقات الإيبوكسي التقليدية، وكشفت النتائج أيضاً أن بعض التراكيب يمكن أن تمنع تآكل الفولاذ ويمكن استخدام تراكيز صغيرة من هذه المواد لتحل محل مثبطات التآكل غير العضوية التقليدية المستخدمة حالياً في نظام الإيبوكسي، ومن ناحية أخرى، أظهرت المقارنة مع نتائج التآكل المتسارع التي تم الإبلاغ عنها سابقاً لطلاءات مختلفة والتي تم الحصول عليها باستخدام ظروف تجريبية متطابقة أن دمج الجسيمات النانوية والتآزر مع (Ag and ZnO) وإضافة (PPy) ينتج عنه فائدة من حيث الحماية من التآكل [56].

*درس الباحث (T. ur Rahman) وآخرون في سنة (2019) تأثير إضافة ثلاثة جسيمات نانوية مختلفة بنسب متفاوتة (SiO₂ 30 nm, TiO₂ 25 nm and TiO₂- SiO₂ 40 nm) الى راتنج الايبوكسي نوع (zepoxy 300) لتحضير نوعين من المتراكبات النانوية وكان الهدف الرئيسي هو اكتشاف طبيعة العلاقة بين تيار التسرب والتفريغ الجزئي لبيان حالة العزل الكهربائي والتكوين الأمثل لنتائج في قيم PD و LC . تم اختبار جميع متراكبات (Zepoxy Filled Nano Composites) على (100kV) كمعدات اختبار وقد يصل الخطأ في القيم المختبرة إلى 1 (wt%) إذ أظهرت النتائج ان كل من جزيئات (SiO₂ and TiO₂-SiO₂) النانوية تحسناً في خصائص المواد الأساسية مع زيادة النسبة المئوية بينما تحتوي جزيئات (TiO₂) على سلوك معاكس. ويمكن الاستنتاج أن أحمال النانو المثلى لـ (SiO₂ 30 nm, TiO₂ 25 nm and TiO₂- SiO₂ 40 nm) هي (0.6, 0.4 and 0.8 wt%) على التوالي وتحتوي عمليات تحميل الحشو المثالية على قيم دنيا لـ (LC) و (PD) للحصول على أفضل أداء للعزل. وبشكل عام، من بين جميع المتراكبات النانوية الثلاثة التي تم اختبارها، أظهرت مركبات (TiO₂ - SiO₂) النانوية أفضل أداء. بالإضافة إلى ذلك، فقد لوحظ وجود علاقة مباشرة قوية للغاية بين تيار التسرب (LC) والتفريغ الجزئي (PD) وكذلك تختلف القيم الملحوظة لـ (LC) و (PD) و بنسب مختلفة من الجسيمات النانوية على نطاق واسع ولكن في جميع الحالات، ترتبط (LC) و (PD) ارتباطاً مباشراً ببعضهما البعض عند مقارنتها بنسبة مئوية محددة [57].

*درس الباحث (Gunti Rajesh) وآخرون في سنة (2019)، تأثير إضافة مادة نانوية الى مادة البولي استر المقوى بالالياف الطبيعية لتحضير متراكب نانوي باستخدام طريقة الصب اليدوي وتم تحضير عينات الاختبار للمتراكب بنسب وزن متفاوتة من ألياف المدار القصيرة (Short-Madar Fiber) في مصفوفة البولي استر (Polyester) من (2.5-15 wt%) بفاصل (2.5 wt%) بدون

طبقة نانوية، ومن ثم تم اختبار العينات لخصائص الشد وأظهرت النتائج زيادة مقاومة الشد للمترابك مع زيادة تحميل الألياف بنسبة تصل إلى (10 wt%)، ومع إضافة المزيد من الألياف، كان هناك انخفاض في قوة الشد. وتم تحقيق أقصى قيمة بنسبة (10 wt%) من ألياف المدار و كانت (23.33 MPa) تمت زيادة مقاومة الشد للمترابك المقوى بألياف مدار مملوءة بالنانو إلى قيمة (25.16 MPa) حتى نسبة (10 wt%) تحميل من الألياف، ومن ثم مع إضافة مزيد من الألياف مع الصلصال النانوي، يتم نقصان قوة الشد، ولوحظ أيضًا أن هناك زيادة في معامل المترابك المقوى بألياف مدار إلى قيمة (520.2 MPa) حتى تحميل الألياف بنسبة (15 wt%) وزيادة معامل الشد للمترابكات المقواة بالألياف المملوءة بالنانو بقيمة (460.35 MPa) حتى تحميل الألياف بنسبة (15 wt%) وكانت أقل بنسبة (11.5 wt%) مقارنة بالمترابك الذي لا يحتوي على مادة النانو. لوحظ أن هناك انخفاض في نسبة الاستطالة عند الكسر لمترابك البولي استر المدعم بالألياف المدار بدون حشو نانو، إذ بلغت (43.7 wt%) وهو أعلى بكثير من المترابك المملوء بالنانو [58].

*درس الباحثان (S. Mahesh Babu and M. Venkateswara Rao) في سنة (2019)، تأثير إضافة مسحوق البازلت (Basalt powder) إلى البوليستر (Epoxy and polyester) المعززة بالألياف الزجاجية (Glass fiber) لتحضير مواد مترابكة هجينة من الأيوكسي والبولي استر باستخدام طريقة القولية اليدوية (Hand layup process) وفقاً لمعايير (ASTM)، وتم إجراء اختبارات الشد، والانحناء، وطريقة قوة تأثير شاربي لاختبار الصلابة، وأظهرت النتائج أن إضافة مسحوق البازلت يحسن من الخواص الميكانيكية لمترابكات البوليستر الهجينة المقواة بالألياف الزجاجية الأساسية [59].

*درس الباحث (A. Thiagarajan) وآخرون في سنة (2019)، تأثير إضافة جسيمات أكسيد الخارصين النانوية إلى راتنجات الإيبوكسي (Diglycidyl Ether of Bisphenol A) لتحضير مترابكات مدعمة بجسيمات أكسيد الخارصين النانوية (ZnO NPs) بنسب وزنية (1, 2, 3, and 5 wt%) باستخدام طريقة القولية اليدوية وتم عمل حصيرة من مادة الأيوكسي المقوى بالألياف الزجاجية قبل إضافة الجسيمات النانوية. تم إجراء فحوصات المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) واختبار الشد للعينات المحظرة، وأظهرت نتائج الفحوصات عملية التشكل السطحي وبين الفحص توزيع مادة (ZnO NPs) بصورة متجانسة مع بعض التكتلات في مصفوفة الأيوكسي وتم الكشف أيضاً عن الألياف الزجاجية، وكذلك تم التأكيد على أن إضافة جسيمات نانوية من أكسيد الخارصين

(ZnO) بنسبة (1 wt%) في راتنجات الإيبوكسي أظهرت زيادة بنسبة (20 wt%) في مقاومة الشد مقارنة براتنج الإيبوكسي [60].

Aim of the Study

(6-1) الهدف من الدراسة

تهدف الدراسة الحالية إلى:-

1- تحضير متراكبات من راتنج الايبوكسي المدعم بنوعين من مواد التدعيم (الدقائق المايكروية والنانوية)

2- دراسة تأثير الكسر الوزني ونوع مادة التدعيم على السلوك الميكانيكي في كل من خاصية (الشد والصلادة والانحناء والصدمة) وعلى الخصائص الكهربائية العزلية والخصائص الحرارية المتمثلة (بالتوصيل الحراري) لمتراكبات الايبوكسي المايكروية والنانوية.

3- دراسة طبيعة الكسر الناتج من اجهاد الشد للعينات باستخدام فحص (FE-SEM).

4- إيجاد أفضل نسبة من مادة تدعيم لراتنج الايبوكسي تعطي افضل خصائص فيزيائية لمتراكب الايبوكسي المايكروي والنانوي واستخدامها في عدة مجالات صناعية وفي مختلف الظروف وبأقل التكاليف، كاستخدامها في صناعة الاثاث.

5- إستخدام افضل نسبة تدعيم في تحضير متراكب هجين من راتنج الإيبوكسي وألياف النخيل والدقائق النانوية ودراسة خصائصها الميكانيكية والكهربائية العزلية والحرارية لاستخدامها في الصناعة مستغلين وفرة أشجار النخيل وكثرة مخلفاتها التي غالبا ما يتم التخلص منها بطريقة الحرق التي تؤدي الى مخلفات كاربونية مضرّة في البيئة.