



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة بغداد  
كلية التربية للعلوم الصرفة/ابن الهيثم

## تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخلائط بوليمرية مدعمة

رسالة مقدمة

إلى

مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة /ابن الهيثم - جامعة بغداد  
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل

زينه عبد اللطيف عباس

بإشراف

أ.م.د. سعاد حامد العيبي

٢٠١٩ م

١٤٤٠ هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَفَرَّقَ اللَّهُ بَيْنَهُمَا بِرِيحٍ مُّزْمَلَةٍ

مِنْ عَالَمٍ آخَرَ

(سورة يوسف الآية ٧٦)

## إقرار المشرف

أقر بأن اعداد هذه الرسالة الموسومة بـ ( تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكة لخلائط بوليمرية مدعمة)

للطالبة (زينه عبد اللطيف عباس) قد جرى بإشرافي في قسم الفيزياء/كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم) / جامعة بغداد وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء .

التوقيع: 

الأستاذ : د. سعاد حامد العبيبي

المرتبة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة بغداد / كلية التربية للعلوم الصرفة ابن الهيثم / قسم الفيزياء

التاريخ: ٢٠١٩/٧/٤م

## توصية رئيس قسم الفيزياء

إشارة الى التوصية المقدمة من الأستاذ المشرف أرشح هذا الرسالة للمناقشة

التوقيع: 

الأستاذ : د. سمير عطا مكي

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: جامعة بغداد / كلية التربية للعلوم الصرفة ابن الهيثم / قسم الفيزياء

التاريخ: ٢٠١٩/٧/٤م

## إقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة الموقعين أدناه نشهد أننا قد اطلعنا على رسالة الماجستير الموسومة " تحضير ودراسة بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخلائط بوليمرية مدعمة " المقدمة من قبل الطالبة (زينه عبد اللطيف عباس). وقد ناقشنا الطالبة في محتوياتها وكل ما له علاقة بها فوجدناها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير في علوم الفيزياء بتقدير (جيد جداً) ولأجله وقعنا.

رئيس اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. وداد حمدي جاسم

الدرجة العلمية: استاذ

العنوان: جامعة بغداد/كلية التربية للعلوم الصرفة-

ابن الهيثم

التاريخ: ٢٠١٩/٩/١٧ م

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. ناهدة جمعة حميد

الدرجة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: الجامعة التكنولوجية/

قسم العلوم التطبيقية

التاريخ: ٢٠١٩/٩/١٧ م

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: شذى هاشم مهدي

الدرجة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة بغداد/كلية التربية

للعلوم الصرفة-ابن الهيثم

التاريخ: ٢٠١٩/٩/١٧ م

عضو اللجنة (مشرفاً)

التوقيع:

الاسم: د. سعاد حامد العيبي

الدرجة العلمية: استاذ مساعد

العنوان: جامعة بغداد/كلية التربية للعلوم الصرفة-ابن الهيثم

التاريخ: ٢٠١٩/٩/١٥ م

مصادقة عميد كلية التربية للعلوم الصرفة-ابن الهيثم/جامعة بغداد

التوقيع:

الاسم: حسن احمد حسن

الدرجة العلمية: استاذ

العنوان: عميد كلية التربية للعلوم الصرفة-ابن الهيثم/جامعة بغداد

التاريخ: ٢٠١٩/٩/١٧ م



## الإهداء

إلى من علمني النجاح والصبر  
إلى من افتقده في مواجهة الصعاب  
ولم تمهله الدنيا لأرتوي من حنانه  
(أبي الغالي)

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار.. إلى من علمني العطاء من دون انتظار .. أرجو من  
الله أن يمد في عمرك لثرى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوما  
أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد  
(خالي العزيز)

إلى من كان دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أعلى الحباب  
(أمي الحبيبة)

إلى من تجاوزت كل مراحل المحبة... وإلى من اضعها بين اقواس... إلى رفيقة دربي  
(خالتي العزيزة)

إلى من بنيت معهم احلامي.. ورسمت امالي.. إلى ابتسامتي التي تغلو حياتي..  
(اخواتي واخواني)

إلى الأخوات اللواتي لم تلذهن أمي .. إلى من تحلين بالإخاء وتميزن بالوفاء  
(صديقاتي)

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد الأمين وعلى آله  
وصحبه الطيبين الطاهرين، وبعد

فلا بد لي من اطلالة موجزة موشحة بالعرفان والثناء والشكر الجزيل لأستاذتي الدكتورة  
(سعاد حامد لعبيبي) التي ساعدتني بفضل علمها خلال مدة البحث، وغرست في نفسي الامل  
والنجاح، فتحملت مشاق بحثي صبراً وعناء كثيراً طوال مدة البحث وعمله الشاق ، فجزاها الله جزاء  
الشاكرين، وادعو الله ان يديم علمها لنا وييسر امرها، ويطيل عمرها، لتبقى نبراساً مضيئاً يشع  
علمها في ميدان العلم والمعرفة ، ومناراً يضيء سبيل الباحثين وطلاب العلم.

كما اتقدم بالشكر الجزيل والتقدير إلى كل من كلية التربية للعلوم الصرفة \_ ابن الهيثم، قسم  
الفيزياء ، لكل ما قدموه لي من مساعدة ومساندة مكنتني من المضي بخطا ثابتة في مسيرتي  
العلمية.

كذلك اتقدم بالشكر الى الجامعة التكنولوجية قسم العلوم التطبيقية لاسيما  
الاستاذ (مؤيد فائق عبدالمجيد) لمساعدتهم لي في اجراء الفحوصات.

كذلك اتقدم بالشكر الجزيل الى من تحرص دائماً ان تكون بجانبني الى رمز النقاء وعنوان  
الوفاء والنوايا الصادقة صديقتي رشا، واقدم شكري ايضاً الى من رافقتني في دروب بحثي ومنحتني  
الامل والتفاؤل والعطاء الى الجميلة صفاتها صديقتي رنا.

ومن الله التوفيق

Zinah

## الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة تحضير خلطات بوليمرية من راتنج الايبوكسي والبولي استر غير المشبع (EP+UPE) وتم اختيار أفضل نسبة للخلط ( Optimum Mixing Ratio ) بالاعتماد على افضل قيمة لمتانة الصدمة، وكذلك تم التوصل من فحص المسح الحراري التفاضلي (DSC) بان الخلائط البوليمرية المحضرة متجانسة حيث اعطت العينة الافضل ذات النسبة (Ep80%+UPE20%) قيمة واحدة لدرجة حرارة الانتقال الزجاجي (Tg) وتساوي (112°C).

ومن خلال اختيار افضل نسبة للخلط (Ep80%+UPE20%) تم تحضير ثلاثة نماذج من الخلائط البوليمرية اول نموذج الخليط البوليمري المحضر (Ep+UPE) بالنسبة المذكورة اعلاه ومن ثم تم تحضير مادة مترابطة منفردة اساسها الخليط البوليمري (Ep+UpE) مضافا اليه مسحوق اوكسيد المغنيسيوم (Ep+UpE+MgO) وبنسب وزنية مختلفة (4,8,12) wt % وكذلك تم تحضير مادة مترابطة هجينة ايضا ذات اساس من الخليط البوليمري (Ep+UpE) مضافا اليه مسحوق اوكسيد المغنيسيوم واوكسيد الخارصين (Ep+UpE+MgO+ZnO) وبنفس النسب الوزنية المذكورة سابقا وتمت عملية التحضير باستخدام طريقة القولبة اليدوية. تضمنت الدراسة اجراء بعض الاختبارات الميكانيكية والفيزيائية التي اشتملت على (مقاومة الصدمة، الشد، معامل يونك، الانضغاطية، الصلادة) والفيزيائية (التوصيل الحراري، ومعامل الانتشارية الذي تم باستخدام المحاليل الكيميائية التي اشتملت على حامض النتريك (HNO<sub>3</sub>) ومحلول قاعدي هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) وبتركيز عياري (0.05N) وكذلك الماء المقطر، من النتائج المستحصلة للاختبارات الميكانيكية امتلكت النسبة (8%) للمادة المترابطة المنفردة (Ep+UpE+MgO) افضل قيمة لمتانة الصدمة و متانة الشد ومعامل يونك حيث كانت القيم (7.41MPa)،(8.30MPa)،(13.79MPa) على التوالي اما الانضغاطية فقد امتلكت النسبة (4%) افضل قيمة للمادة المترابطة المنفردة وهي (7.04MPa).

اما للمادة المترابطة الهجينة فقد امتلكت النسبة (4%) لمسحوق (MgO+ZnO) افضل قيمة لمتانة الصدمة ومتانة الشد ومعامل يونك وهي (27.33MPa)، (8.09MPa)، (15.2MPa) على التوالي، بينما النسبة (8%) لمسحوق (MgO+ZnO) امتلكت افضل قيمة لمتانة الانضغاطية (4.70MPa)، اما اختبار الصلادة فقد تمت ملاحظة زيادة في قيمة الصلادة بعد التدعيم بالنسبة للمادة المترابطة المنفردة وتزداد قيمة الصلادة بزيادة النسب الوزنية لأوكسيد المغنيسيوم المضاف، اما للمادة المترابطة الهجينة فيلاحظ نقصان في قيمة الصلادة بعد التدعيم ويستمر النقصان بزيادة نسب أوكسيد المغنيسيوم وأوكسيد الخارصين المضافة. اما بالنسبة للاختبارات الفيزيائية والتي تمثلت بالتوصيل الحراري فقد تمت ملاحظة نقصان في قيمة التوصيل الحراري بعد التدعيم ويستمر النقصان بزيادة نسب التدعيم المضافة للمادة المترابطة المنفردة اما للمادة المترابطة الهجينة فيلاحظ كذلك نقصان في قيمة التوصيل الحراري بعد التدعيم لكن بزيادة نسب الاوكسيدين ترتفع قيمة التوصيل الحراري. اما بالنسبة لاختبار الانتشارية فقد امتلك الخليط البوليمري (Ep+UPE) اقل قيمة للانتشارية في الماء المقطر حيث كانت قيمة معامل الانتشار ( $1.905 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ ) واما في المحلول الحامضي فقد امتلكت النسبة (12%) للمادة المترابطة المنفردة اقل قيمة لمعامل الانتشار ( $2.498 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ ) واما للمحلول القاعدي فقد امتلكت النسبة (12%) كذلك اقل قيمة لمعامل الانتشار ( $1.821 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ )، واما للمادة المترابطة الهجينة اقل معامل الانتشار في الماء المقطر فكانت للنسبة (12%) حيث بلغت ( $5.79 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ ) وللمحلول الحامضي امتلكت النسبة (8%) اقل قيمة حيث بلغت ( $4.157 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ ) وللمحلول القاعدي امتلكت النسبة (12%) اوطا قيمة لمعامل الانتشار والتي بلغت ( $12.968 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$ ).

## الرموز

<b>Symbols</b>	<b>Meaning</b>
<b>D</b>	<b>Diffusion Coefficient</b>
<b><math>\epsilon</math></b>	<b>Strain</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>Stress</b>
<b>k</b>	<b>Thermal conductivity coefficient</b>
<b><math>\phi_i</math></b>	<b>Volume fraction of compound</b>
<b>e</b>	<b>Represents the quantity of heat flowing through the cross sectional area of the specimen per unit time.</b>
<b>Hm</b>	<b>Enthalpy of mixture</b>
<b>Sm</b>	<b>Entropy of mixture</b>
<b>Gm</b>	<b>Gibbs's free energy of mixing</b>
<b>ZnO</b>	<b>Zinc Oxide</b>
<b>MgO</b>	<b>Magnesium Oxide</b>

## الإختصارات

<b>Abbreviations</b>	<b>Meaning</b>
<b>ASTM</b>	<b>American Society for Testing and Materials</b>
<b>DP</b>	<b>Degree of Polymerization</b>
<b>UP</b>	<b>Unsaturated Polyester</b>
<b>EP</b>	<b>EPOXY</b>
<b>R.T.</b>	<b>Room Temperature</b>
<b>C.S</b>	<b>Compression Strength</b>

## المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
I	الخلاصة	-
II	قائمة الرموز والمختصرات	-
III	المحتويات	-
<b>الفصل الاول - المقدمة والدراسات السابقة</b>		
1	المقدمة	1-1
2	الدراسات السابقة	1-2
8	الهدف من البحث	1-3
<b>الفصل الثاني - الجزء النظري</b>		
9	المقدمة	2-1
9	البوليمرات	2-2
10	استخدامات البوليمرات	2-3
11	تصنيف البوليمرات	2-4
11	التصنيف حسب مصادر البوليمرات	2-4-1
12	التصنيف على أساس شكل السلاسل	2-4-2
14	تصنيف البوليمرات على أساس تأثيرها بالحرارة	2-4-3
14	الايبيوكسي	2-5
16	البولي أستتر	2-6
17	الخلائط البوليمرية	2-7
18	اساس الثرموداينميك للخلائط البوليمرية	2-8
20	تصنيف الخلائط البوليمرية	2-9
20	تصنيف الخلائط البوليمرية بلاعتماد على نوع البوليمر	2-9-1
21	تصنيف الخلائط البوليمرية بلاعتماد على أساس الامتزاج	2-9-2
23	مورفولوجية الخليط	2-10
24	المواد المتراكبة	2-11
25	مكونات المواد المتراكبة	2-12
26	تصنيف المواد المتراكبة	2-13
26	تصنيف المواد المتراكبة بلاعتماد على مادة التعزيز	2-13-1
28	تصنيف المواد المتراكبة بلاعتماد على المادة الاساس	2-13-2
29	المواد المتراكبة الهجينة	2-14
30	السطح البيني وقوة التلاصق	2-15
30	الخواص الميكانيكية	2-16
31	اختبار الشد	2-16-1
33	اختبار الصدمة	2-16-2
35	اختبار الصلادة	2-16-3
37	اختبار الانضغاطية	2-16-4
38	الخواص الفيزيائية	2-17

الصفحة	الموضوع	التسلسل
38	الموصلية الحرارية	2-17-1
39	اختبار الانتشارية	2-17-2
<b>الفصل الثالث - الجزء العملي</b>		
41	المقدمة	3-1
41	المواد المستعملة	3-2
41	الايوكسي	3-2-1
41	راتنج البولي استر غير المشبع	3-2-2
42	او كسيد المغنيسيوم	3-2-3
43	او كسيد الخارصين	3-2-4
44	مراحل تصنيع الخلطات البوليمرية	3-3
45	تحضير الخلطة البوليمرية	3-4
48	تحضير محاليل الغمر	3-5
48	غمر النماذج في المحاليل	3-6
49	الاختبارات والاجهزة المستعملة	3-7
49	جهاز اختبار الشد	3-7-1
52	جهاز اختبار الصدمة	3-7-2
55	جهاز اختبار الصلادة	3-7-3
55	جهاز اختبار الانضغاطية	3-7-4
57	جهاز قياس التوصيلية الحرارية	3-7-5
58	جهاز قياس الكتلة (الميزان الحساس)	3-7-6

<b>الفصل الرابع - النتائج والمناقشة</b>		
59	المقدمة	4-1
59	مقاومة الصدمة	4-2
63	متانة الشد	4-3
68	الصلادة	4-4
70	الانضغاطية	4-5
72	التوصيلية الحرارية	4-6
74	امتصاصية المواد للماء والمحاليل الكيميائية	4-7
<b>الفصل الخامس - الاستنتاجات واقتراحات العمل المستقبلية</b>		
84	الاستنتاجات	5-1
85	المقترحات	5-2
86	المصادر	-
	الملحق	-





# الفصل الأول

## المقدمة

### والدراسات السابقة

## 1-1 المقدمة

يعتمد التطور الصناعي والتكنولوجي على التقدم في حقل المواد بشكل كبير ونتيجة التطور الكبير الذي شهده العالم في حقل المواد ظهرت الحاجة الى ايجاد بدائل للمواد المستخدمة للصناعات المتعددة حيث من الممكن أن تكون تلك البدائل تمتلك مواصفات نوعية عالية ، لما تمتاز به من مميزات مهمة مثل خفة الوزن وكلفتها الواطئة وخواصها الفريدة ليتم الاعتماد عليها في التطبيقات الصناعية المختلفة مثل صناعة هياكل الطائرات والرادارات والسفن وغيرها ونتيجة لذلك تم انتاج مايعرف اليوم بالمواد المترابكة [1].

ويمكن ان تعرف المواد المترابكة (Composite Materials) هي المادة الناتجة من اتحاد مادتين او اكثر ليتم الحصول على مواد جديدة ذات خصائص فيزيائية وميكانيكية مختلفة في خصائصها عن خصائص المكونات التي تتركب منها المواد المترابكة والمواد المترابكة تتكون من الطور المستمر (Continous Phase) وهي المادة الاساس (Matrix) وهي المسؤولة عن ربط وضم مادة التقوية التي تكون اما (دقائقية أو اليف) وتكون المادة الاساس على انواع مختلفة اما معدنية او سيراميكية او بوليمرية. اما مادة التدعيم (Reinforcement Material) والتي تكون اشكالها مختلفة مثل المساحيق والالياف والقشور على حسب التطبيق المراد انجازه من مميزات مادة التدعيم المضافة انها تعمل على تحسين وزيادة متانة (Strength) المادة الاساس وكذلك تتصف بمعامل مرونة عالي. اما صفة المطيلية فهي تتنوع بين العالية او المنخفضة اعتماد على المادة والغرض التي تستعمل من أجله وتكون مادة التدعيم اما معدنية او بوليمرية او سيراميكية، ومن المعروف ان المادة الاساس والتدعيم لايمكنها ان تقوم بوظيفتها الاساسية الا اذا كان هنالك رابطة قوية بينهما [2].

ونتيجة للتطور الكبير الذي شهده العالم وتعويض عن المواد الهندسية بمختلف انواعها لذا عمل الباحثون على تحسين المواد البوليمرية وتوسيع استخدامها في تطبيقات معقدة كثيرة حيث اصبحت البوليمرات اليوم مرغوبة في صفاتها عن طريق خلطها مع غيرها من البوليمرات لتكوين ما معروف بلخليط البوليمري، حيث يمكن تعريف الخليط البوليمري بانه عبارة عن دمج نوعين او اكثر من البوليمرات فيزيائيا ليتم الحصول على خواص مشتركة بينهما بالاعتماد على نوع البوليمر وطريقة الخلط [3].

## 1-2 الدراسات السابقة Literature Survey

يمكن ذكر اهم البحوث التي اهتمت بالمواد المتراكبة وبالاخص المتعلقة بالخلطات البوليمرية التي هي هدف اغلب الباحثين في الحصول على صفات جديدة تخدم الغرض الذي من اجله تم عمل الخليط البوليمري.

❖ قامت الباحثة (Awham) في عام (2006) بدراسة تضمنت تحضير خلائط بوليمرية ثنائية مكونة من البولي استر غير المشبع وانواع من المطاطات الطبيعية، وبينت الدراسة ان غمر العينات في الماء والمحلل القاعدي والمحلل الحامضي قد يؤثر سلبيا او ايجابيا على خواص الخلائط البوليمرية ويكون ذلك اعتمادا على طبيعة المحلول المستخدم ومدة الغمر في المحاليل [4].

❖ قامت الباحثة (رفاه) في عام (2006) بدراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية لخلائط بوليمرية من خلال تحضير خلطات بوليمرية فقد قامت باضافة مطاط النتريل (NBR) الى البولي استر غير المشبع بنسب (70% UPE, 30% NBR) ، (80% UPE, 20% NBR) وتم تدعيم الخليط الاول بمسحوق الزجاج بكسر حجمي مقداره (12%) وبعدها تم اجراء بعض الاختبارات الفيزيائية والميكانيكية التي تتمثل (الانضغاطية والصدمة والصلادة ومعامل الاحتكاك والانحناء والتوصيلية الحرارية) وذلك بظروف مختلفة ، وتم غمر العينات في المحاليل لمدة زمنية مختلفة ، وبعدها اظهرت النتائج بانه اضافة مطاط النتريل (NBR) الى البولي استر قد ادى الى زيادة قيم الانضغاطية والصلادة ومعامل الاحتكاك وتقليل قيم معامل يونك و التوصيل الحراري اما بالنسبة لاضافة مسحوق الزجاج للخليط ادى الى زيادة (مقاومة الصدمة، معامل يونك، التوصيل الحراري) وبالنسبة لتاثير المحاليل في الخواص الفيزيائية و الميكانيكية لاحظت الباحثة هناك ارتفاع بقيم التوصيلية مع انخفاض مقاومة الصلادة والانضغاطية بعد عملية الغمر في المحاليل [5].

❖ قامت الباحثة ( Nida ) في عام (2006) بتحضير خلطات بوليمرية من راتنج الايبوكسي مع البولي استر غير المشبع ومطاط البولي سلفايد وذلك بنسب % (0 - 100) قامت بدراسة الخصائص الميكانيكية وهي ( الانحناء، الصدمة، الشد، الانضغاطية ، الصلادة) ودراسة معامل التوصيل الحراري لمعرفة الفرق بتغير سطح الكسر بالخلطات من الراتنجات التي دخلت في تركيبها ومدى التجانس، وتم الوصول الى النسب الوزنية ( 0% PSR, 40%EP,60%UPE )، ( 20%PSR )، (20%EP, 60%UP, 0%UPE)فقد اعطت اعلى مقاومة للصدمة اما النسبة ( 20%PSR ,80%EP )

[6].

❖ قام الباحث (AL- Rawi) و زملاؤه في عام (2006) بتكوين خليط بوليمري من (راتنج الايبوكسي، بولي يوريثان) ودراسة الخصائص الميكانيكية للخليط حيث تم اضافة نسب مختلفة من البولي يوريثان وهي ( 20, 40, 60, 80 wt% ) وعولجت حراريا بدرجة 75 درجة مئوية و بأزمان مختلفة وهي (3, 6, 9) ساعة وكانت نتائج الدراسة ان ارتفاع قيمة مقاومة الصدمة يعتمد على تركيز الخليط البوليمري والمعاملة الحرارية للخلائط البوليمرية [7].

❖ قام الباحث (سعد) في عام (2007) بدراسة الخصائص الميكانيكية وكذلك التوصيلية الحرارية في مادة متراكبة تتكون من البولي استر بكونه الاساس و مدعم بنوعين من الدقائق (دقائق الالمنيوم و اوكسيد الالمنيوم) في حجم حبيبي (30Mm) في كسور وزنية امتدت من (20% - 50%) و اظهرت النتائج بان معامل المرونة يصبح اكبر ما يمكن في التقوية بدقائق الالمنيوم في كسر وزني (20wt%) و ان الصدمة تزداد و يزداد الانحناء مع زيادة الكسر الوزني لنوعية التقوية، وان المواد المترابطة التي دعمت بدقائق اوكسيد الالمنيوم امتلكت اعلى قيم صلادة في الكسر الوزني (20wt%) واما بالنسبة للتوصيلية الحرارية فانها ازدادت بزيادة الكسر الوزني للدقائق السيراميكية والمعدنية [8].

❖ درس الباحث (Bengtsson) و زملاؤه في عام (2007) تاثير الرطوبة والماء في خواص المادة المترابطة والمكونة من البولي اثيلين و المدعم بطحين الخشب حيث لاحظوا من خلال دراستهم بان تعريض العينات لمدة ما بين (1000h – 3000h) قد عملت على التقليل من الخواص الميكانيكية للمادة المترابطة، وكذلك لاحظوا هناك خسارة بالمتانة والصلابة ونقصانا في معامل المرونة و ذلك بسبب زيادة ليونة المادة المترابطة نتيجة لامتصاص الماء [9].

- ❖ قام الباحث ( Prasad ) و زملاؤه في عام (2007) بدراسة اختباري الصدمة و الصلادة للمادة المترابكة والمتكونة من مادة الاساس هو البولي استر غير المشبع و مقوى بقش الارز، و اوضحت الدراسة بان قيم الصدمة و الشد تتحسن كلاهما بإضافة قش الارز [10].
- ❖ قامت الباحثة ( هدى جبار ) في عام (2008) بدراسة البلى (Wear) و الصلادة (Hardness) و الانضغاطية (Compression) لخلائط بوليمرية متصلدة حراريا حيث تكونت هذه الخلائط من خليط الايبوكسي و البولي استر غير المشبع ( Ep, UPE )، خليط الايبوكسي و النوفولاك (Ep, Nov)، خليط الايبوكسي و البولي استر غير الشبع و النوفولاك (Ep, UPE, Nov) ، وبعدها تم اجراء اختبار البلى بظروف جافة مع زيادة السرعة و الحمل المسلط و دراسة تاثير نوع القرص الدوار على معدل البلى و كذلك تاثير الغمر في المحاليل على معدل البلى. وقد اظهرت النتائج ان معدل البلى يزداد بزيادة الحمل المسلط لكل الخلائط البوليمرية و معدل البلى بالغمر في المحاليل اكبر من ما هو عليه بالظروف الطبيعية اي يزداد معدل البلى مع زيادة زمن الغمر [11].
- ❖ اجريت دراسة التي قامت بها (FarahT, Mohammed. etal) في عام (2009) بدراسة تاثير اضافة نسب من راتنج الريسول (Resole) لراتنج الايبوكسي ودراسة الخواص الميكانيكية (الصدمة، الصلادة) و اوضحت الدراسة ان زيادة نسبة اضافة راتنج الريسول تؤدي الى زيادة قيمة الصلادة في حين قلت قيمة مقاومة الصدمة مع زيادة نسبة الريسول المضافة و ذلك لتحسين الامتزاجية للخلائط البوليمرية الذي يؤدي الى زيادة هشاشة العينات و بالتالي السرعة في انتشار الشق [12].
- ❖ قامت الباحثة (أنعام) في عام (2009) بدراسة تاثير اضافة دقائق سيراميكية على الخواص الحرارية و الخواص الميكانيكية في المادة الدائنية البولي استر، و تم التوصل الى انه عند اضافة دقائق سيراميكية للمادة البوليمرية تتحسن الخواص بشكل عام و كذلك هناك تاثير بالخواص الحرارية [13].
- ❖ قام الباحث (Al-Khazraji) وجماعته في عام (2010) بدراسة مادة مترابكة كان اساسها مادة بوليمرية مدعمة بدقائق سيراميكية هي (مسحوق الهيدروكسي اباتايت المحضر) و لحاليتين هي قبل و بعد عملية الكلسنة و درس مدى التغير الحاصل عند الاضافة على خواص المادة الانضغاط، معامل الانحناء، الصلادة، النسبة المئوية للاستطالة عند الكسر، مقاومة الانضغاط، النسبة المئوية للامتصاصية) و اوضحت النتائج العملية للدراسة بان تدعيم البولي استر غير المشبع بحشوات تقوية التي تتكون من مسحوق الهيدروكسي اباتايت المكلسن مما يمنح قيما اعلى للخواص التي تم ذكرها سابقا [14].

- ❖ قامت الباحثة ( بان ) في عام (2010) بتحضير اثنين من الخلطات الثلاثية تتكون الاولى من راتنجات الايبوكسي و راتنج نوفولاك الممزوج بمطاط البوليسلفيد (PSR) والثانية من البولي يوريثين مع راتنجات الايبوكسي و راتنج النوفولاك بنسب وزنية مختلفة، وتم اختيار نسب الخلط الافضل و تعزيز الخلطات بمسحوق ( $TiO_2$ ). وظهرت النتائج ان هذه الخلطات لها خواص ميكانيكية افضل مثل الصدمات، قوة الضغط والشد، الصلابة و مقاومة التاكل [15].
- ❖ قام الباحثون (Ali,etal) في عام (2010) بتكوين مواد من خليط بوليمري من راتنج الايبوكسي و راتنج الفينول- فورمالديهايد المقواة بمساحيق من السليكا والالومينا بالاضافة الى الياف من مادة الاليسستوس، و تم اجراء اختبار معامل المرونة في درجات حرارة مختلفة و محاليل مختلفة حيث اظهرت الدراسة حدوث نقصان في قيمة معامل المرونة بزيادة درجات الحرارة و كذلك نقصان معامل المرونة بزيادة مدة الغمر في المحاليل [16].
- ❖ قام الباحثون (Balqees , etal.) في عام (2011) بدراسة الخواص الميكانيكية (الصدمة، الصلادة، البلى) لخلائط بوليمرية بعد ان تم تدعيمها بالمساحيق السيراميكية المتمثلة بالالومينا والسليكا، وبعد ان قامت بغمرها في المحاليل الحامضية و مرة ثانية في الماء و لمدة غمر استمرت (12) اسبوعا. بينت النتائج ان الخليط الذي تم تدعيمه بالسليكا قد امتلك افضل الخصائص مقارنة مع النماذج الاخرى و كذلك اوضحت الدراسة ان تاثير المحاليل الحامضية كان اكبر من تاثير الماء [17].
- ❖ قامت الباحثة ( رنا ) في عام (2011) بدراسة الخواص الحرارية للبولي استر غير المشبع النقي والذي يطعم باوكسيد السليكا والسيليلوز بسمك مختلف عند تاثير درجة الحرارة و كذلك ظروف البيئة، ولذا فقد اظهرت الدراسة بان معامل التوصيل الحراري ( $K_{th}$ ) يتغير بتغير درجة الحرارة اي عند زيادة الحرارة يزداد و كذلك يتغير بتغير السمك و ظروف البيئة. [18].



❖ وكما قام الباحثان (Sheima J. Kareem, etal) و باحثون اخرون في عام (2011) بتحضير مادة مترابكة اساسها مادة بوليمرية و تدعيمها بدقائق الالمنيوم في احجام مختلفة و كسر حجمي متغير، و تم استخدام دقائق برادة الالمنيوم في حجم حبيبي (13Mm) مع دقائق ألمنيوم غبارية و دراسة تأثير الكسر الحجمي في دقائق الالمنيوم و توضيح تأثيره بالموصلية الحرارية مع مقاومة الصدمة للمادة المصنعة، و اوضحت النتائج بان الموصلية الحرارية للمادة المدعمة بدقائق الالمنيوم (البرادة) تزداد بزيادة الكسر الحجمي و ان مقاومة الصدمة الميكانيكية الحرارية كذلك تزداد بزيادة الكسر الحجمي [19].

❖ قام الباحثان (Ahmed and Hasan) في عام (2014) بتحضير مادة مترابكة تكونت من مادة الاساس هي راتنجات البولي استر و مدعمة بمادة الالومينا ذات طورين هما (البلوري و العشوائي) قاما بدراسة التأثير الذي يطرا على الخواص الميكانيكية بعد الاضافة و اوضحت النتائج تغيير اي تحسن كبير في خواص المادة المترابكة و المقواة في مادة الالومينا التي كانت بطورها البلوري، و لوحظ التغيير اي التأثير الايجابي بالزيادة الوزنية للدقائق على خواص المادة المترابكة [20].

❖ تضمنت الدراسة التي قامت بها الباحثة (سدير) في عام (2015) بتحضير خليط بوليمري من راتنجات الفينول- فورمالديهايد/الايوكسي المدعم بدقائق سيراميكية من كاربيد السليكون الى الخليط البوليمري بنسب وزنية مختلفة (10, 20, 30 wt%) و تم تحضير النماذج بطريقة القوالب اليدوية و اجريت على النماذج المحضرة بعض الخواص الميكانيكية التي تضمنت الصلادة و معدل البلى عند درجات حرارية مختلفة و زمن غمر المحاليل، و أظهرت النتائج حدوث انخفاض قيمة البلى بزيادة درجة الحرارة و زمن الغمر بالمحاليل [21].

❖ قام الباحثون (سلمى و اخرون) في عام (2015) بتحضير مادة مترابكة باستخدام طريقة القوالب اليدوية حيث تألفت المادة المترابكة من راتنج الايوكسي المدعم باوكسيد المغنيسيوم (MgO) و بكسور وزنية مختلفة (5,10,15,20 wt%) و تم غمر العينات المحضرة بمحلول حامض الكبريتيك ( $H_2SO_4$ ) لمدة (10) أسابيع حيث بينت النتائج أن معامل الانتشارية تنخفض قيمته بزيادة نسبة اوكسيد المغنيسيوم المضافة، كما تمت دراسة اختبار الصلادة للنماذج المحضرة حيث أظهرت النتائج ان قيمة الصلادة تزداد بزيادة الكسور الوزنية لاوكسيد المغنيسيوم قبل الغمر، اما بعد الغمر بالمحلول الحامضي فقد انخفضت قيم الصلادة [22].

- ❖ وبينت احدى الدراسات التي قام بها الباحثون ( Salah,etal ) في عام (2016) التي تم فيها تحضير مادة متراكبة من البولستايرين مع اوكسيد المغنيسيوم (PS, MgO) وقد درست بعض الخصائص الميكانيكية التي شملت ( الشد ، الصلادة) واطهرت الدراسة حدوث تحسن في الخصائص الميكانيكية مع اضافة دقائق اوكسيد المغنيسيوم [23].
- ❖ وشملت دراسة قامت بها كل من الباحثين (بلقيس و طيبة) في عام (2017) بتحضير خليط بوليمري من راتنج الايبوكسي مع مطاط ستايرين بيوتادين، ودراسة تأثير اضافة المواد النانوية (MgO, CuO) على الخصائص المتمثلة بمقاومة الصدمة، الصلادة، التوصيلية الحرارية قبل و بعد الغمر بالماء لمدة (10) اسابيع و لوحظ حدوث نقصان في قيم الصدمة والصلادة و زيادة في قيم معامل التوصيل الحراري [24].
- ❖ درس الباحثون (سرور وآخرون) في عام (2017) تحضير متراكبات بطريقة القولبة اليدوية التي تضمنت راتنج الايبوكسي المدعم بتراكيز مختلفة من اوكسيد الألمنيوم و كاربيد السليكون و تمت دراسة الخواص الميكانيكية المتمثلة (الصدمة، قوة المرونة) للمتراكبات المحضرة ، و اظهرت الدراسة ان المتراكبات المدعمة بكاربيد السيلكون تزداد مقاومة الصدمة لها بزيادة التركيز بينما تقل مقاومة الصدمة للمتراكبات المدعمة باوكسيد الالمنيوم. اما بالنسبة لمعامل المرونة فيزداد معامل المرونة للمتراكب المدعم باوكسيد الألمنيوم بينما يقل بالنسبة للمتراكب المدعم بكاربيد السليكون [25].
- ❖ قامت الباحثة (Rana) في عام (2017) بتحضير خليط بوليمري من الايبوكسي والبولي يوريثان المدعمة بالسليكا النانوية بكسر وزني (20wt%) و تمت دراسة بعض الخصائص الميكانيكية والفيزيائية ( متانة الانحناء ، الصدمة ، الصلادة ، التوصيل الحراري ) ومعامل الانتشار في الماء، وقد بنيت النتائج هناك زيادة في متانة الصدمة بعد الغمر بالماء بينما تقل متانة الانحناء والصلادة والتوصيل الحراري [ 26].
- ❖ قام الباحثون ( Harekrushna.S, etal ) في عام (2018) بتحضير مادة متراكبة ذات اساس بوليمري مكون من البولي اثيلين عالي الكثافة (HDPE) والبولي بروبيلين (PP) حيث تم اضافة البولي بروبيلين بنسب وزنية مختلفة (20,30 and 50wt%) وتم دراسة بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية والتركيبية ومنها (متانة الشد،متانة الصدمة) بالنسبة للخصائص الميكانيكية اما بالنسبة للخصائص التركيبية فقد تمت دراسة فحص حيود الاشعة السينية (X-ray)



والمجهر الالكتروني الماسح (SEM) لدراسة مورفولوجية السطح للعينات وقد اظهرت النتائج هناك تحسن في الخصائص الميكانيكية بعد اضافة البولي بروبلين (PP) بالنسبة للمادة الاساس (HDPE)[27].

❖ وتضمنت دراسة التي قام بها الباحثان ( Maweng and Wrwan Mohd ) في عام (2018) بتصنيع مواد متراكبة مختلفة من البولي بروبلين مضافا اليه قشور الرز واوكسيد التيتانيوم الثنائي مرة (PP/RH/TiO<sub>2</sub>) ومرة ثانية البولي بروبلين وقشور الرز مضافا اليها اوكسيد الزنك (PP/RH/ZnO) واطهرت الدراسة ان المادة التراكبة المدعمة باوكسيد التيتانيوم تعطي نتائج افضل مما في حالة المادة المتراكبة المدعمة باوكسيد الزنك [ 28].

### 1-3 الهدف من البحث Aim of the work

تهدف الدراسة الحالية الى تحضير مواد متراكبة ( منفردة وهجينة ) ذات اساس بوليمري مكون من خليط من الايبوكسي والبولي استر غير المشبع بعد تدعيمها بنسب مختلفة من الاكاسيد المتمثلة بـ ( اوكسيد المغنسيوم واوكسيد الخارصين) في محاولة لتحسين الخصائص المدروسة المتمثلة بالخصائص الميكانيكية ( الشد، معامل يونك، الصدمة، الصلادة، الانضغاطية) والخصائص الفيزيائية التي تمثلت بحساب معامل الانتشار وكذلك الخصائص الحرارية المتمثلة بايجاد قيمة التوصيل الحراري لجميع العينات المستخدمة في البحث .



# الفصل الثاني

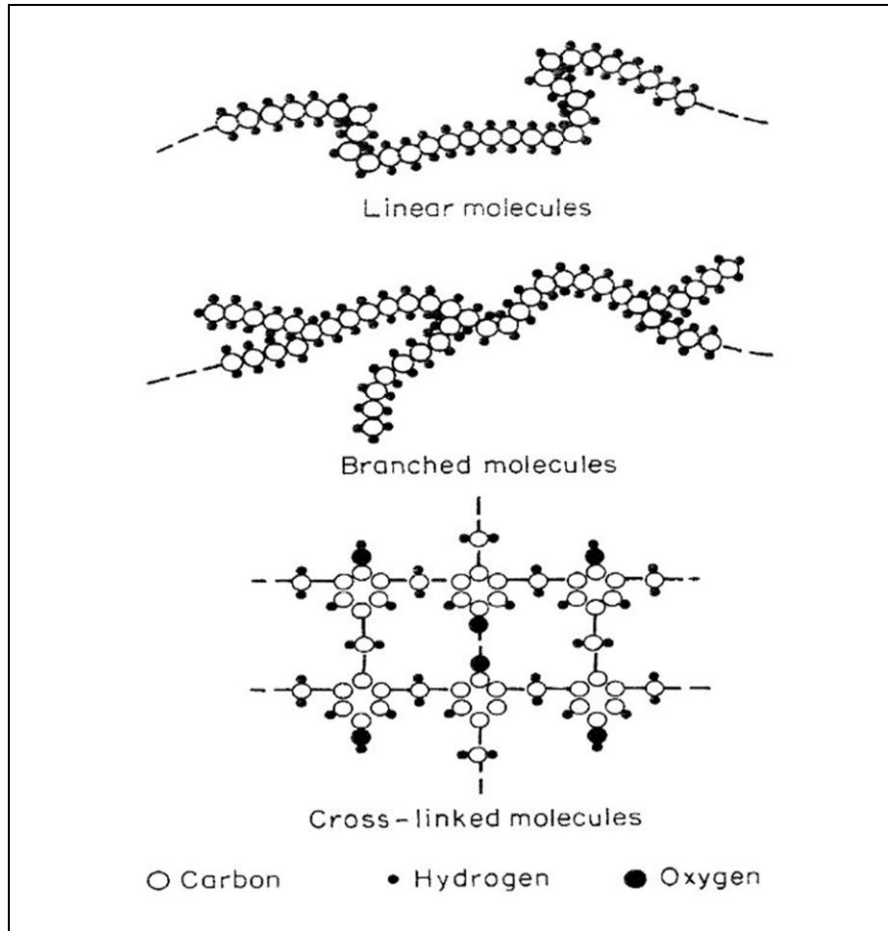
## الجانب النظري

## 2-1 المقدمة Introduction

اصبحت البوليمرات في الحياة جزءاً أساسياً من الصعب أن نتصور العيش من دونها في العالم حيث اصبح البوليمر هو المنتج الاهم من بين اصناف المواد الاخرى المستعملة في الادوات المنزلية وأدوات قطع غيار السيارات والاطارات المستعملة للطائرات واجهزة الحاسوب والاستعمالات المهمة في الطب مثل صناعة القلب الاصطناعي وكذلك صناعة الاطراف الاصطناعية للجسم البشري والعديد من المواد الاخرى التي تدخل في الحياة اليومية [29]. اذ يمكننا ان نتعرف على الغرض الاساسي لاستعمال البوليمر في اغلب الدراسات هو التمكن من ايجاد مواد ذات صفات مرغوبة [30]. من اهم مميزات البوليمر التي يمتلكها ولا توجد هذه الصفات ضمن بقية المواد المتمثلة بالمواد السيراميكية والمعدنية والتي تتمثل بسهولة التصنيع، خفة الوزن، سرعة التلون، ومقاومة الجيدة للتآكل في المحاليل القاعدية والحامضية هذه الخصائص التي امتلكها البوليمر اضافة الى قوة التصلب القوية التي يمتاز بها وانخفاض التكلفة ادت الى توجه العديد من الباحثين والمهندسين والتقنيين في انحاء العالم كافة باعتماد البوليمر من اهم مواد القرن العشرين التي تلبى المتطلبات المختلفة في مجال الفضاء والتكنولوجيا وتطبيقات الطب [31].

## 2-2 البوليمرات Polymers

عرف الانسان البوليمر واستخدم المنتجات البوليمرية النباتية والحيوانية لاغراض مختلفة في الحياة اليومية. تعد البوليمرات العضوية ذات اهمية كبيرة في حياة الانسان حيث تم أستعمالها في صناعة الاثاث والملابس وغيرها من الاستخدامات المختلفة للبوليمرات [32]. ان اصل كلمة بوليمر هي لفظة أغريقية والتي تتكون من مقطعين هما الاول (poly) بمعنى متعدد والثاني (mers) بمعنى اجزاء بمعنى اخر ان البوليمر متعدد الاجزاء. والبوليمر نوع من الجزيئات الماكروية "Macro Molecular (يعني ضخمة) والمتكونة من جزيئات كيميائية صغيرة تسمى المونومرات "Monomers" (بمعنى وحيد) وهذه الجزيئات مرتبطة مع بعضها البعض بواسطة او اصر كيميائية (تساهمية) التي تتكون من سلاسل طويلة ذات اشكال متعددة فتكون إما خطية (Linear) في بعضها او متشابكة (Cross-linked) او قد تكون متفرعة (Branched) كما موضح في الشكل-1) 2. الوحدة التركيبية بالسلسلة البوليمرية تعرف بدرجة البلمرة (Degree polymerization(DP)) (of) وتتراوح بين عشرات الى عشرات الالاف [34].



الشكل (2-1) سلاسل البوليمر (A) جزيئات خطية ، (B) جزيئات متفرعة ، (C) جزيئات متشابكة [33].

### 2-3 استخدامات البوليمرات

تستخدم البوليمرات في مجالات عديدة ومنها:

1-في مجال الطب: يستخدم البوليمر في العديد من الادوات الحيوية خاصة في استبدال الاوعية الدموية وصمام القلب ومن المواد التي تصنع من البوليمر هي : التفلون وكذلك تدخل بتصنيع معظم الاجهزة الطبية الحديثة بوصفها مادة اساس.

2-في مجال الصناعة: تستخدم البوليمرات في إنتاج قطع غيار السيارات والدبابات والزجاج الامامي للطائرات الحربية وصناعة الانابيب والتغليف وكذلك مواد التعبئة.

3-في مجال الزراعة: من استخدامات المواد البوليمرية في مجال الزراعة استخدامها للتربة وتعزيز نمو النبات وتحسين التهوية وكذلك في الاغطية البلاستيكية للزراعة الشتوية.

4-في مجال الرياضة : تستخدم المواد البوليمرية في معدات اراضي الملاعب والمساح وكرات الجولف والخوذات الواقية.

5-في مجال علوم المستهلك: تستخدم في الاوعية البلاستيكية بجميع الاحجام والاشكال فهي اقل تكلفة من الناحية الاقتصادية وخفيفة الوزن وكذلك في اغطية الارضيات وملابس الغوص والاكياس .

وقد اصبحت للمواد البوليمرية امكانات هائلة لتطبيقات جديدة ومثيرة في المستقبل باذن الله. فقد يجري تطوير استعمال البوليمرات في مجالات جديدة متنوعة كتوصيل وتخزين المعلومات والضوء والحرارة، وان الاعداد الكبيرة من التطبيقات الحالية والمستقبلية اوجدت الحاجة لاشخاص مدربين خصيصا لاجراء البحث والتطوير في مجال علوم وهندسة البوليمرات [35].

## 4-2 تصنيف البوليمرات

### 4-2-1 التصنيف حسب مصادر البوليمرات

يمكن تصنيفها على النحو الاتي:

1-البوليمرات الطبيعية: وتشمل منتج طبيعي نباتي او حيواني مثل الخشب والقطن والمطاط الطبيعي والجلود والصوف والمواد الغذائية مثل النشا والسليلوز والبروتين وكلها ضرورية لحياتنا اليومية.

2-البوليمرات الطبيعية المعدلة: وتشمل البوليمرات الطبيعية مع اجراء بعض التعديلات عليها إما عن طريق تغيير التركيب الكيميائي كتقديم مجموعات جديدة في البوليمرات او تغيير ترتيب بعض المجموعات النشطة فيه او عن طريق تطعيم بوليمر طبيعي على بوليمر صناعي والعكس بالعكس، ومن الامثلة على ذلك اسيتات السليلوز ونترات السليلوز.

3-البوليمرات الاصطناعية: وتشمل البوليمرات المصنوعة من مركبات كيميائية بسيطة وتمثل الغالبية العظمى من البوليمرات الصناعية المهمة، بما في ذلك المطاط والنايلون والبلاستيك والطلاءات الورقية وغيرها وقد دخلت مؤخرا في عالم الالكترونيات في تصنيع مصادر الطاقة الاجهزة الالكترونية المحمولة بسبب وزنها الخفيف وهناك مواصفات جيدة اخرى اتسمت بها البوليمرات الصناعية بانها بسيطة نسبيا بالمقارنة مع البوليمرات الطبيعية وقل تكلفة.

4-الاياف الاصطناعية: هي واحدة من اهم البوليمرات الصناعية وتتميز بمقاومة قوية للتشوه وتحمل استطالة صغيرة نحو % (10-50) ولها قوة توتر عالية ، لانها تحتوي على مراكز هيدروجين قطبية وتتميز بضعف امتصاص الرطوبة ولها درجة عالية من التبلور.ومن بعض الامثلة هي البوليستر،البولي اميد والبولي بروبيلين.

5-المواد اللاصقة والطلاء: تستخدم نسبة كبيرة من البوليمرات كمواد لاصقة وطلاء.حيث تحدد طبيعة الاسطح اللاصقة نوع البوليمر المناسب للالتصاق. اذا كانت الاسطح قابلة للاحتراق مثل الورق او الخشب فان معظم الانواع المعروفة من البوليمرات يمكن ان تستخدم كمواد لاصقة في هذه الحالة بسبب التداخل المادي بين السلاسل اللاصقة للاسطح [32,36].

## 2-4-2 التصنيف على أساس شكل السلاسل [37-39]

1-البوليمرات المتفرعة (Branched polymers) :

تتكون من تفرعات جانبية متشابهة في تركيبها ومرتبطة مع السلسلة الرئيسية، وان هذه التفرعات يمكن ان تحدث في البوليمرات الخطية وفي جميع انواع البوليمرات.

2-البوليمرات الخطية (Linear polymers) :

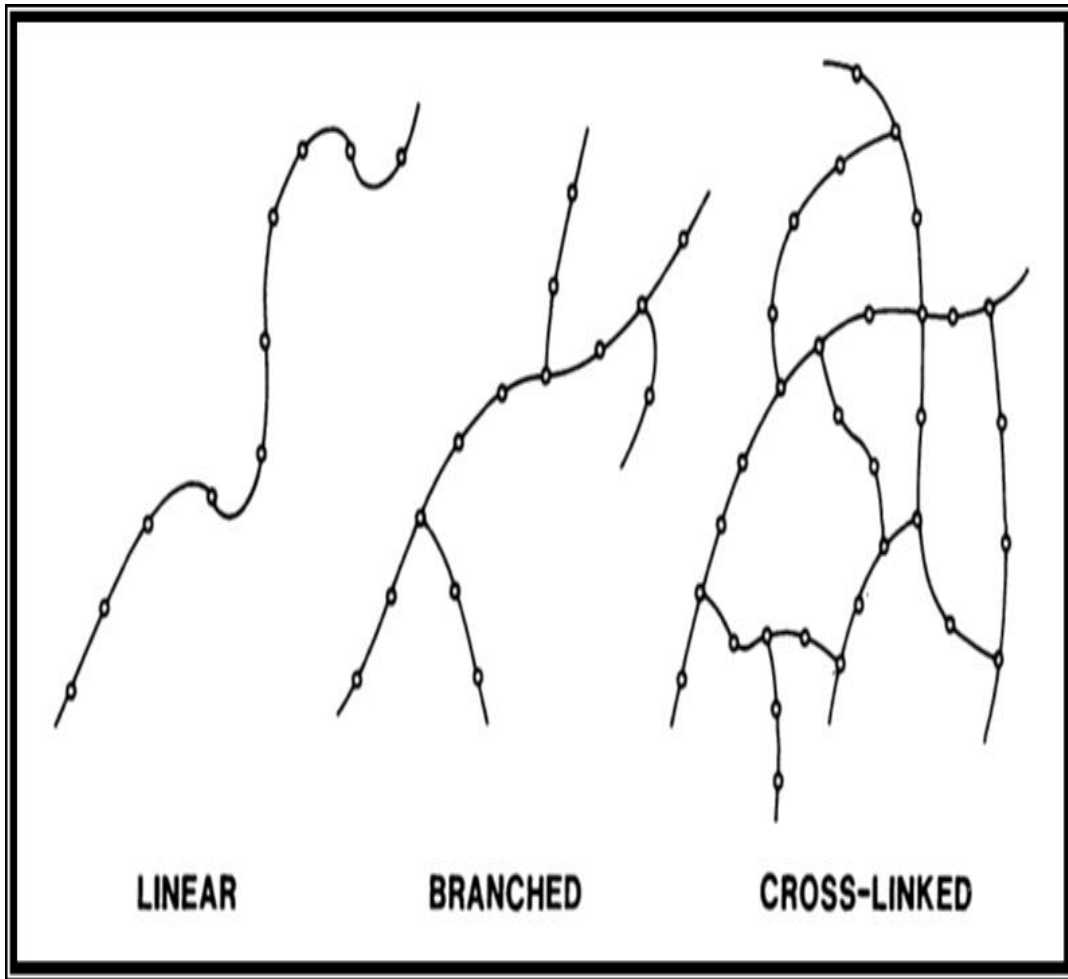
تتكون هذه البوليمرات من سلسلة طويلة من الذرات وترتبط كل ذرة مع بعضها البعض في السلاسل المنفردة. وهذه البوليمرات يمكن ان تكون حاوية على اواصر فاندرفالز (Vander Waals) او الاواصر الهيدروجينية بين السلاسل الجزيئية. هذه البوليمرات تعد واحدة من المواد المرنة والتي تتميز بقدرتها على الانحناء واللف (Coiling and Bending) مثل: البولي ستايرين والنايلون وبولي كلوريد الفاينيل (PVC) وبولي اثيلين.

3-البوليمرات السلمية (Ladder Polymers) :

تتكون هذه البوليمرات من سلسلتين من البوليمرات الخطية ومرتبطة بتناسق متابعي منتظم، ومن مميزاتا انها اكثر صلابة من ناحية التركيب وهي من المواد ذات المقاومة الجيدة للحرارة والتي تميزها عن البوليمرات الخطية.

4-البوليمرات التشابكية (Cross-Linked Polymers):

تتكون من خلال ارتباط إحدى السلاسل مع سلاسل أخرى وذلك باواصر كيميائية. ومن تشابك هذه السلاسل تنتج شبكة ثلاثية الابعاد (Three-Dimensional Network) واكثر المواد المطاطية هي بوليمرات تشابكية وهذه البوليمرات التي تنتج انها تكون ذات صلادة وجساءة وقوية. الشكل (2-2) يوضح بعض انواع البوليمرات اعتمادا على شكل السلاسل .



الشكل (2-2) يوضح بعض أنواع البوليمرات اعتمادا على شكل السلاسل [40].

## 3-4-2 تصنيف البوليمرات على أساس تأثيرها بالحرارة [41, 42]

## 1- البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermo Plastic-Polymers (TP)

تتكون البوليمرات من مجموعة المواد البلاستيكية التي تمتلك بنية خطية واثناء تسخينها تتلدن بالحرارة وعند تبريدها تصلب وهذه المواد عند تكرار عملية التبريد والتسخين عليها لاتتقد لدونها، بمعنى اخر يمكن تكرار العملية بشكل غير نهائي، ويوجد العديد من هذه البوليمرات التجارية ضمن هذا النوع من البوليمرات ومنها البولي بروبيلين والبولي أثلين.

## 2- البوليمرات المطاطية (Elastomers-Polymers)

يمتاز هذا النوع من البوليمرات بالاستطالة العالية وقدرتها على التقلص والتمدد، وتعتمد خاصية المرونة في هذا النوع من البوليمرات على مرونة الجزيئات ذات السلاسل الطويلة والتي توجد بشكل ملتف مع بعضها البعض بصورة عشوائية.

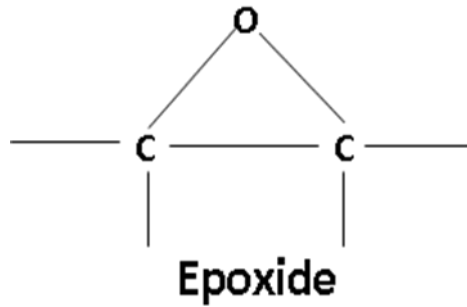
## 3- البوليمرات المتصلدة بالحرارة (Thermo Setting –Polymers (TS)

تتكون هذه البوليمرات من مجموعة من المواد اللدائنية التي تمتلك بنية جزيئية مختلطة والتي بعد تصلبها الاول تفقد لدونها بمعنى لايمكننا تشكيلها وتسخينها مرة اخرى وعلى سبيل المثال اذا تم تسخينها مرة اخرى في درجة حرارة اعلى من درجة انصهارها سوف تنصهر وتتفحم من دون ان تتلدن، ومن هذا النوع من البوليمرات مثل الايبوكسي والبولي استر [41,42].

## 5-2 الايبوكسي EPOXY

تتكون كلمة الايبوكسي من جزأين هما (EP) تعني بين و(OXY) تعني اوكسجين، وهي كلمة اغريقية، يتكون الايبوكسي من مجموعة واحدة او اكثر من مجاميع الايبوكسيد (Epoxide) الذي يمثل الوحدة الاساسية للايبوكسي، وان ايسط صيغة له هو الاكسيران (oxiran) ويمثل مركباً حلقياً يتكون من ذرة اوكسجين مرتبطة مع ذرتي كاربون مرتبطين مع بعضهما [43].





يعد الايبوكسي الاكثر استعمالاً في المواد المتراكبة البوليمرية كمادة اساس (Matrix) على الرغم من وجود انواع اخرى كالفينيل استر (Vinyle ester) والبولي استرغيرالمشبع (Unsturated polyster) والذي يتميز بانه اقل كلفة من الايبوكسي ولكن للحصول على مواد متراكبة بوليمرية تتميز بخصائص ميكانيكية عالية ادت الى استعمال الايبوكسي كمادة اساس لما يتميز به من خواص ميكانيكية وكذلك فيزيائية تجعله افضل من المواد الاخرى، ومن هذه الخواص واهمها هي [44]:

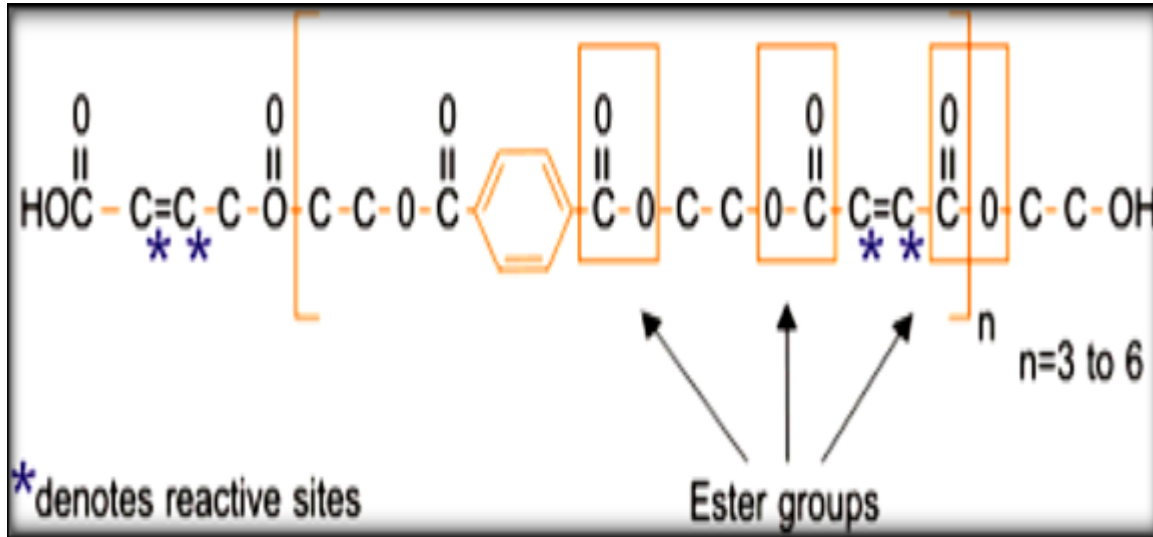
- 1- يستعمل الايبوكسي كأغطية لحماية الحاويات المعدنية، لانه يمتلك صلادة ومقاومة كهربائية عالية [45].
  - 2- عدم تحرر مواد متطايرة او ماء خلال تفاعل التصلب مما يجعل التقلص بالحجم قليلا جدا واقل من راتنجات البولي استر وراتنجات الفينولية [46].
  - 3- يستعمل الايبوكسي في تغطية سطوح المواد بسبب قابليته على الالتصاق وتتصف هذه الاغطية بقابلية الالتصاق والصلابة ايضا يستخدم الايبوكسي في المواد اللاصقة واللاصقة [47].
  - 4- يستعمل الايبوكسي ايضا بتغليف الاجزاء الكهربائية كالترانزستور (Transistor) لكونه يمتلك ممانعة كهربائية عالية والتي تعزى الى قلة الالكترونات الحرة [48].
- ومن الخواص الميكانيكية الذي يمتاز بها الايبوكسي هي ناتجة عن قلة الانكماش الذي يتميز به بعد التصلب اي كلما زاد الانكماش الحاصل بعد التصلب ازدادت الاجهادات الداخلية (Internal Stresses) وبالنتيجة تقل الخواص الميكانيكية [44].

## 2-6 البولي أستر

يعد من البوليمرات المتصلة بالحرارة ويستعمل بشكل واسع في العالم المدني والصناعي، وذلك لما يتميز به من مميزات ومنها مقاومته العالية نسبة الى وزنه وصلادته ويتمتع بكلفته الواطئة ومن استعملاته انه يدخل في صناعة الاجزاء الميكانيكية والخزانات والانابيب[49].

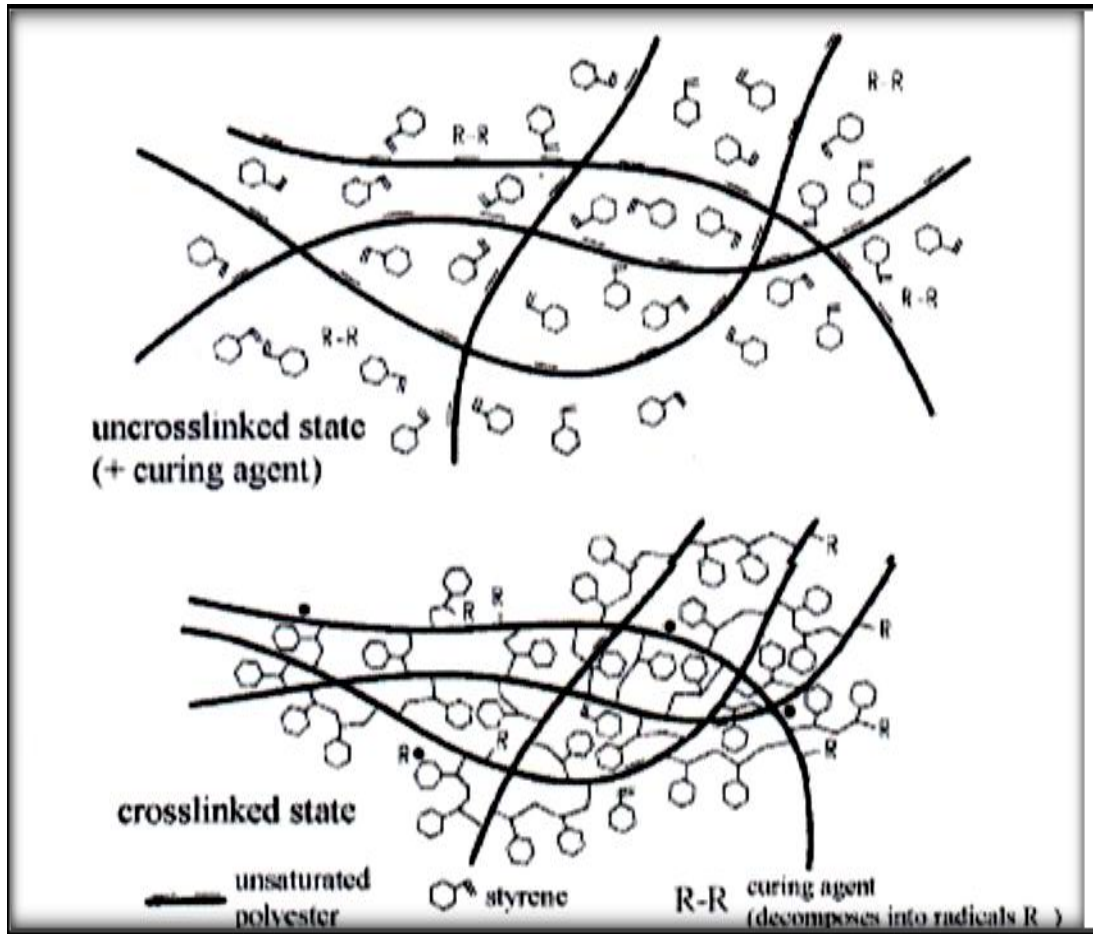
يمكن الحصول على البولي استر وذلك عن طريق تفاعل كحول ثنائي الهيدروكسيد مع حامض عضوي ثنائي القاعدة، والبولي استر يمكن ان يقسم الى اثنين هما بولي استر مشبع وبولي استر غير المشبع لتكوين التشابك في البولي استر غير المشبع ان الاصرة الثنائية والمجموعة غير المشبعة ينبغي لها ان تكون في حامض ثنائي القاعدة[50].

ان شكل البولي استر غير المشبع هو سائل لزج يتضمن مخففا قابلا للبلمرة (الستايرين او كريلين ميثاكرليك) بالاضافة الى مانعات البلمرة- وتحدث عملية تصلب البولي استر غير المشبع بميكانيكية الجذور الحرة (Free Radical) يتم توليد فيض عالي من الجذور الحرة بدرجة حرارة الغرفة مع اضافة بيروكسيد عضوي مثل مثيل اثيل بيروكسيد كيتون[51]. يتم تحلل البيروكسيد وذلك بمهاجمة المجموعة غير المشبعة مثل (C=C) لبدء البلمرة[50]. يوضح الشكل (2-3) الاصرة المزدوجة الفعالة وتفاعل التشابك.



الشكل (2-3) التركيب الكيميائي لراتنج البولي استر غير المشبع[52].

تنتهي عملية التصلب بتشكيل جسور مستعرضة (Cross Linking) بين الجزيئات العملاقة لمادة البولي استر والمادة الشابكة وينتج من ذلك تشكيل البنية الفراغية اللانعكاسية في المنتج النهائي[53]، كما موضح في الشكل (2-4) حيث ترتبط خواص البولي استر الميكانيكية في درجة التشابك وصلابة الجزيئات في مناطق التشابك[54].



الشكل (2-4) الية حدوث التصلب في البولي استر غير المشبع [53].

## 2-7 الخلائط البوليمرية (Polymers Blends)

الخلائط البوليمرية هي عبارة عن مزج نوعين او اكثر من البوليمرات مزجا فيزيائيا مع عدم وجود اواصر تساهمية بينهما، وهذه الاواصر تعمل على الربط بينهما وتكوين مزيج ذا خصائص ميكانيكية مرغوبة [55]. ان عملية المزج بين البوليمرات تؤدي الى تكوين مركب جديد معقد تختلف خواصه كثيرا عن خواص البوليمرات المنفردة والمكونة له. ويوجد الكثير من الخلائط البوليمرية تمتلك خواص وسط او تفوق خواص العناصر المكونة لها، بينما تكون بعض الخلائط البوليمرية اقل من اي من العناصر المكونة لها [55],[56].

2-8 أساس الترموداينميك للخلائط البوليمرية  
*The Basic Thermodynamics of Polymer Blends*

بوساطة الطاقة الحرة للخليط يمكننا التحكم في سلوك توازن الطور للخلائط كما في العلاقة الآتية:

$$\Delta G_{mix} = \Delta H_{mix} - T \Delta S_{mix} \dots\dots\dots(2-3)$$

حيث ان :

$\Delta G_{mix}$ : تمثل التغير بالطاقة الحرة للخليط (J).

$\Delta H_{mix}$  : تمثل التغير في الإنثالبية (J).

$\Delta S_{mix}$  : تمثل التغير في الإنتروپيا (J/ K).

وتعتمد على درجة حرارة الخليط، وللحصول على خليط متجانس (Miscible) تكون قيمة ( $\Delta G_{mix}$ ) سالبة لتحقيق المعادلة الآتية:

$$\left( \frac{\partial^2 \Delta G}{\partial \phi_i^2} \right)_{T,P} < 0 \dots\dots\dots (2-4)$$

حيث ان:

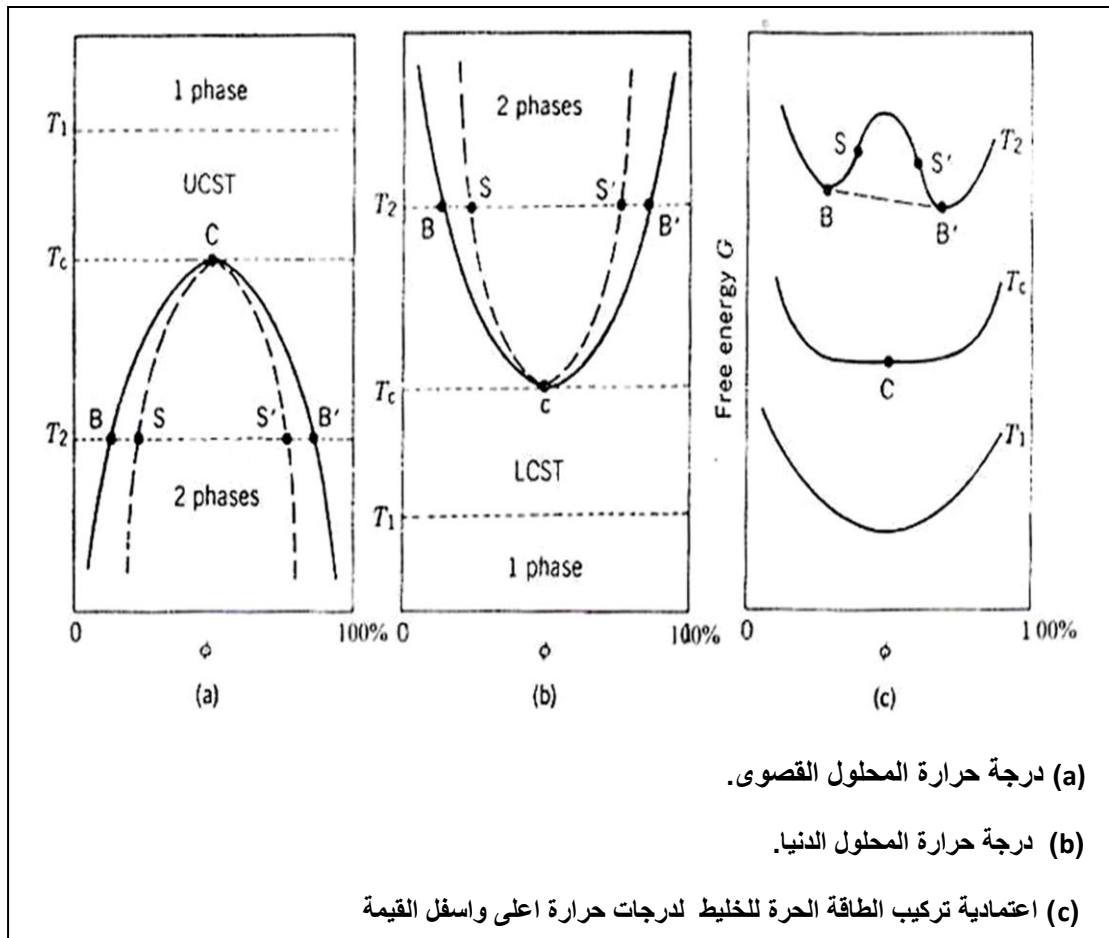
T: درجة الحرارة (C°).

P: الضغط.

$\phi_i$ : الكسر الحجمي للمركب (%).

تؤكد المعادلة (2-4) ان الاستقرارية ضد انفعال الطور ويستخدم هنا الكسر الحجمي للمركب وعندما تكون المشتقة الثانية للمعادلة اعلاه سالبة معناها ان النظام غير مستقر [63,34]. من الشكل (2-6) يبين الشكل (C) اعتمادية الطاقة الحرة على التركيب في ثلاث درجات حرارة هي، ( $T_1$ ) ويتم تحقيق الشرطين اعلاه (2-4),(2-3) وتصبح الخلائط الممتزجة احادية الطور لجميع المركبات في هذه الدرجة.

اما ( $T_2$ ) فان المعادلة (2-4) لا تتحقق لجميع المركبات والخلائط بين النقطتين ( $B', B$ ) تنفصل طورين والنتيجة ان الطاقة الحرة الكلية تكون دون مستوى المزج، والذي يكون بها المزيج اقل من طور التجانس (Homogenous phase)، والدرجة ( $T_c$ ) تمثل منحنى الوسط للمنحنيين الاولين وتحدد النقطة الحرجة في (c) بالشكل (a)  $T_1 > T_2$  هي حرارة المحلول الحرجة القصوى ( $USCT$ ) (Upper Critical Solution Temperature) اما في الشكل (b)  $T_c > T_2 > T_1$  تمثل درجة حرارة المحلول الحرجة الدنيا ( $LCST$ ) (Lower Critical Solution Temperature). ويمكن تعريف درجة حرارة المحلول الحرجة القصوى بأنها أعلى درجة حرارة يتصرف عندها النظام بطور واحد وعند درجة حرارة أدنى يتصرف النظام كطورين. وتعرف درجة حرارة المحلول الحرجة الدنيا بانها أوطا درجة حرارة يتصرف عندها النظام بطور واحد وعند درجة حرارة أعلى يبدي النظام سلوكا بطورين [34].



الشكل (2-6) مخطط الطور للخلائط [34].

بالنسبة لتأثير الضغط (pressure) بانفصال الطورين يكون كالتالي.  
 من خلال المعادلة (2-3) يتضح اذا كان ( $\Delta H_{mix} < 0$ ) معناها ان التجانس للخليط سوف يزداد، او عندما يكون ( $\Delta H_{mix} > 0$ ) لذا فان التجانس سوف يقل [58].

## 2-9- تصنيف الخلائط البوليمرية (Polymer Blends Classification)

### 2-9-1 تصنيف الخلائط البوليمرية بالاعتماد على نوع البوليمر [57], [5], [11]

1- الخلائط البوليمرية المتصلة حرارياً:

ان اضافة المطاط الى البوليمرات المتصلة حرارياً تؤدي الى زيادة قابلية الاستطالة ونقصان في قوة الشد ومعامل المرونة لحد كبير ويكون البوليمر المتصلد حرارياً اقل تكسراً مع نقصان درجة الانتقال الزجاج (Tg). وهذا التحول الفيزيائي لهذه البوليمرات مع اضافة كمية من المطاط تكون ذات فائدة اقتصادية وكذلك صناعية كبيرة كمثال خلائط الايبوكسي ومطاط البولي يوريثان.

2- المطاط:

لا يمتلك المطاط الصناعي في معظم الاحيان الصفات الصناعية المطلوبة لذلك يخلط عادة ما مع أنواع طبيعية أخرى أثناء التصنيع نحو 75% من المطاط المعروف يستعمل بوصفه سبائك مزدوجة وليس بوصفه بوليمرات منفردة مثل مطاط النتريل مع سبائك المطاط الطبيعي.

3- الخلائط البوليمرية المطاوعة للحرارة:

يتم تحضير سبائك البوليمرات المطاوعة للحرارة لتغيير بعض الصفات كمقاومة الصدمة وسهولة التشكيل ومقاومة الاحتكاك، وأن سبائك البوليمر المطاوعة للحرارة تملأ الفراغ بين البوليمرات غالية الثمن والبوليمرات المطاوعة للحرارة ذات الاستهلاك الاقتصادي، ومن انواع هذه السبائك هي سبائك بولي اوكسي مثيلين مع بولي نترافلورواثيلين.

## 2-9-2 تصنيف الخلائط البوليمرية بالاعتماد على أساس الامتزاج

1- الخلائط البوليمرية غير المتجانسة (Heterogeneous Polymer Blend).

هي عبارة عن خليط بوليمري يتكون من مادتين أو أكثر ولكن مع عدم حدوث اندماج طوري. يحقق هذا الشرط:

$$\Delta G_{mix} = \Delta H_{mix} > 0 \quad \dots\dots\dots(2-1)$$

حيث ان :

$\Delta G$ : التغير في الطاقة الحرة للخليط (J).

$\Delta H$ : التغير في الانتالبية للخليط (J).

ومع وجود خلائط بوليمرية متجانسة (Homogeneous Polymer) هناك خلائط بوليمرية تكون غير متجانسة اي ذات اطوار منفصلة عن بعضها، وللاستفادة من الخليط يجب تحويله الى خلائط بوليمرية متجانسة (Homogeneous Polymer Blend) وذلك بعملية تسمى التوافق (Compatibilization) والتي بدورها تحسن المواصفات وتنتج منه خليطاً يمتلك خواص المادتين المخلوطين. ان عملية التوافق هي عملية تغير في خواص الخليط غير المتجانس (Heterogeneous) ويتم ذلك بوساطة استعمال بوليمر مشترك (كوبوليمر) او مادة بوليمرية تسهم بربط الطورين ببعضهما بقوة اكبر وفي اكثر الاحيان يستعمل كبوليمر لنفس مادة البوليمرين غير الممتزجين [58].

2- الخلائط البوليمرية المتجانسة (Homogeneous Polymer Blend).

الخليط يتكون من طور بوليمري واحد لخليط متكون من بوليمرين أو أكثر وهذا الخليط قابلاً للذوبان تماماً احدهما في الاخر. ولكن عندما يكون النظام متجانساً (Miscible) يشترط ان يكون الخليط على المستوى الجزيئي ويسلك سلوك طور واحد (Single Phase) وتحقق الطاقة الحرة له للخليط الشرط الاتي (اي ان قيمتها اما ان تكون سالبة او تساوي صفراً)

$$\Delta G_{mix} \approx \Delta H_{mix} \leq 0 \quad \dots\dots\dots(2-2)$$



حيث ان :

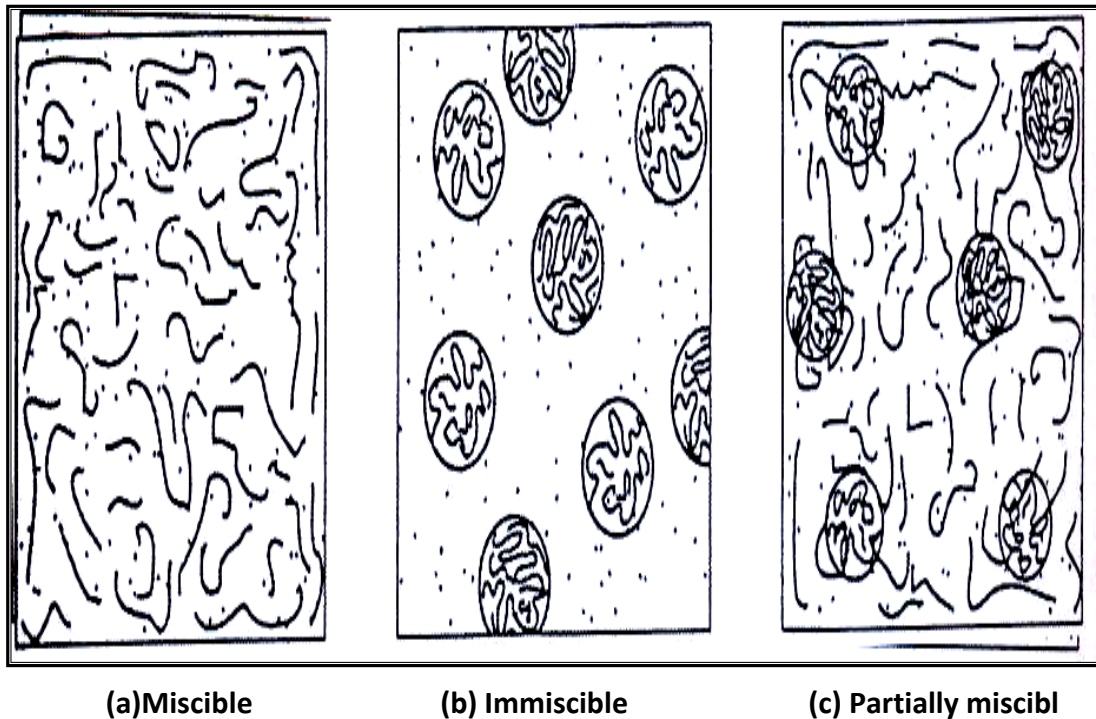
$\Delta G$  : هي التغير في الطاقة الحرة للخليط (J).

$\Delta H$  : تمثل التغير في الانثالبية للخليط (J).

والخلائط المتجانسة الجديدة تمتاز بانها تمتلك قيمة درجة انتقال زجاجي (Tg) واحدة للخليط وكونها معدلا لخواص البوليمرين المخلوطين [58].

3- الخلائط البوليمرية الجزئية المزج (Partially Miscible Polymer Blend).

توجد بعض من الخلائط غير الممتزجة (Immiscibility) او محدودة الامتزاج اي هناك مقادير من البوليمر الاول تكون محددة وتمتلك قابلية على الذوبان اما في البوليمر الثاني بالنسبة للخواص الاساسية لهذا الخليط فقد تكون محدودة الخواص وعلى الاكثر لاتتعارض مع عملية التوافق (Compatibilization) [59]. يؤدي التغير في سلوك الطاقة الحرة للخليط في بعض المناطق الى فصل بالاطوار [60]. كمثال لهذه الحالة هو خليط البولي بيوتاديين تيرافثالين [PBT] مع البولي استر البلوري [61]. الشكل (2-5) يوضح الحالات الثلاث للخلائط.

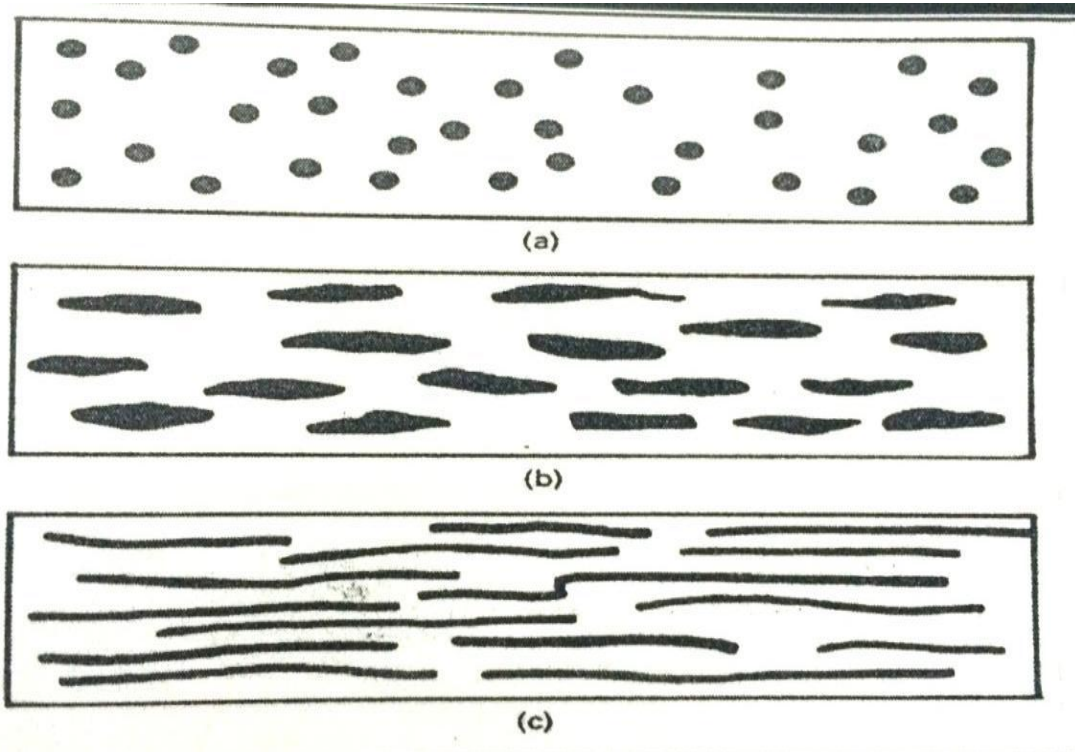


الشكل (2-5) يبين الخلائط الثلاثة (a) الممتزجة (b) غير الممتزجة (c) الجزئية المزج [62].



## 2-10 مورفولوجية الخليط (Blend Morphology)

عادة ما يحتوي الاساس على مراحل متعددة صغيرة يتم تحديد حجمها بعدد الجزيئات المشتتة بسبب الطبيعة غير الممتزجة لمعظم الخلائط البوليمرية حيث يتم تشكيل مرحلتين في خلطات البوليمر الثنائية. في معظم الخلائط البوليمرية الناتجة عن خلط مكونين يعتمد التشكل بينهما على ترتيب المراحل سواء كانت مستمرة او غير مستمرة، قد يتكون الترتيب او شكل المراحل من طور واحد (طور التشتت) وهو عبارة عن كرة بسيطة على مصفوفة بوليمر اخر. ومن ناحية أخرى قد يأخذ طور التشتت شكلا ليفياً أو كروياً أو صفائح كما في الشكل (2-7)[64,65].



الشكل (2-7): انواع مختلفة من البوليمر المشتت (المنطقة المظلمة) في المصفوفة البوليمرية في مزيج غير قابل للخلط (أ) نقاط كروية (ب) تمتد إلى صفح (ج) ليفي [65].

## 2-11 المواد المترابطة (composite materials)

المركب هو مادة هيكلية تتكون من مكونين او اكثر من المكونات المدمجة التي يتم دمجها على مستوى ماكروسكوبيك ولا تكون قابلة للذوبان في بعضها البعض. تسمى احدى المكونات (مرحلة التعزيز) وتسمى المرحلة التي يتم تضمينها (المصفوفة) قد تكون مادة طور التسليح على شكل الياق او جزيئات او رقائق، ومرحلة المصفوفة هي عموماً مستمرة تشمل امثلة الانظمة الخرسانة المقواة بالفولاذ والايوكسي المقوى بالياق الجرافيت، الخ. تكون المادة المركبة افضل بشكل عام من اي مكون من المكونات الفردية فيما يتعلق بقوتها او مقاومتها للحرارة او تصلبها. وتكون المادة الاساسية المحيطة بالمواد الاخرى موجودة عادة ما بنسبة اعلى وتسمى المصفوفة [66].

المواد المركبة هي عبارة عن مواد يتم فيها اضافة مكون ثان ذا خصائص مختلفة جداً الى البوليمر بحيث يسهم كلا المكونين في خصائص المنتج. وغالباً ما يزيد المكون الثاني من قوة او صلابة المنتج. غالباً ما يتم استعمال مواد جزيئية مثل اسود الكربون في تقوية اللدائن على سبيل المثال في اطارات السيارات، لكن الالياف تستعمل عادة ما لانواع اخرى من البوليمرات المقوية وتستعمل ايضا في الاطارات. غالباً ما يتم استعمال الزجاج او الياق الكربون ولكن الالياف البوليمرية مناسبة لبعض التطبيقات مثل الخيوط المعدنية. وغالباً ما يتم محاذاة هذه الالياف في اتجاه واحد داخل مصفوفة من البوليمر. يمكن انتاج المواد التي تكون متساوية التوتر في مستوى واحد باستعمال طبقات تحتوي على الياق محاذية في اتجاهات مختلفة داخل الطائرة او باستعمال حوائج من الالياف المفرومة كتقوية. في هذه الحوائج تشير الالياف بشكل عشوائي في جميع الاتجاهات في المستوى. هناك فئة مهمة جداً من المواد البوليمرية تشكل موضوعاً منفصلاً في حد ذاتها، ومن الضروري استيعاب فهم لخصائص كل من مصفوفة البوليمر والمواد المعززة ومن المثير للاهتمام ان نلاحظ انه في بعض الطرائق يمكن ان تعتبر البوليمرات شبة البلورية بمثابة بوليمرات ذاتية التعزيز ولان الخواص الميكانيكية للاجزاء البلورية تختلف عن تلك الموجودة في الاجزاء غير البلورية والتي غالباً ما تشكل بفعالية مصفوفة يتم فيها دمج البلورات [67].

## 2-12 مكونات المادة المترابطة

## 2-12-1 المادة الأساس (Matrix Material)

تعد المادة الأساس المادة الرابطة والتي تعمل على ربط مواد التدعيم وتوزيع الاجهادات على مواد التدعيم عند تسليط حمل على المادة المترابطة والمادة الأساس اما تكون بوليمرات او معادن او سيراميك [41]. لكي تكون المادة الأساس جيدة لاداء الغرض المطلوب يجب ان تمتلك عدة مميزات منها ان يكون الوسط الذي يربط مادة التدعيم مع بعضها لتستطيع نقل الاجهاد وتوزيعه على مادة التدعيم ولها القدرة على حماية مادة التدعيم من تلف السطح الذي ينتج عنه التفاعل الكيميائي او التأثير الميكانيكي مع المحيط الخارجي [38].

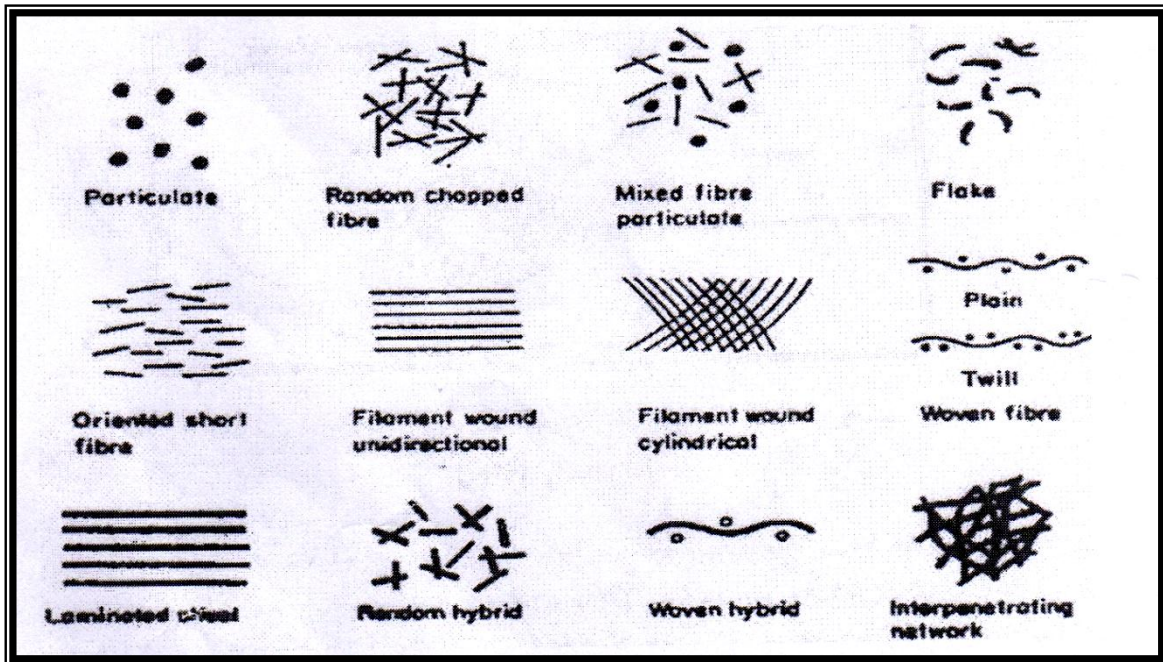
من العوامل التي يتم عن طريقها اختيار المادة الأساس [68,69].

- 1- كلفة المادة.
- 2- سهولة تصنيع او تجميع هذه المادة.
- 3- لها القابلية على ان تتلاءم مع الظروف البيئية.
- 4- مدى ملاءمتها لمواد التدعيم.
- 5- تمتلك خصائص فيزيائية جيدة مثل: التمدد الحراري والتوصيلية الحرارية والكهربائية والكثافة ودرجة الانصهار.

## 2-12-2 مواد التدعيم (Reinforcement Materials)

تضاف مواد التدعيم الى المادة الأساس لتحسين وتطوير معظم الخصائص والمحافظة على الصفات المرغوب بها [68]. وهذه المادة يمكن أن تكون سيراميكية أو فلزية أو لدائنية، وتتميز مواد التدعيم بمقاومة عالية (High Strength) ومطيليتها يمكن ان تكون عالية او منخفضة بالاعتماد على نوع المادة وكذلك الغرض المستعمل لاجله [70]. ان مواد التدعيم تعمل على تحسين التوصيلية الحرارية والمقاومة الحرارية وزيادة مقاومة البلى (Wear) والصلادة (Hardness) وزيادة المقاومة الكيميائية للمواد وزيادة مقاومة المذيبات [68].

قد تكون مواد التدعيم اما بشكل الياف (Fibers) او حشوات (Fillers) او دقائق (Particles) او قشور (Flakes) وقد تكون بهيأة شبكة من هذه المواد وذلك لانتاج المواد المترابكة كما في الشكل (2-8).



الشكل (2-8) يوضح الأشكال المختلفة لمواد التدعيم الأحادية والهجينة [69,70].

### 2-13 تصنيف المواد المترابكة

#### 2-13-1 تصنيف المواد المترابكة بالاعتماد على مادة التعزيز

تصنف المواد المركبة بحسب هندسة التعزيز (الجسيمات، القشور، الالياف، النانوية) او بحسب نوع المصفوفة (البوليمر، المعادن، السيراميك، الكربون) ويوضح الشكل (2-9) انواع المركبات بالاعتماد على مادة التعزيز.

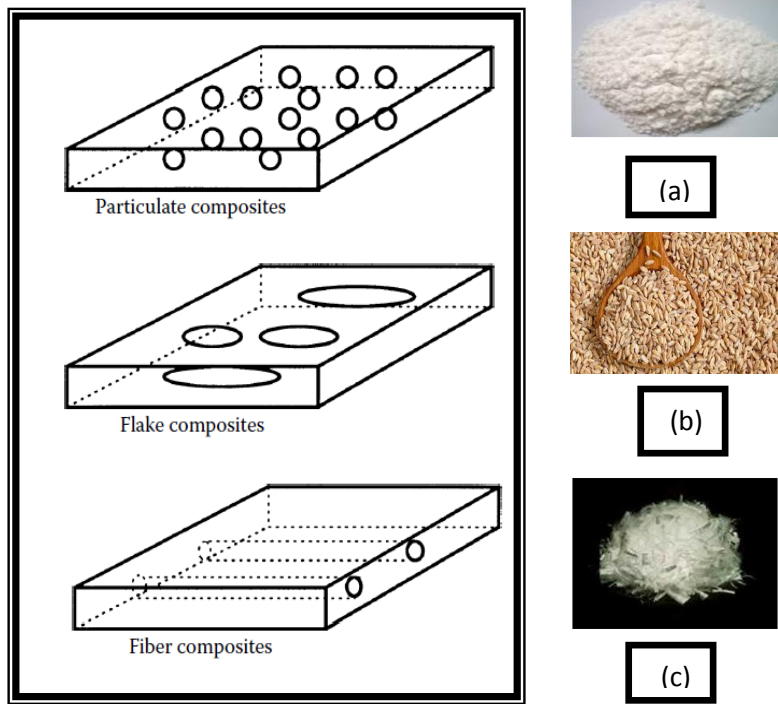
1- المترابكات المدعمة بالدقائق: تتكون من جزيئات مغمورة في المصفوفات مثل السبائك والسيراميك وعادة ما تكون متناحية الخواص، لان الجزيئات تضاف عشوائيا، وتشتمل مكونات الجسيمات مميزات

مثل مقاومة الاكسدة والقوة المحسنة والخ وتشمل الامثلة النموذجية استعمال جزيئات الالمنيوم في المطاط، جزيئات كربيد السليكون في الالمنيوم والحصى والرمل والاسمنت لصنع الخرسانة.

2- المتراكبات المدعمة بالقشور: تتكون من التعزيزات المسطحة للمصفوفات مواد القشور النموذجية هي الزجاج والميكا والالمنيوم والفضة. حيث توفر مركبات الرقائق مزايا مثل معامل الانحناء المستوي العالي والقوة العالية والتكلفة المنخفضة ومع ذلك لا يمكن توجيه الرقائق بسهولة ولا يتوفر سوى عدد محدود من المواد للاستعمال.

3- المتراكبات المدعمة بالالياف: تتكون من مصفوفات مدعومة بالالياف قصيرة (غيرمتصلة) او طويلة (مستمرة). تكون الالياف عادة ما متباينة الخواص وتشمل الامثلة الكربون والاراميد. امثلة على المصفوفات هي الراتنجات مثل الايبوكسي والمعادن مثل الالمنيوم والسيراميك مثل سيليكات الكالسيوم والالومينا. ان الوحدات الاساسية لمركب مصفوفة الالياف المستمرة هي صفائح ليفية احادية الاتجاه او منسوجة صفائح مكدسة على بعضها البعض في زوايا مختلفة لتشكل صفائح متعددة الاتجاهات.

4- المتراكبات المدعمة بمواد نانوية: تتكون من مواد ذات مقياس نانومتر ( $10 \times 10^{-9} \text{m}$ ) ان النطاق المقبول لتصنيفه على انه مركبات نانوية هو ان احد المكونات يقل عن (100) نانومتر. تختلف خصائص المواد عن خواص المواد السائبة في هذا المقياس، عموما تحتوي المواد المركبة المتقدمة على مكونات على نطاق صغير نحو ( $10^{-6} \text{m}$ ) من خلال وجود مواد على مقياس نانومتر، لذا فان معظم خصائص المواد المركبة الناتجة افضل من تلك الموجودة في المقياس الصغير باعتبار ليست كل خصائص المركبات النانوية افضل في بعض الحالات يمكن ان تقل قوة المتانة وقوة التأثير. تشمل تطبيقات المركبات النانوية في التطبيقات العسكرية والتي تظهر فيها افلام المركبات النانوية في التحسن في خواصه مثل المعامل المرن ومعدلات انتقال بخار الماء والتشويه الحراري والاكسجين [66,4].



الشكل (2-9) أنواع المركبات القائمة على شكل التعزيز.

(a) مسحوق البولي فينيل كلورايد (b) رقائق الأرز (c) ألياف البولي بروبيلين [66].

## 2-13-2 تصنيف المواد المتراكبة بالاعتماد على المادة الاساس

### 1. مادة متراكبة ذات أساس معدني (MMC)

يستعمل هذا النوع من المواد المتراكبة في صناعة محركات السيارات وتعد المعادن وسبائكها مادة اساس مثل الالمنيوم. اما التدعيم فيكون على هيئة الياف مثل كاربيد السليكون، وقد يكون التدعيم بالحبيبات السيراميكية ويمتاز هذا النوع بكثافة عالية ومن الممكن استعمالها بدرجات الحرارة العالية والتي تتجاوز (1000C°) [71].



**2. مادة متراكبة ذات أساس بوليمري (PMCs)**

تتكون هذه المواد من خلط راتنج البوليمر ويمتلك خواص في درجة الحرارة الاعتيادية وتمتاز بكونها سهلة التصنيع ومنخفضة التكلفة، وان (PMCs) تستعمل بكميات ضخمة [72]. وهذه المركبات البوليمرية يمكن ان توفر ايضا اكبر صلابة وقوة نسبة الى الوزن المتوفر في اي مادة وتكون اقوى واخف وزناً من المعادن [29]. وهذه المواد تمتاز كذلك بعزل حراري جيد ومقاومة للكلال جيدة مع انخفاض التكلفة.

**3. مادة متراكبة ذات أساس سيراميكي (CMC)**

المادة الاساس تكون مادة سيراميكية والتدعيم فيها يتم باستخدام الالياف القصيرة او الحبيبات او مايسمى (Whiskers) كالالياف المصنعة من كاربيد السليكون ونتريد البورون ويمتاز هذا من المواد المتراكبة قدرته على تحمل درجات الحرارة المرتفعة اي يمكن استخدامه في التطبيقات التي تحتاج الى درجات حرارة اعلى من (1500C) وكذلك تمتلك مقاومة تاكسد ومثانة عالية وتحمل اجهادات عالية ولها معامل تمدد حراري قليل [71].

**14-2 المواد المتراكبة الهجينة (Hybrid Composite Materials)**

يطلق مصطلح المواد المتراكبة الهجينة على المواد المتراكبة التي تتكون من نوعين أو أكثر من مواد التدعيم ضمن المادة الأساس [73].

ان المتراكبات المتقدمة يطلق عليها مصطلح الهجين (Hybrid) التي تتكون من مزيج متنوع من مواد التدعيم سواء كانت مادة الاساس مدعمة بدقائق او الياف معا للحصول على مادة جديدة وتمتلك صفات جيدة كالمقاومة والمثانة المتوازنة والانحناء المتوازن [75,74]. وان امكانية السيطرة على الكلفة الاقتصادية هي الغرض الاساس لاستخدام نوعين او اكثر من مواد التدعيم في المواد المتراكبة الهجينة والتي تعد عاملا مهما للصناعات الكبيرة ومثال ذلك يمكننا الاستعانة بالياف الزجاج الرخيصة مع الياف الكربون باهظة الثمن [76].

- بدأت استعمالات المواد المتراكبة الهجينة بصناعة السيارات والادوات الرياضية ثم بعدها تطورت لتشمل صناعة اجزاء من الطائرات لامتلاكها خواص مثالية ومنها [73]:
- 1- مقاومة لدرجات الحرارة العالية (High Temperature Resistance).
  - 2- مقاومة كيميائية عالية (High Chemical Resistance).
  - 3- مقاومة للكلال (High Fatigue Resistance).
  - 4- مقاومة الظروف البيئية (Weathering Resistance).

### 2-15 السطح البيني وقوة التلاصق

السطح البيني هو منطقة تكون حدودا مشتركة في مكونات المادة المتراكبة وتكمن وظيفته في ربط مواد التدعيم مع المادة الاساس ليصبح الشكل متكاملًا للمادة المتراكبة [77]. ان عملية نقل الحمل من المادة الاساس الى المادة المدعمة يعتمد على متانة الترابط بين المكونات وهذا الترابط مهم في تحديد الخواص الميكانيكية للمواد المتراكبة ،فضلا عن مواد التدعيم والمادة الاساس.تعمل مواد التدعيم والمادة الاساس على حمل الاجهادات المسلطة في المواد المتراكبة وهذا النوع من الترابط القوي يوجد في المواد المتراكبة ذات الاساس المعدني والبوليمري والترابط الضعيف يكون موجودا في المواد المتراكبة ذات الاساس السيراميكي [78].

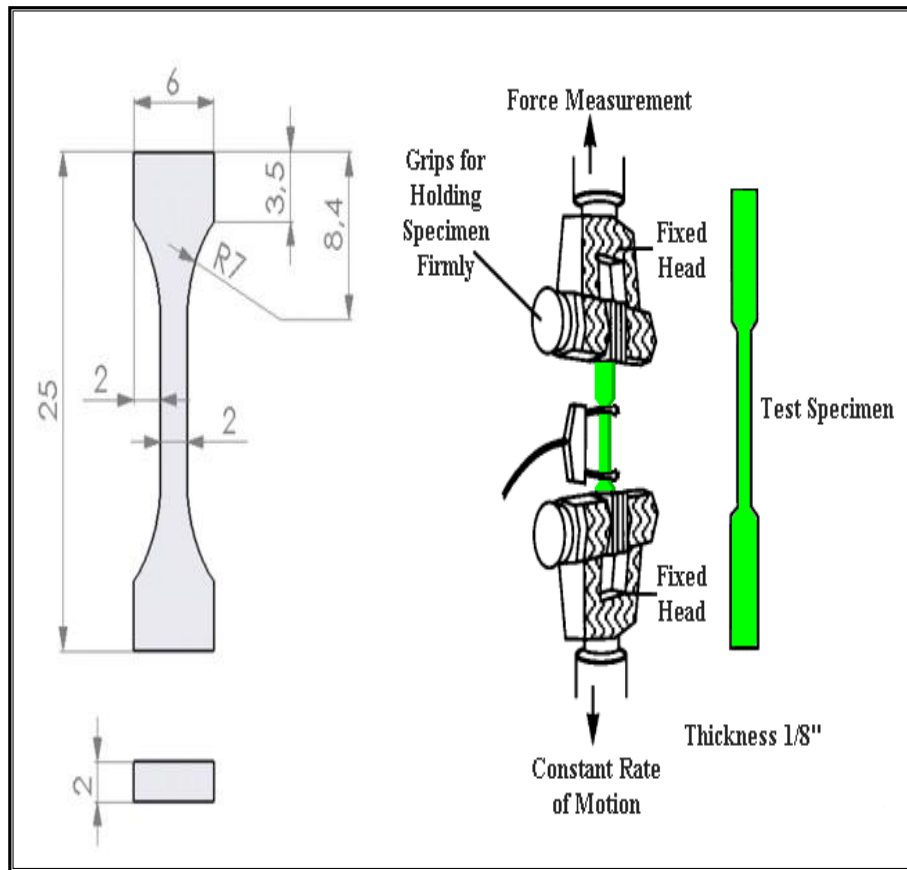
### 2-16 الخواص الميكانيكية Mechanical Properties

اصبحت دراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية للبوليمرات من الضروري جدا تناولها من الجانب العملي والنظري ومن خلال معرفتنا لهذه الخواص يمكننا اضافة الكثير من التحسينات للمواد بطرائق كيميائية او تكنولوجية .وفي النهاية يمكننا التخلص من المساوئ الكثيرة الموجودة بالبوليمرات [79]. ان تصميم المكائن والابنية يتطلب معرفة السلوك الميكانيكي في المواد المستعملة، لان الطريقة الوحيدة لمعرفة كيف تتصرف المواد عند تعرضها للحمل هي اجراء التجارب المختبرية. حيث يتضمن اجراء التجارب وضع العينات الصغيرة من المادة باجهزة الاختبار ونسلط الاحمال عليها ثم بعد هذه الخطوة يتم قياس مقدار التشوه الناتج كالتغير في (الطول وكذلك الاقطار) [80]. مما تجدر الاشارة اليه بان الفحوص اغير الاتلافية تعمل بمستوى اجهاد قليل بالمقارنة مع الفحوصات الاتلافية [81].



## 2-16-1 اختبار الشد (Tensile Test)

ان اختبار الشد اهم الاختبارات الميكانيكية والتي تختبر المواد بها عند شرائها طبقا لخواص الشد التي يتم ادراجها من الخواص المهمة بالموصفات القياسية في المواد.ومن المعلومات التي يعطيها اختبار الشد هي مقاومة ومطيلية المادة ان مقاومة المادة ذات تطبيقات كبيرة بالتصميم الهندسي وفقا لمعيارين هما:الاول الاجهاد المطلوب لحدوث كمية من التشوه اللدن في مقاومة الخضوع (اكبر اجهاد يمكن للمادة تحمله) والثاني يمثل مقاومة الشد تعرف مطيلية المادة على انه مقياس كمية التشوه الذي تتحملة المادة قبل حدوث الكسر وتستعمل المطيلية نادرا ما بشكل مباشر بالتصميم الهندسي لكن تذكر بالموصفات القياسية للمواد وذلك لضمان الجودة والمتانة. ايضا تقاس خواص المرونة كذلك بأختبار الشد [82],[83] والشكل الاتي يوضح اختبار الشد.



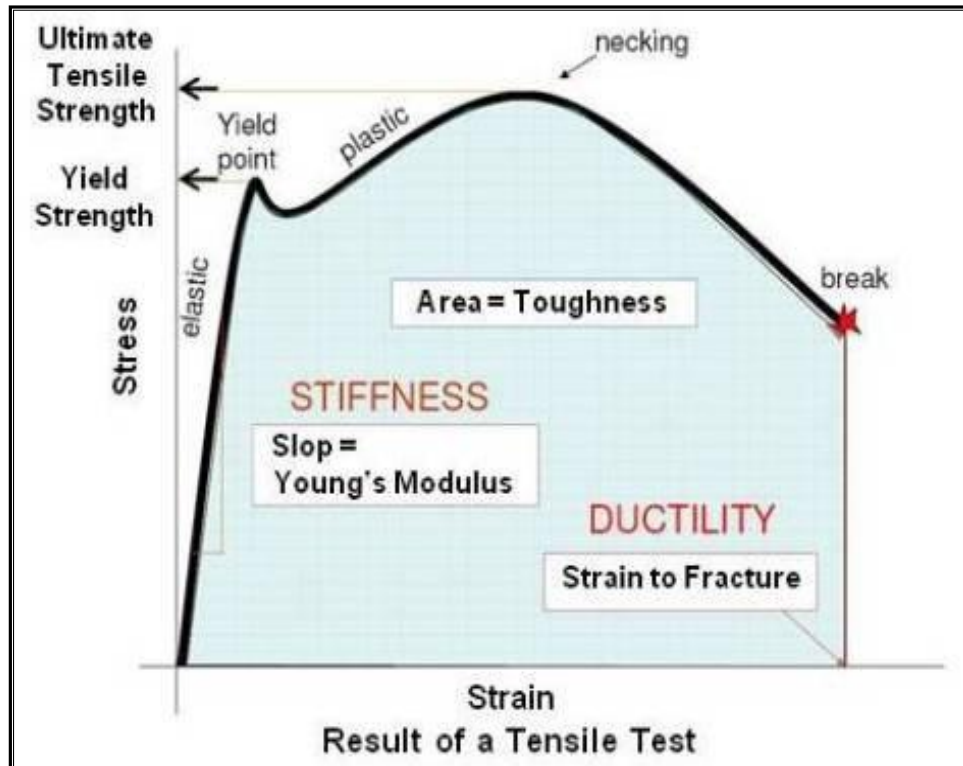
الشكل (2-10) مخطط يوضح وضع عينة اختبار الشد داخل الجهاز وانموذج لعينة الشد القياسية حسب مواصفة (ASTM) [82] .

## الاجهاد والانفعال Stress and Strain

يعرف الاجهاد (Stress): هو القوة المسلطة على وحدة المساحة العمودية للعينة ويمكن حسابه بقسمة الحمل على مساحة المقطع الاولية والاجهاد الناتج يعرف بالاجهاد الهندسي وقيمته تختلف عن الاجهاد الحقيقي.

ويعرف الانفعال (Strain): (هو الاستطالة الناتجة من تسليط قوة بطريقة الشد أو التقلص الناتج من تسليط قوة بطريقة الانضغاط) ويتم حساب الانفعال بقسمة الاستطالة على الطول الاولي للمعيار ويدعى الانفعال الهندسي وتختلف قيمته عن الانفعال الحقيقي .

مقاومة الشد (Tensile strength): هي اعلى قيمة للاجهاد في منحنى الاجهاد-الانفعال. ويتم تعيين مقاومة الخضوع على وفق معيار الخضوع ويحسب معامل المرونة (معامل يونك) من الميل الذي يمثل الجزء الاولي للمستقيم من المنحنى، ويمكن رسم منحنى الاجهاد-الانفعال بناء على القيم المحسوبة كما في الشكل التوضيحي (2-11) [82],[83].



الشكل (2-11) منحنى الاجهاد - انفعال لمادة بوليمرية مطاوعة للحرارة [82].

## معامل يونك Youngs modulus

معامل يونك أو المعامل المرن هو مقياس لصلابة المادة الصلبة بانها خاصية ميكانيكية للمواد الصلبة الخطية المرنة، وان معامل يونك يحسب بقسمة اجهاد الشد بوساطة اجهاد الامتداد الهندسي في الجزء المرن (الأولي، الخطي) من منحنى الاجهاد البدني:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = \frac{FL_0}{A\Delta L} \quad \dots\dots\dots (2-5)$$

حيث ان:

E : هي معامل يونك (معامل المرونة).

F : هي القوة التي تمارس على جسم ما تحت التوتر.

A: هي مساحة المقطع العرضي الفعلية والتي تساوي مساحة المقطع العرضي بشكل عمودي على القوة المطبقة.

$\Delta L$ : التغير في الطول.  $\Delta L$  تكون موجبة اذا تم تمديد المادة  $\Delta L$  وتكون سالبة عند ضغط المادة.  
L<sub>0</sub>: هو الطول الاصلي [84].

## 2-16-2 إختبار الصدمة Impact Test

ان فحص مقاومة الصدمة من الناحية العملية له اهمية كبيرة جدا من خلال هذا الفحص يمكننا تقييم المتانة من خلال حساب الطاقة اللازمة لكسر النموذج [85]. يعد اختبار الصدمة من اهم الفحوصات في مختبرات السيطرة النوعية وكذلك مختبرات التصميم للمواد البلاستيكية [86]. هناك عدة انواع للفحوصات المستعملة لقياس قوى التصادم في المواد، ومن اهم هذه الفحوصات هي [87]:

1- اختبار جاري (Charpy Test).

2- اختبار ايزود (Izode Test).

3- اختبار الاجسام الساقطة (Falling Weight Test).

4- اختبار الاجهاد-الانفعال بالسرعة العالية (High Speed Stress-Strain Tesy).

ومن الاختبارات التي يعتمد عليها في دراسة المواد الواقعة تحت تاثير القوى السريعة هو اختبار الصدمة بطريقة جاري (Charpy) والذي يتمثل باحدى صور الانحناء ثلاثي النقاط لكن في نوعه الحركي [41].

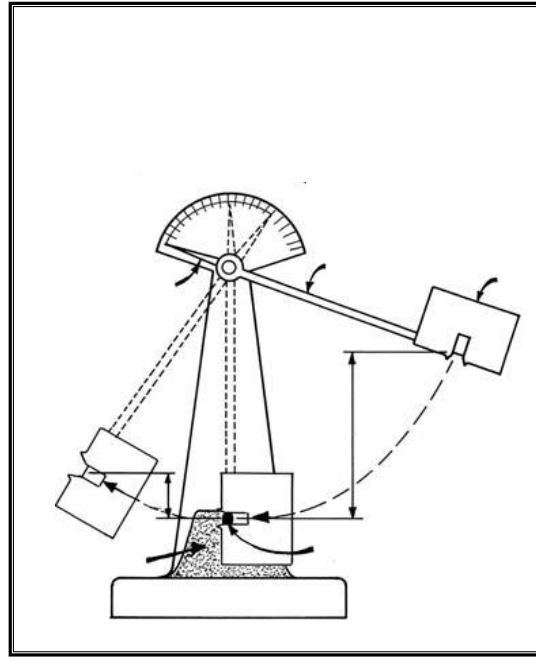
حيث يتم وضع العينة بشكل افقي وتضرب بوسطها وذلك بواسطة المطرقة وبوزن معين ، وهو الاختبار الذي تم استخدامه في هذه الدراسة ،أما في اختبار ايزود (Izod Test) بهذا الاختبار يتم فيه وضع العينة في جهة والجهة الاخرى تضرب منه كما موضح في الشكل (12-2)[88]. بالنسبة لاختبار الصدمة في الوزن الساقط يتم اجراؤها بطريقة اسقاط اداة صدم من ارتفاع معلوم حيث تملك الاداة الطاقة لكسر النموذج. اما بالنسبة لاختبار الاجهاد والانفعال ذي السرعة العالية فانه يعتمد على مبدأ ان قوة الصدمة مرتبطة بعلاقة مع قوة الشد عند الكسر حيث تتناسب مع المساحة تحت منحنى الاجهاد-الانفعال لذا فان السرعة لاختبار زيادة قوة الشد المتكونة والاستطالة الناتجة والمساحة تحت منحنى الاجهاد-الانفعال تمنحها معلومات جيدة لتخمين قوة الصدمة للمادة[87]. ان متانة المادة او مقاومة الصدمة تعطى بالمعادلة الاتية[86]:

$$\text{Impact Strength} = \text{Impact energy(KJ)} / \text{Sample area } m^2 \dots\dots\dots(2-6)$$

اختبار الصدمة يعطينا معلومات لطبيعة الكسر الذي يحصل لكل نموذج، وان الكسر هو عملية انفصال المادة الى قسمين واكثر وذلك بسبب تاثير قوة خارجية [89]ويقسم الكسر الى نوعين هما:

1- الكسر المطيلي (Ductile Fracture). ويعرف على انه اقل خطورة وسرعة من الكسر الهش اي يسبقه تشوه لدن كبير بالمنطقة المحيطة في حافة الكسر الحقيقي هذا يؤدي الى التنبيه في حدوث كسر بالمادة والكسر المطيلي يتميز بان سطح الكسر يكون خشنا بافراط مشيرا الى مقدار كبير من الشغل اللدن (Plastic-Work) كان قد حدث[90].

2- الكسر الهش (Brittle Fracture). يعد هذا الكسر من اخطر الكسور ويسبب انه يحدث بسرعة دون ان يسبقه تشوه لدن مرئي ويعتمد على خواص المادة هي (مستوى التحميل ودرجة الانتقال الزجاجي وحالة الاجهاد الموضعي) ومن مميزات هذا الكسر في المواد المتحولة كالزجاج في مظهره اللامع ومع وجود حلقات تكون (متحدة المركز) وصغيرة وتبدو مثل كسر محاري الشكل (Conchoidal)[90].



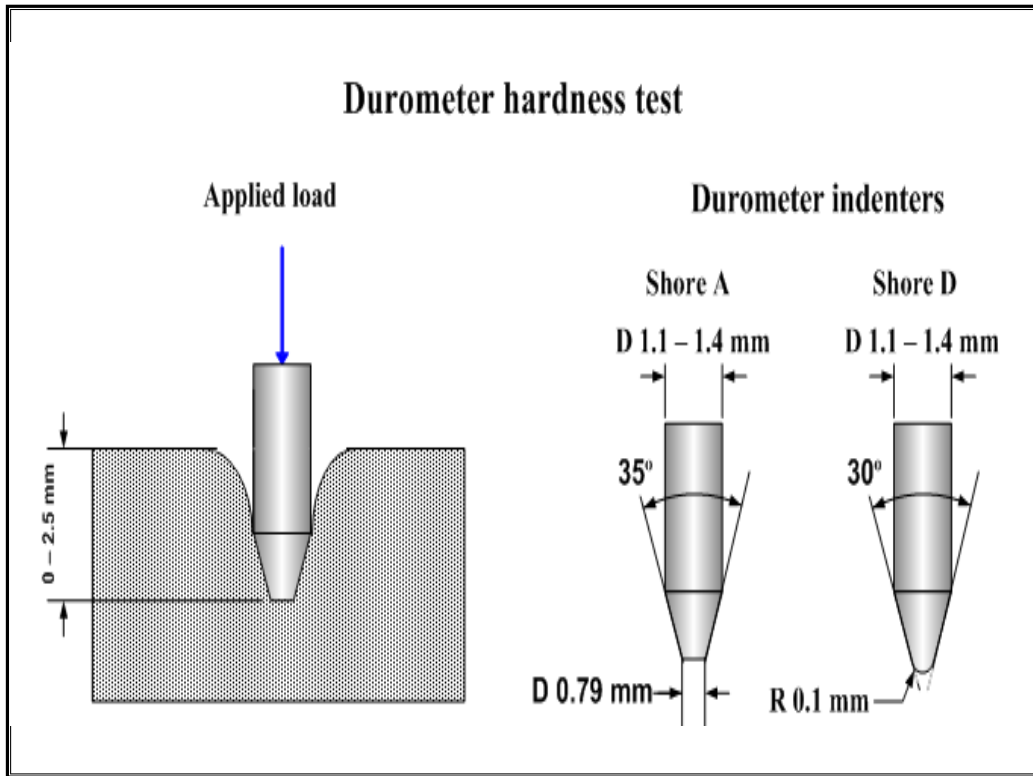
الشكل (2-12) آلة إختبار الصدمة (نوع جاري) [91]

### 3-16-2 إختبار الصلادة (Hardness Test)

ان الصلادة من الخواص الميكانيكية المهمة في دراسة سطح المادة وتعرف بانها مقاومة المادة لتشوه لدن موضعي [92] هي خاصية معقدة لها علاقة ببعض خواص المادة الاساسية كمعامل المرونة كذلك مقاومة الخضوع لا تكون هذه العلاقة على نحو مباشر ولكن هنالك ميلا للمادة الممتلئة معامل مرونة عالي ومقاومة عالية لانها تمتلك درجة عالية للصلادة [85]. ان نوع القوة الرابطة بين الذرات والجزيئات يعتمد على صلادة المواد وان هذا الترابط يؤدي الى الزيادة في التراص والتشابك ويقلل حركة جزيئات المادة وهذا بدوره يؤدي الى الزيادة في مقاومة المادة للقطع والخدش في نوع السطح ودرجة الحرارة وكذلك الظروف المؤثرة فيها [93]. هناك من المقاييس العالمية المختلفة لتعيين صلادة المواد اللدائنية هي [94]:

- 1- صلادة فيكرز (Vickers Hardness).
- 2- صلادة برينل (Brinell Hardness).
- 3- صلادة روكويل (Rockwell Hardness).
- 4- صلادة ماير (Meyar Hardness).
- 5- صلادة شور (Shore D).

تم في هذه الدراسة استخدام قياس صلادة المتراكبات البوليمرية بطريقة شور D، تستعمل لقياس معظم المواد المطاوعة للحرارة وكذلك المتصلدة حرارياً الشكل (2-13) يمثل أداة الغرز، هذا الاختبار يعد سهلاً لأن هذا الاختبار لا يحتاج إلى أجهزة معقدة وغالية وكذلك غير اتلافي وسريع وفي هذا الاختبار نلاحظ عدم تعرض العينات إلى اتلاف بمعنى أن العينة لا تنكسر عند القيام بإجراء هذا الاختبار وعدم تشوّهه واستعماله بالسيطرة النوعية في الإنتاج. هذا الاختبار يعد مقياساً للخواص الميكانيكية والتي تتأثر في التركيب الكيميائي وفي ظروف التصنيع وكذلك في مدى تجانس النموذج المقولب.



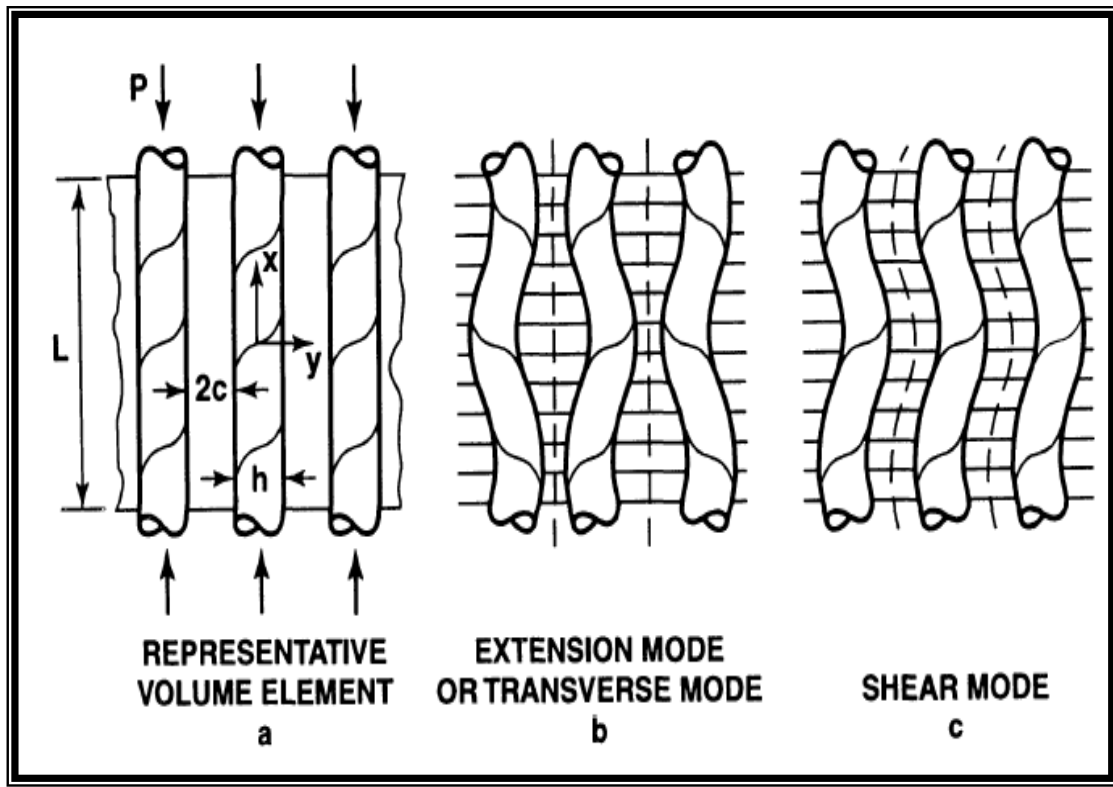
الشكل (2-13) يوضح أداة الغرز بجهاز الصلادة [95].

2-16-4 اختبار الانضغاطية (Compression)

تعرف الانضغاطية بأنها أقصى اجهاد يمكن للمادة الجاسئة ان تتحمله تحت الضغط العمودي ويكون قياسها بطريقة قسمة القوة المسلطة على وحدة مساحة المقطع العرضي لعينة الاختبار [96],ويمكننا ايجاد قيم مقاومة الانضغاطية باستخدام العلاقة الاتية[55]:

$$Compressive\ strength(Pa) = \frac{Force(N)}{cross-sectional\ area(m^2)} \dots\dots\dots (2-8)$$

يمثل السلوك الانضغاطي للمواد المترابكة من اهم الخواص الميكانيكية والتي درسها مجموعة من الباحثين ومن خلال وصف حالتين نظريتين للفشل الانضغاطي من قبل الباحثين Dow , Bosen وهما نمط القص (Mode Shear) ونمط الانبعاج (Buckling Mode) الذي ينمو في الطبقات الداخلية للمواد المترابكة والذي يؤدي الى حدوث الفشل بشكل متتابع نتيجة تشوه القص [97,40]. يوضح الشكل (2-14) نمط الانبعاج ونمط القص لمادة مترابكة احادية الاتجاه.



الشكل(2-14) يوضح نمط الانبعاج والقص لمادة مترابكة صفائحية أحادية الاتجاه[40].

ومن العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الانضغاط هي [69,41]:

- 1- قوة ربط السطح البيني.
- 2- توجيه الألياف.
- 3- خواص الألياف والمادة الأساس.
- 4- الكسر الحجمي للألياف.
- 5- كمية وحجم العيوب والفجوات.

## 2-17 الخواص الفيزيائية (Physical Properties)

### 2-17-1 الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity)

التوصيل الحراري هو الظاهرة التي يتم من خلالها نقل الحرارة من المناطق ذات درجات الحرارة العالية الى المواد المنخفضة الحرارة الخاصية التي تميز قدرة المادة على نقل الحرارة هو التوصيل الحراري قياس الموصلية الحرارية وفقا لقانون (فورير) (Fourier s Low) [98].

$$Q = -K\left(\frac{dT}{dX}\right) \dots\dots\dots (2-9)$$

تشير q الى تدفق الحرارة او تدفق الحرارة لكل وحدة زمنية لكل وحدة مساحة (المنطقة التي يتم اخذها كانها عمودي على اتجاه التدفق) .  
فان K هي الموصلية الحرارية .

و  $dT / dX$  هي درجة حرارة التدرج خلال وسط التوصيل.

يحدث التوصيل الحراري للمواد الصلبة المعدنية من خلال كل من اهتزازات الشبكة (الالكترونات) والالكترونات الحرة. في المواد غير المعدنية ونظرا لعدم وجود الكترونات حرة فان المساهمة في التوصيل الحراري لاتعود الا الى اهتزازات الشبكة. تقوم الالكترونات الحرة (بسبب حركتها العالية) بتوصيل الطاقة الحرارية بفعالية اكبر من الفونونات لذا فان المعادن هي موصلات افضل للحرارة من غير المعادن. لقد تم قياس الموصلية الحرارية للموصلات رديئة التوصيل مثل البوليمرات والسيراميك بطريقة قرص لي. للمواد رديئة التوصيل يمكن تحديد التوصيل الحراري (K) على النحو الاتي [99-101].

$$IV = \pi r^2 e (T_A+T_B) + 2\pi r e [d_A T_A + ds I / 2(T_A+T_B) + d_B T_B + d_C T_C] \dots\dots\dots (2-10)$$



حيث  $[T_A, T_B, T_C]$  هي درجة الحرارة في كل قرص A, B, C على التوالي (ds) سمك العينات r، هو نصف قطر كل قرص ايضا العينات (كلها من نفس دائرة نصف قطرها) ويمثل e كمية الحرارة المفروضة المحسوبة بالمعادلة التالية

$$k \{(T_B - T_A) / ds\} = e [T_A + 2/r (d_A + l/4ds) T_A + 1/2r ds T_B] \dots\dots\dots(2-11)$$

حيث ان التيار المار من خلال المسخن v، هو الجهد المطبق و (dA)(dB)( dc) هي سمك الاقراص النحاسية A, B, C على التوالي.

### 2-17-2 اختبار الانتشارية Diffusion testing

تعرف عملية الانتشار بانها العملية التي بوساطتها تنقل المادة من مكان الى اخر في النظام وذلك ينتج من الحركة الجزيئية العشوائية. وان الانتشار يحصل فيزيائيا وذلك لان الجزيئات بالحالة الغازية او السائلة بحالة حركة مستمرة وعن طريق ذلك تنتقل الجزيئات من موقع الى اخر ويسمى هذا السلوك قانون فـك الاول للانتشار ( Fick's Law of Diffusion ) وهو الاساس للانتشار وينص على ان التدفق باتجاه X يتناسب (Fx) مع تدرج التركيز (dc/dx) (concentration gradient) كالاتي [102].

$$F_x = -D \frac{dc}{dx} \dots\dots\dots(2-12)$$

وتمثل

Fx: عدد الجسيمات المنتشرة نزولا باتجاه تدرج التركيز بالثانية لوحدة المساحة ويسمى تدفق الجزيئات (Flux of Molecules) .

D: تمثل معامل الانتشار (Diffusion Coefficient) ( $m^2/sec$ ) يعطى بالقانون التالي.

$$D = \pi [ K_t d / 4M_{\infty} ]^2 \dots\dots\dots(2-13)$$

K<sub>t</sub>: الميل (slope) هو الجزء الخطي لمنحني الريح في الكتلة مع الجذر التربيعي للزمن ( $g/sec^{1/2}$ ).

M<sub>∞</sub>: أعلى قيمة أي الوصول لحالة الاشباع (أعلى قيمة ربح في الكتلة) (g).

d: سمك العينة (mm).

ومن العوامل التي تؤثر على امتصاصية النماذج للمحلول هي .

- 1- المعيارية.
- 2 - نوع المادة الاساس ومادة التدعيم المستخدمة.
- 3- زمن الغمر في المحلول .
- 4- نوع المحلول وطبيعته (حامضي، قاعدي ، ملحي ،معامل لزوجته).

ولايجاد النسبة المئوية لتغير كتلة النماذج المغمورة في الماء والمحاليل نستخدم القانون التالي:

$$\text{Weight gain\%} = (M_2 - M_1 / M_1) \times 100\% \text{ -----( 2-14 )}$$

وتمثل

$M_1$ : كتلة العينة قبل الغمر (g) .

$M_2$ : كتلة العينة بعد الغمر (g) [102].



# الفصل الثالث

## الجانب العملي

**3-1 المقدمة Introduction**

في هذا الفصل سنتناول الجانب العملي للدراسة الذي يتضمن ما يأتي:  
تعريف المواد الاولية المستخدمة المتمثلة بتحضير الخلائط البوليمرية مع توضيح صفاتها  
وخصائصها العامة وطريقة تحضير العينات الخاصة لكل اختبار تم اجراؤه بالاضافة الى عرض  
بعض الصور والمخططات التي توضح اشكال هذه العينات وكذلك ابعادها.

**3-2 المواد المستعملة Used Materials**

تم في هذه الدراسة استعمال المواد الاتية:

**3-2-1 الايبوكسي EPOXY**

تم في هذا البحث استعمال راتنج الايبوكسي من نوع (POLYPRIM EP) بكونه المادة  
الاساس للخليط البوليمري وان راتنج الايبوكسي هو أحد البوليمرات المتصلدة حراريا (Thermoset)  
والذي يكون على هيئة مادة سائلة ذات لون شفاف (كهرماني) وكثافته  $(1.05 \pm 0.05 \text{ g/ml})$   
وتضاف المادة المصلدة (Hardener) من نوع MPDA وهو مادة سائلة خفيفة القوام ذات لون  
شفاف للراتنج وذلك بنسبة (1:3) والمصنع من قبل شركة (Henkel polybit Industries Ltd).

**3-2-2 راتنج البولي أستر غير المشبع Unsaturated Polyester Resin**

تم استخدام راتنج البولي استر غير المشبع بالدراسة الحالية على هيئة سائل شفاف والاختصار  
الشائع له (UPE) وهو متصلد حراريا، وكثافته  $(1.13-1.2 \text{ g/ml})$  ويعد هذا الراتنج من الراتنجات  
القابلة للمعالجة الى الحالة الصلبة بعد ان يتم اضافة المصلدة له من نوع بيروكسيد اثيل مثيل كيتون  
(MEKP) وبنسبة اضافة (2g) لكل (100g) ليتحول الى مادة صلبة بدرجة حرارة الغرفة.

3-2-3 أوكسيد المغنيسيوم *Magnesium Oxide*

اوكسيد المغنيسيوم الصيغة الجزيئية له هي MgO وهو مركب أيوني لا طعم له وغير سام عديم الرائحة. وهو ذو لون ابيض كما موضح في الشكل (3-1) في درجة حرارة الغرفة وقابلية للذوبان في الماء نحو (2% wt). يمكن استخدام اوكسيد المغنيسيوم كعامل تعبئة وتقوية للمنتجات البلاستيكية والمطاطية ذات الالوان الفاتحة ويستخدم على نطاق واسع في الزجاج والاصباغ والبلاستيك الفينولي وغير هامن المجالات العديدة. وتبلغ نقاوة مسحوق اوكسيد المغنيسيوم (93.08%) كما هو موضح بلجدول (3-1) الملحق والتي تم معرفتها من خلال فحص (XRF) والمصنع من قبل شركة (BDH Chemical Ltd Poole England).



الشكل (3-1) مسحوق أوكسيد المغنيسيوم (MgO).

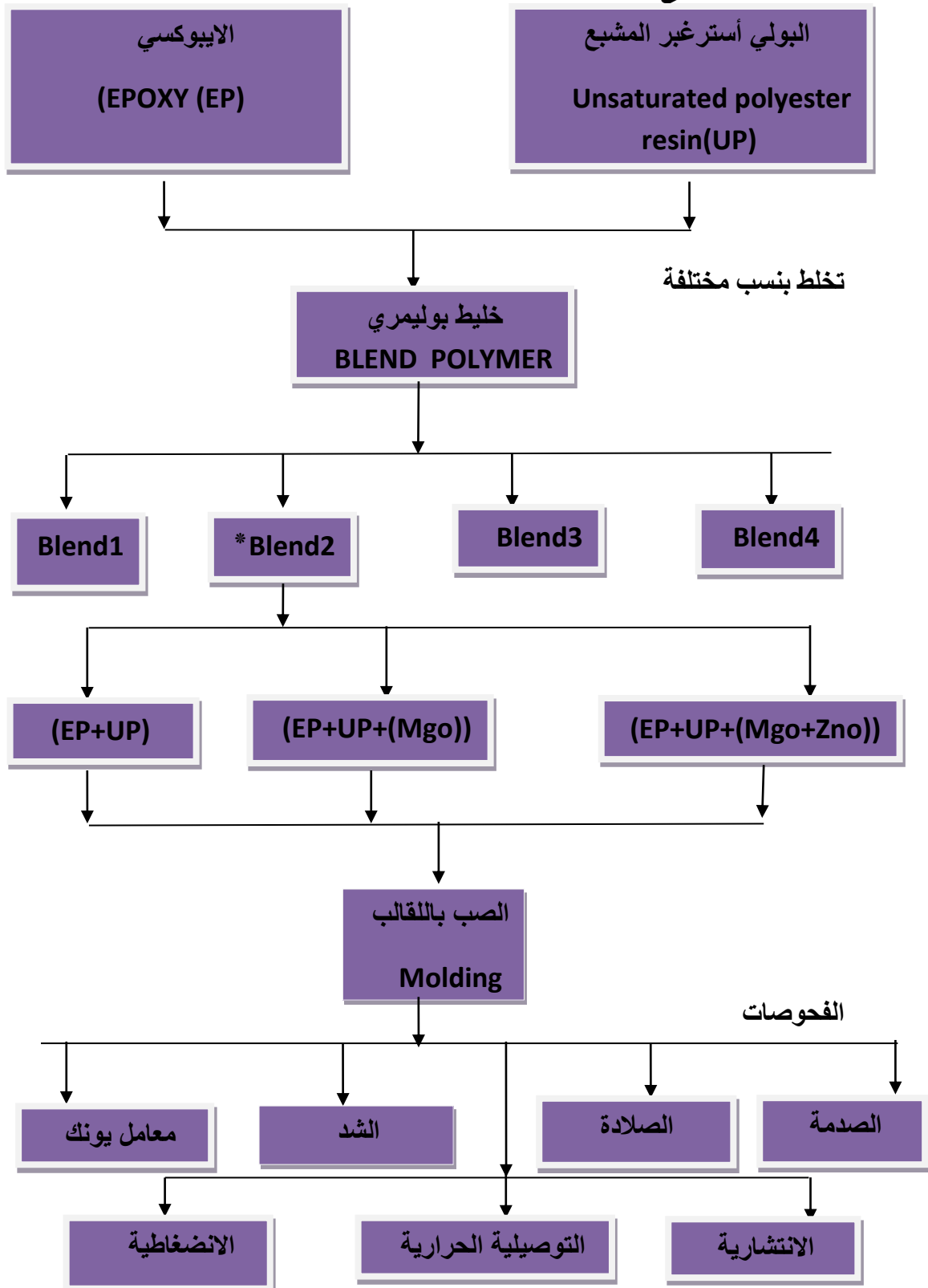
### 3-2-4 أوكسيد الخارصين Zinc Oxide

تم في هذه الدراسة استخدام مسحوق أوكسيد الخارصين بوصفه كمادة تدعيم للخليط البوليمري حيث يكون بهيأة مسحوق أبيض كما في الشكل (3-2) وهو عديم الرائحة والصيغة الكيميائية له (ZnO) والمصنع من شركة (RIEDEL-DE HAEN AG SEELZE-HANNOVER) ويتصف أوكسيد الخارصين بكونه غير قابل للذوبان في الماء ويستخدم بشكل واسع كمادة مضافة الى العديد من الخلائط البوليمرية بما فيه الطلاء والمطاط (اطارات السيارات). وتبلغ نقاوة مسحوق أوكسيد الخارصين (93.90 %) كما هو موضح بلجدول (3-2) الملحق والتي تم معرفتها من خلال فحص (XRF).



الشكل (3-2) أوكسيد الخارصين (ZnO).

3-3 مراحل تصنيع الخلطات البوليمرية



مخطط (3-1) يوضح مراحل تصنيع العينات والفحوصات التي أجريت عليها.

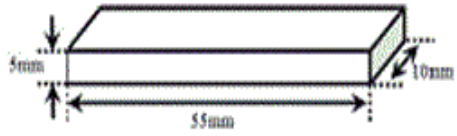
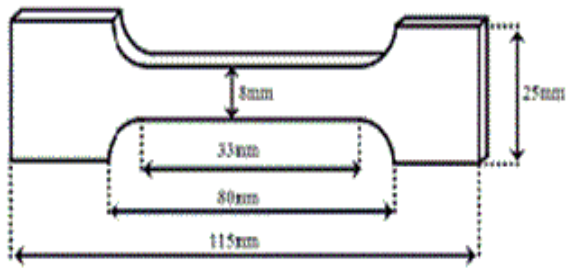
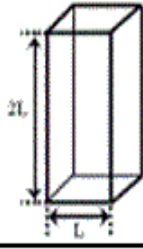
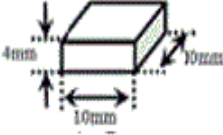
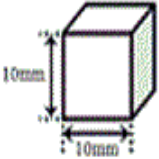
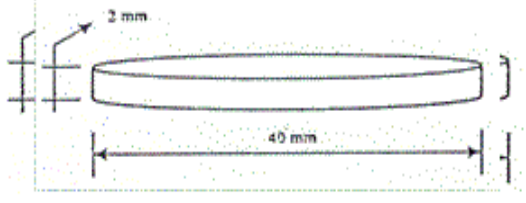
## 3-4 تحضير الخلطة البوليمرية Preparation of Polymer Blends

تم في هذه الدراسة تحضير الخلطات البوليمرية بطريقة القولية اليدوية ( Hand Lay-Up Molding ) ، وتم عمل أربع خلطات بوليمرية وبالنسب الموضحة بالجدول (3-3) وصبها في قالب زجاجي تم تنظيفه وتجفيفه مسبقاً وبابعاد (15\*15\*0.4cm) ولضمان عدم التصاق الخلطة البوليمرية تم وضع ورق الفابلون وترك الخلطات مدة (10) أيام في درجة حرارة الغرفة للتصلب، بعدها وضعت المصبوبات في الفرن بدرجة حرارة (50°C) من أجل اتمام عملية المعالجة (Post curing) ،وبعدھا تم تقطيع المصبوبات حسب مواصفة (ASTM) كما موضح في المخطط (3-4)، وبأختیار النسبة الافضل للخليط البوليمري والتي تمثل (80%Ep+20%UPE) تم تحضير المادة المتراكبة المنفردة بأضافة مسحوق أكسيد المغنيسيوم (MgO) الى الخليط البوليمري ذي النسبة الافضل باعتبارھ المادة الاساس وبنسب وزنية مختلفة (4,8,12%) أما للمادة المتراكبة الهجينة تم أضافة مسحوق أكسيد المغنيسيوم (MgO) ومسحوق أكسيد الزنك (ZnO) الى نفس الخليط البوليمري وبنفس النسب الوزنية السابقة.

الجدول (3-3) يوضح الخلطات البوليمرية المقولية لاختيار أفضل نسبة خلط.

رقم الخلطة	النسبة المئوية للخلط
1	90%Ep+10%UPE
2	80%Ep+20%UPE
3	60%Ep+40%UPE
4	50%Ep+50%UPE



Test	Samples Dimensions	Standard Specification
Impact Test		ISO-179
Tensile Test		ASTM-D638M
Compression Test		ASTM-D695
Hardness Test		ASTM-D2240
Diffusivity Test		ASTM-D570
Thermal Conductivity Test		Lee's Disk

الجدول (3-4): يوضح الابعاد القياسية للنماذج وفق مواصفة (ASTM) [7].



الشكل (3-3) يوضح شكل القالب المستخدم في هذه الدراسة.

### 3-5 تحضير محاليل الغمر Preparation of Immersion Solutions

في هذه الدراسة تم استخدام الماء المقطر (H<sub>2</sub>O) وكذلك تم تحضير محلول حامض النتريك (HNO<sub>3</sub>) وقاعدة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) المخفف وبعيارية (0.05N) بحسب القانون الاتي:

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \text{ ----- (3-1)}$$

N<sub>1</sub> : عيارية الحامض المركز.

V<sub>1</sub> : حجم الحامض المركز.

N<sub>2</sub> : عيارية الحامض المخفف.

V<sub>2</sub> : الحجم المطلوب.

وبعد الحصول على حجم (V<sub>1</sub>) يتم بعدها وضع هذه الكمية في قنينة حجمية ويسكب الماء المقطر فوقها وترج جيدا للحصول على محلول متجانس ويوضع في الاوعية المخصصة للغمر.

### 3-6 غمر النماذج في المحاليل Samples Immersion in Solutions

بعدما تم تحضير محاليل الغمر ووضعها في الاوعية المخصصة، كذلك تم غمر النماذج في الماء المقطر (H<sub>2</sub>O) وحامض النتريك (HNO<sub>3</sub>) وقاعدة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) للخلائط البوليمرية المقولبة الثلاثة والتي تتضمن: عينات الامتصاصية ذات الابعاد (10\*10)mm، وتم غمر العينات في الماء والقاعدة والحامض المخفف بعد أن تحسب كتلتها قبل الغمر بواسطة الميزان الحساس وبعد مرور أسبوع على الغمر بالنسبة لجميع النماذج المغمورة تم استخراج النماذج بواسطة ملقط مصنوع من (Stainless Steel) وجففت، وتم حساب كتلتها بعد الغمر بالميزان الحساس وتكررت العملية بعد كل أسبوع واستمرت لمدة ٦ أسابيع وبدرجة حرارة الغرفة، ثم تحسب النسبة المئوية للتغير في الكتلة للنماذج المغمورة في الماء والحامض والقاعدة من المعادلة الاتية اما معامل الانتشارية (D) فيحسب من قانون فك الثاني المعادلة (2-14)(2-13).

### 3-7 الاختبارات والاجهزة المستعملة The Test and Used Equipment

هذا البند يتضمن استعراضا للاجهزة المستعملة بالاختبارات الميكانيكية والفيزيائية في هذه الدراسة.

#### 3-7-1 جهاز اختبار الشد Tensile Test Instrument

عندما يتم تسليط حمل او (قوة) على مادة سوف تنتج اجهادا في المادة. وان الجهد الذي يؤثر على المادة هو القوة المبذولة لوحدة المساحة.

$$\sigma = F/A \dots\dots\dots (3-4)$$

حيث ان:

$\sigma$ : تمثل الاجهاد ( $N/mm^2$ ) او (MPa).

F: تمثل القوة (N).

A: تمثل مساحة المقطع العرضي ( $mm^2$ ).

ان (F) تمثل قوة الشد التي تعمل على زيادة طول الكتلة ونقصانها في مقطعها العرضي عندما تكون الاجهادات شديدة (Tensile). اذا كانت مساحة المقطع (A) فيكون اجهادها الشدي ( $F/A$ ). ويسمى التغير في الابعاد الناتج عن الاجهاد بالانفعال (Strain). وان الانفعال في الشد هو نسبة التغير بالطول الى الطول الاصلي كما في المعادلة الاتية:

$$\epsilon = \Delta L / L_0 \dots\dots\dots (3-5)$$

حيث ان:

$\epsilon$ : تمثل إنفعال الشد.

$L_0$ : تمثل الطول الاصلي (mm).

$\Delta L$ : تمثل الزيادة في الطول (mm).

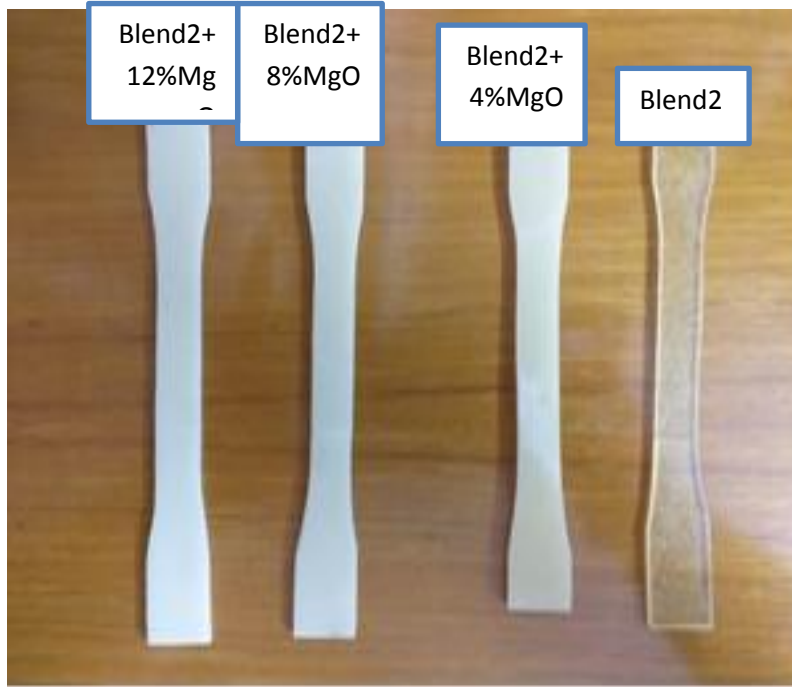
وعندما يتم تحميل اي مادة مرنة تدريجيا خلال الشد، يتناسب الانفعال المرن الناتج تناسباً طردياً مع الاجهاد المسبب له. وهذه العلاقة تعرف بقانون هوك (Hooke's Law) كما هو موضح في الرسم البياني للاجهاد – الانفعال. الشكل (2-15) يمثل خط مستقيم يمر في نقطة الصفر. ويكون ميل الخط المستقيم (الاجهاد/الانفعال) ثابتاً لمعدن معين، ويعرف بمعامل يونك (Young's modulus) أو معامل المرونة (Modulus of elasticity) ووحدته (MPa) ويرمز له (E) فأن :

$$E = \sigma/\epsilon \dots\dots\dots (3-6)$$

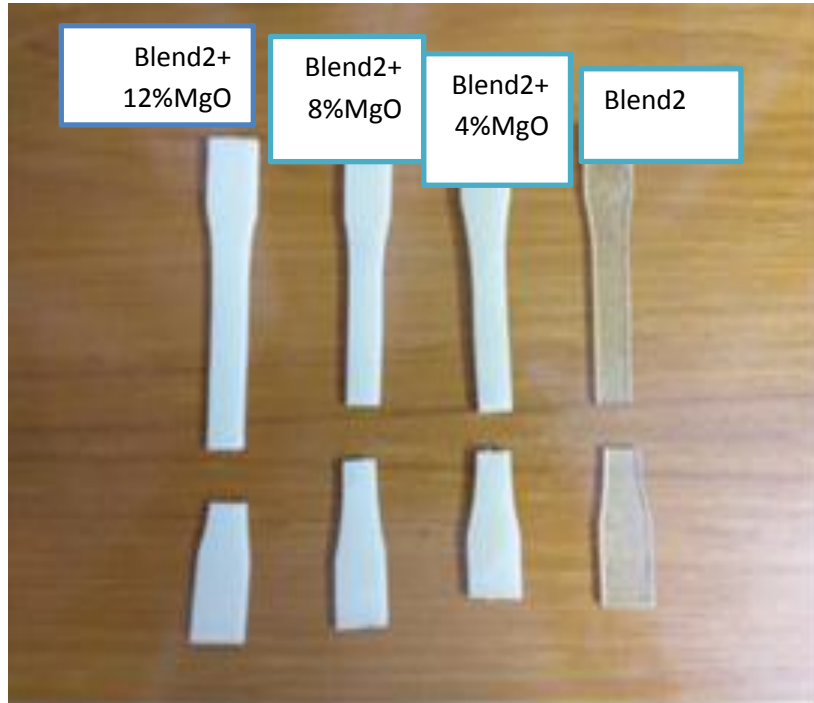
بهذا الاختبار تم استخدام الجهاز الموضح بالشكل (3-4) من نوع ( JIANQIAO TESTING EQUIPMENT) حيث تم تثبيت العينة في المكان المخصص لها وبعدها يتم تشغيل الجهاز فتعمل المقابض على شد العينة من الاسفل والاعلى بقيمة تحسب عن طريق شاشة الجهاز لحظة كسر العينة. الأشكال توضح نماذج اختبار الشد حسب (ASTM) المعتمدة في الدراسة قبل اجراء الفحص عليها وبعده .



الشكل (3-4) يوضح جهاز اختبار الشد.



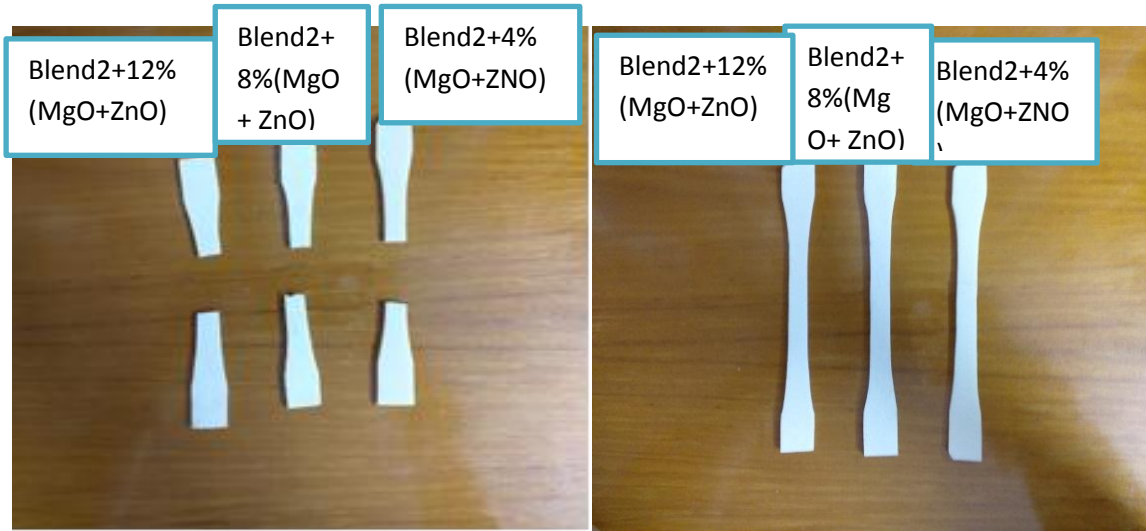
(A) عينات اختبار الشد قبل الفحص



(B) عينات اختبار الشد بعد الفحص .

الشكل (3-5) عينات اختبار الشد للمترابك المنفرد.



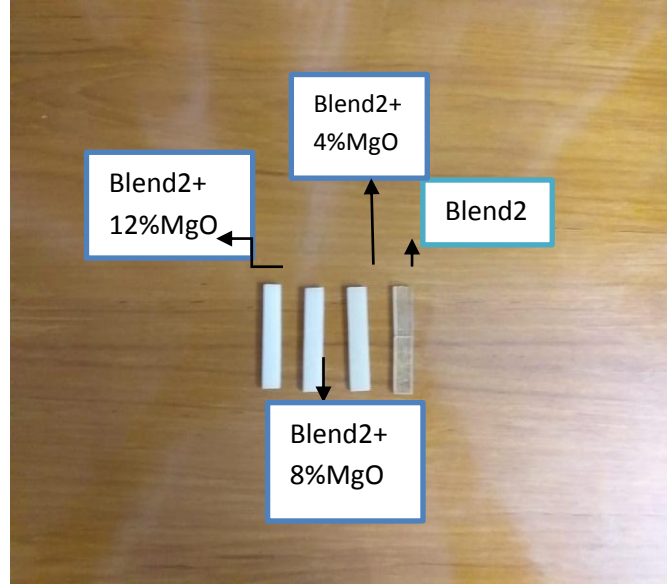


(A) عينات اختبار الشد قبل الفحص. (B) عينات اختبار الشد بعد الفحص.

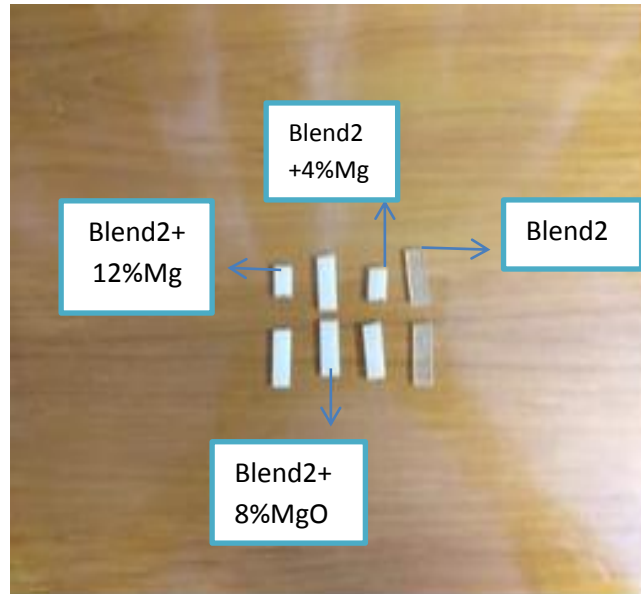
الشكل (3-6) عينات اختبار الشد للمتراكب الهجين .

### 3-7-2 جهاز اختبار الصدمة *Impact Test Instrument*

لحساب الطاقة المطلوبة للكسر والتي من خلالها يمكننا حساب مقاومة الصدمة للمادة ، تم في هذه الدراسة استخدام جهاز اختبار الصدمة نوع چاربي (Charpy Test) والمصنع من شركة ( Test Machines INC. AMITYVILLE, New York) وتتم طريقة الفحص في جهاز چاربي من خلال رفع المطرقة الى أقصى ارتفاع وتثبت جيدا ويتم وضع العينة في المكان المخصص لها. ويتم بعدها تفسير مقياس الطاقة ثم يحرر البندول باستخدام العتلة المثبتة على المقياس بحركة تأرجحية وتتحول الطاقة الكامنة الى طاقة حركية والجزء المفقود منه في كسر العينة لذا فتتم قراءة مؤشر المقياس وتلك هي قيمة طاقة الكسر للعينة.



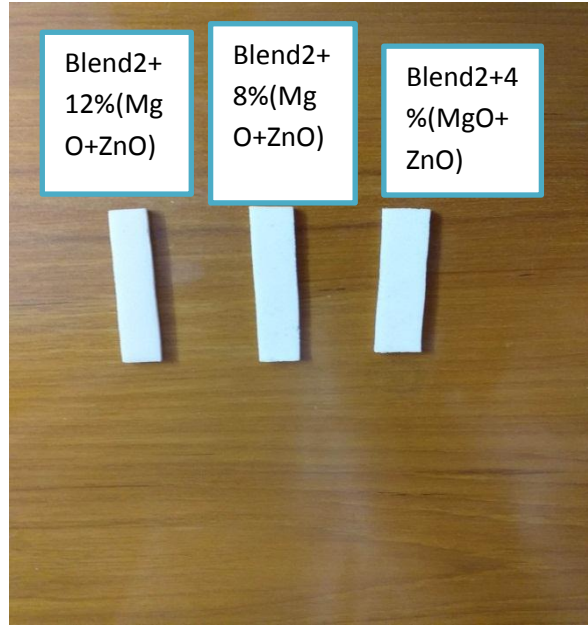
(A) عينات اختبار الصدمة قبل الفحص.



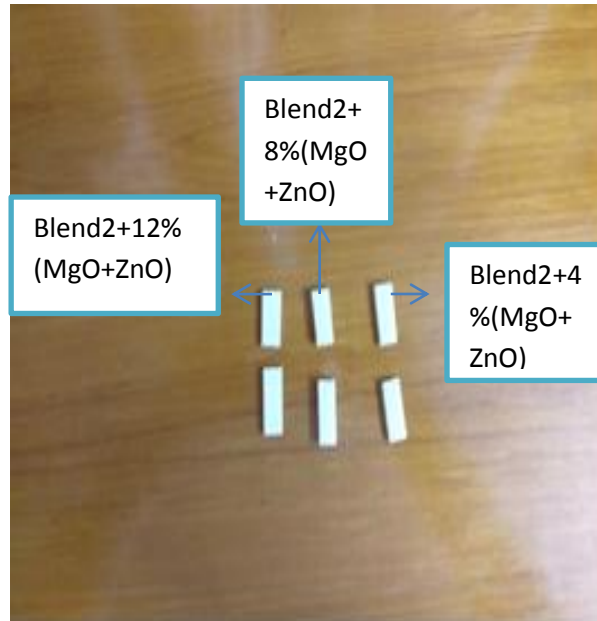
(B) عينات اختبار الصدمة بعد الفحص.

الشكل (3-7) عينات اختبار الصدمة للمترابك المنفرد .





(A) عينات اختبار الصدمة قبل الفحص.



(B) عينات اختبار الصدمة بعد الفحص.

الشكل (3-8) عينات اختبار الصدمة للمترابك الهجين .

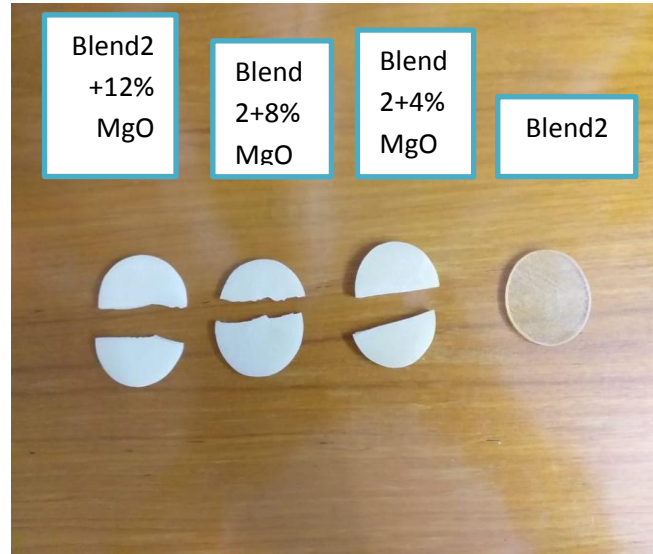
### 3-7-3 جهاز اختبار الصلادة Hardness Test Instrument

تم في هذه الدراسة اختبار قياس الصلادة للعينات بطريقة (Shore D) ونوع الجهاز المستخدم بهذا الاختبار هو (Shore D Hardness Tester TH210) وهو جهاز يدوي يتكون من نابض مُحمل باداة غرز بشكل ابرة تخترق سطح العينة وبعدها يتم تسجيل الرقم الذي يظهر على شاشة الجهاز. ومن اهم استخدامات مقياس شور (D) استخدامه في قياس صلادة البلاستيكات والمطاطيات الصلدة مثل البلاستيكات المطاوعة للحرارة وراتنج الايبوكسي، ويتم هذا الاختبار في درجة حرارة الغرفة.

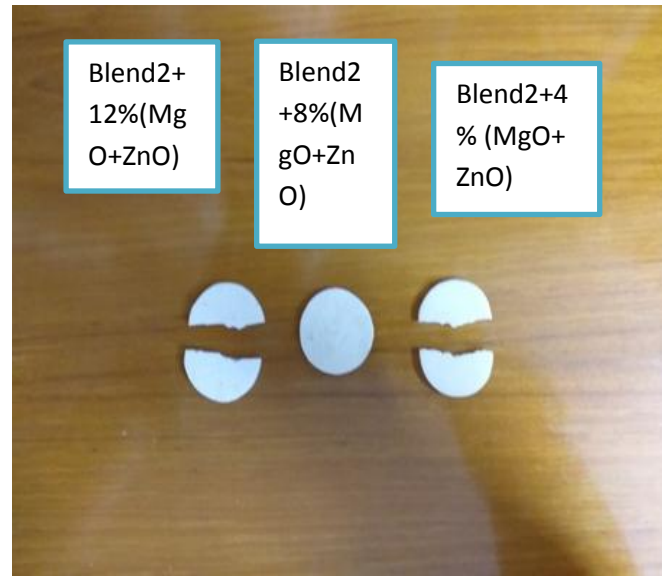
### 3-7-4 جهاز اختبار الانضغاطية Compression Test Instrument

يمكننا تعريف مقاومة الانضغاط بانها: أعلى أجهاد تتحمله المادة تحت الضغط العمودي المسلط. ولحساب مقاومة الانضغاطية للعينات تم استخدام جهاز المكبس الهيدروليكي من نوع (Ley Bold Harris No.36110) كما في الشكل (3-9) ويتم تثبيت العينة على القاعدة بواسطة ذراع موجود بالجهاز للاعلى الى ان يصبح تماس سطح العينة مع السطح الاعلى للجهاز ، وبعد ذلك يصفر المقياس الموجود بالجهاز وهو الذي يقرأ قيمة الحمل المسلط ثم بعدها يسقط الحمل على العينة الى ان يحصل الكسر بعدها تتم قراءة المقياس (Dial gauge) والذي يوضح اعلى مقاومة للانضغاط تمتلكها العينة لحظة حصول الكسر. ويتم اجراء الفحص بدرجة حرارة الغرفة ووحدة قياس مقاومة الانضغاط (MPa) او ( $N/mm^2$ ) والعلاقة (2-8) توضح ذلك ويبين الشكل (3-10) شكل العينات للمترابك المنفرد والهجين.





(A) عينات الانضغاطية للمترابك المنفرد.



(B) عينات اختبار الانضغاطية للمترابك الهجين.

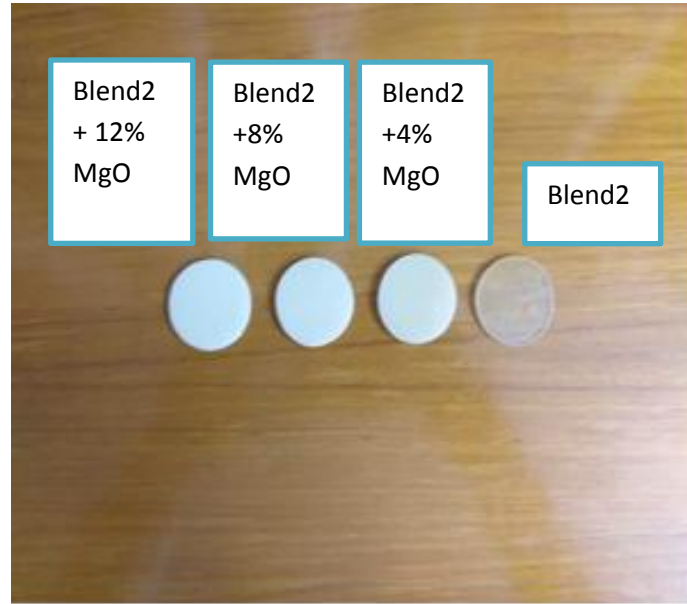
الشكل (10-3) فحص الانضغاطية للمترابكات المنفردة والهجينة.

### 3-7-5 جهاز قياس التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity Test Instrument

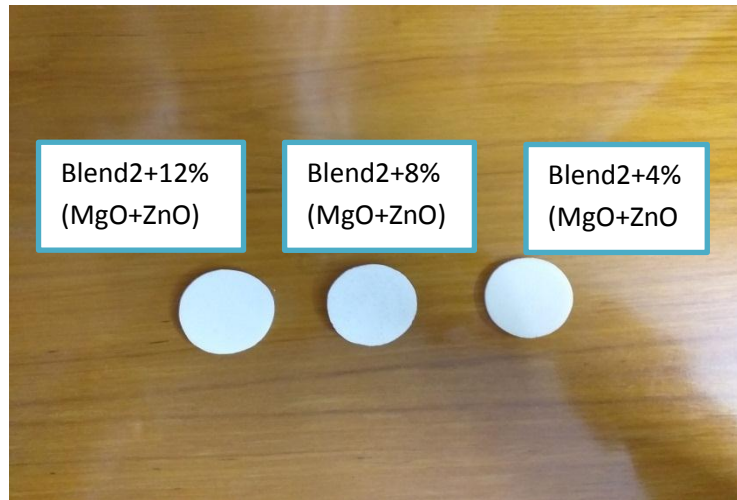
تم في هذه الدراسة تم استخدام جهاز قرص لي (Lees Disc) وكما مبين في الشكل (3-11) حيث من خلاله يمكننا حساب معامل التوصيل الحراري لجميع العينات. وعمل الجهاز يتم فيه انتقال الحرارة من المسخن الى القرص الذي بعده حتى يصل الى القرص الاخير. ويمكننا قراءة درجة الحرارة لجميع الاقراص الثلاثة ( $T_A, T_B, T_C$ ) ( $^{\circ}C$ ) باستخدام المحارير الموضوعة داخلها على التوالي. وذلك من معرفة سمك القرص ( $ds$ ) ( $mm$ )، ونصف قطر القرص ( $r$ ) ( $mm$ )، وكمية التيار المار بالملف ( $I$ ) هي ( $0.25$  Ampere) وفرق الجهد لطرفي الملف ( $V$ ) والذي يساوي ( $6$  Volt)، ويمكننا حساب قيمة ( $e$ ) والتي تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة القرص لكل ثانية ( $W/m. ^{\circ}K$ ) باستخدام المعادلة (2-10) وبالتالي يمكننا حساب الموصلية الحرارية ( $k$ ) وتقاس ( $W/m. ^{\circ}K$ ) كذلك حسابه يمكن من خلال المعادلة (2-11).



الشكل (3-11) جهاز اختبار التوصيلية الحرارية.



(A) عينات المتراكب المنفرد.



(B) عينات المتراكب المهجين.

الشكل (3-12) فحص التوصيلية الحرارية.

### 3-7-6 جهاز قياس الكتلة (الميزان الحساس) *Mass Measurement*

#### *Instrument*

تم في هذه الدراسة استخدام الميزان الحساس من نوع (Denver Instrument) بدرجة تحسس مقدارها (0.0001g) لحساب وزن النماذج.

# الفصل الرابع

## النتائج والمناقشة



## 1- 4 المقدمة

يعرض هذا الفصل الاختبارات والنتائج كافة التي تم التوصل اليها في هذه الدراسة مع تفسيرها ومناقشتها وعرض لجميع النتائج والرسومات البيانية الخاصة بكافة الفحوصات الميكانيكية والفيزيائية.

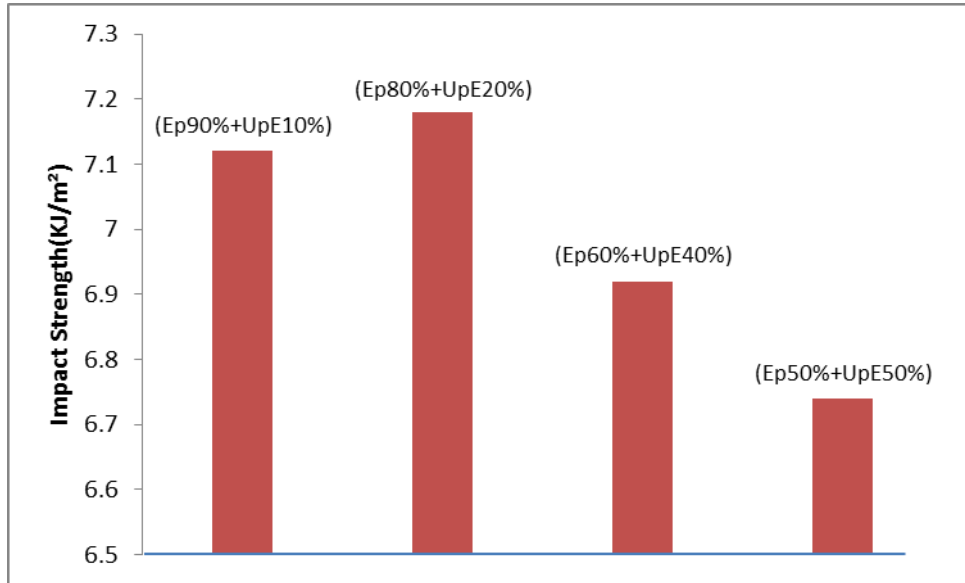
## 2 - 4 مقاومة الصدمة (Impact Strength)

يستند مبدأ العمل في اختبار الصدمة ان بعض من الطاقة الموجودة في المطرقة كالطاقة الحركية يتم امتصاصها من قبل العينة قبل ان يتم حدوث الكسر، حيث تعتمد هذه الطاقة الممتصة على الطبيعة المكونة للمواد الداخلة في تصنيع المادة المتراكبة وكذلك تعتمد على مقاومة الاجهاد الخارجي المسلط على العينة. أن الآلية التي يحدث فيها الفشل في المادة نتيجة للاجهادات السريعة التي تتعرض لها المادة تعد واحدة من اهم الخصائص الميكانيكية التي اولت العديد من الباحثين للاهتمام بها ودراستها حيث ان المواد البوليمرية قد تمتلك مطيلية (Ductile) بتأثير الاجهادات الساكنة المسطوة عليها وتبدي مقاومة أكبر للصدمة مثل البولي أثيلين والبولستايرين والمطاط ولكنها تبدو هشة (Brittle) تحت تأثير الاجهادات السريعة مثل البولي أستر غير المشبع [103].

الجدول رقم (1) قيم متانة الصدمة للخلطات البوليمرية لاختيار افضل نسبة لمتانة الصدمة .

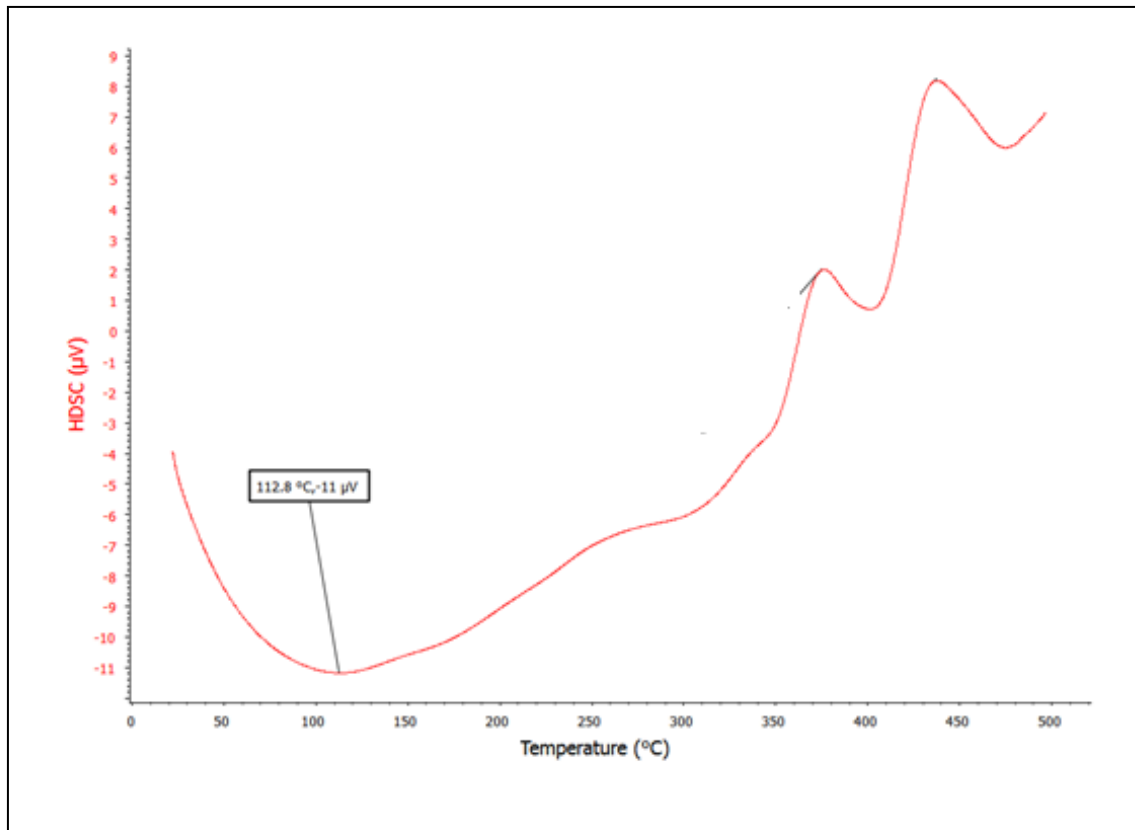
Polymer Blend	Impact Strength (KJ/m <sup>2</sup> )
Blend1	7.12
Blend2	*7.18
Blend3	6.92
Blend4	6.74

حيث اوضحت النتائج المستحصلة من قيم مقاومة الصدمة امتلاك الخلطة البوليمرية (Blend 2) اعلى قيمة لمتانة الصدمة كما موضح في الجدول رقم (1).



الشكل (4-1) قيم متانة الصدمة للخلطات البوليمرية لاختيار النسبة الأفضل للخلط.

بعد ان تم اختيار أفضل نسبة للخلط وهي النسبة (80% Ep + 20% UPE) تم اخضاع العينة الافضل لاختبار التحليل الحراري التفاضلي (DSC) لبيان تجانس العينة ومن خلال الشكل (4-2) الذي يوضح العلاقة بين الانسياب الحراري ودرجة الحرارة تم الحصول على درجة حرارة واحدة للانتقال الزجاجي وكانت قيمتها (112°C) وهذا يؤكد تجانس الخليط البوليمري المحضر في الدراسة.



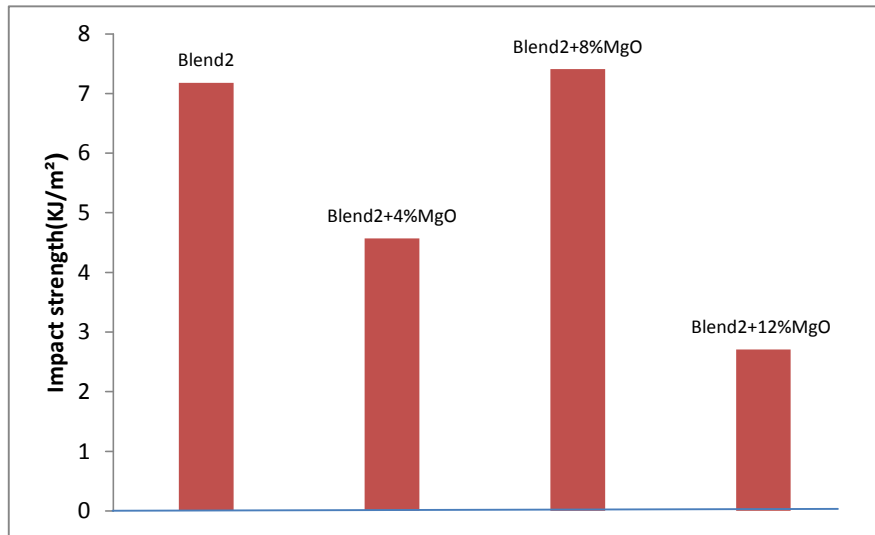
الشكل (4-2) مخطط التحليل الحراري التفاضلي (DSC).



أما بالنسبة للمترابك المنفرد ومن الشكل (3-4) يمكننا ملاحظة امتلاك النسبة (8%) اعلى قيمة لمقاومة الصدمة والبالغة ( $7.41 \text{ KJ/m}^2$ ) كما موضح في الجدول رقم(2). ويمكن ان يعزى السبب في ذلك ان اضافة الدقائق الحشوية تؤدي الى انحراف الشق الموجود في المادة والتسبب بمساحة سطحية كبيرة للكسر حيث ان التقاء الشق مع الدقائق اثناء تقدمه خلال المادة سيؤدي الى تولد اعاقه لحركته من قبل الدقائق التي يمكن اعتبارها بمثابة حاجز امام تقدم الشق وتعمل على تثبيت الشق في مركز تواجد الدقائق ولكي يعبر الشق هذا الحاجز وينمو ويغير من شكله الى شقوق صغيرة ثانوية يحاول المرور بها من بين الدقائق حيث يؤدي هذا الامر الى زيادة في مساحة سطح الشق ومما يؤدي الى زيادة الطاقة اللازمة للكسر وبالتالي الى زيادة قيمة مقاومة الصدمة.

الجدول رقم(2) قيم متانة الصدمة للمترابك المنفرد.

Samples	Impact Strength ( $\text{KJ/m}^2$ )
Blend2	7.18
Blend2 + 4%(MgO)	4.57
Blend2+8%(MgO)	*7.41
Blend2+12%(MgO)	2.71

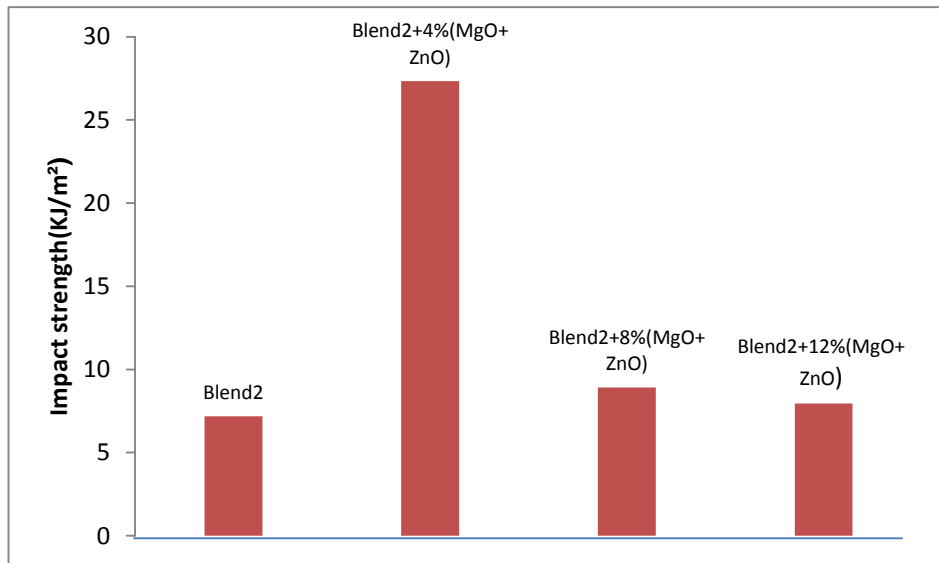


الشكل(3-4) قيم متانة الصدمة للمترابك المنفرد .

كما أن اضافة الدقائق الحشوية يؤدي الى تحسين او تعزيز مقاومة الصدمة او تدهورها بالاعتماد على الترابط بين المادة الاساس والدقائق المضافة. حيث عندما يكون التداخل بين المادة الاساس والدقائق قوياً تعزز مقاومة الصدمة وتحسن اما في حالة ضعف السطح البيئي بين المادة الاساس والدقائق يؤدي ذلك الى تدهور او انخفاض مقاومة الصدمة حيث تكون الدقائق بمثابة مراكز لتركيز الاجهاد (Stress concentration) وهذا ما اتفق مع ما جاء به من ابحاث سابقة [68],[104],[105].

اما بالنسبة للمترابك الهجين (Ep + UPE+MgO+ZnO) فقد امتلكت النسبة (4%) اعلى قيمة لمقاومة الصدمة والشكل (4-4) قيم متانة الصدمة للمترابك الهجين،ويمكن ان يعزى السبب في زيادة مقاومة الصدمة عند النسبة (4%) حيث ان التراكيز العالية لاوكسيد المغنيسيوم واوكسيد الخارصين المضافة تؤدي الى تكتل هذه الدقائق مما يجعلها مراكز لتركيز الاجهاد ومما يؤدي بذلك الى انخفاض قيمة مقاومة الصدمة. اما عند النسبة (4%) فيعزى السبب في زيادة مقاومة الصدمة الى ان توزيع الدقائق في التراكيز المنخفضة يكون منتظماً في الخليط البوليمري مما يؤدي ذلك الى القدرة على امتصاص طاقة الصدمة العالية وانتقال الاجهاد من المادة الاساس الى الدقائق الحشوية [106],[107]. الجدول رقم (3) قيم متانة الصدمة للمترابك الهجين.

Samples	Impact Strength (KJ/m <sup>2</sup> )
Blend2	7.18
Blend2+ 4%(MgO+ ZnO)	*27.33
Blend2+8%(MgO+ZnO)	8.92
Blend2+12%(MgO+ZnO)	7.96

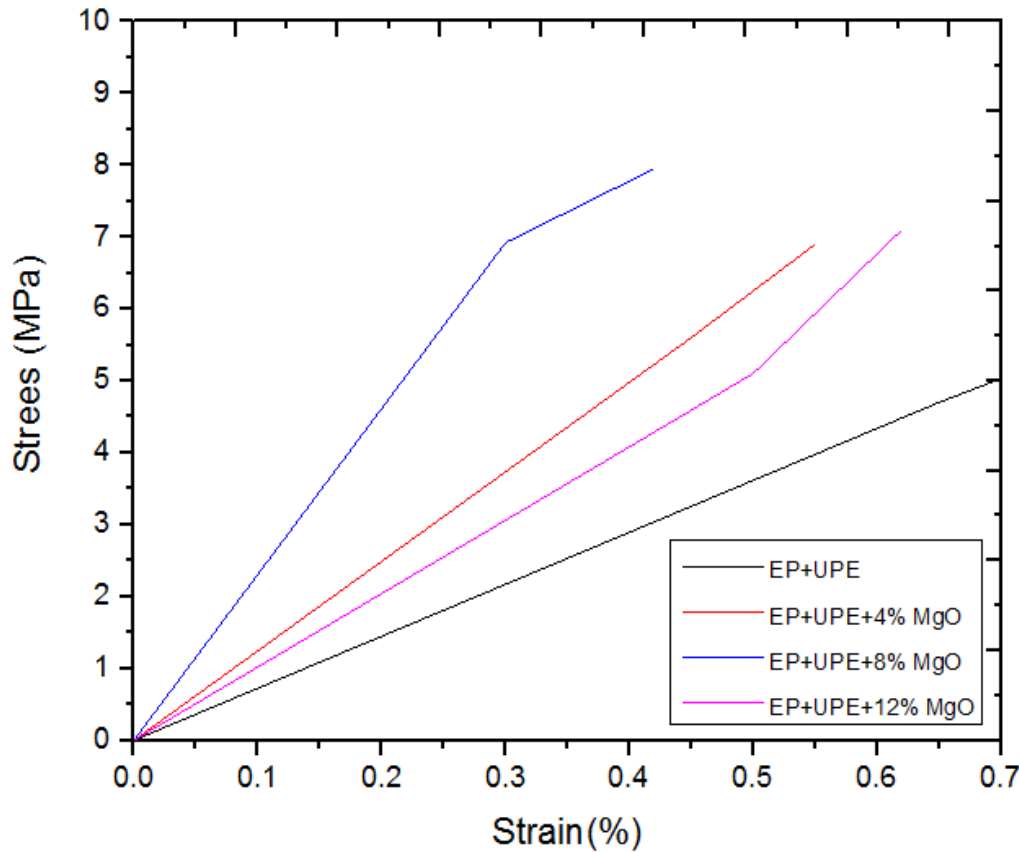


الشكل (4-4) قيم متانة الصدمة للمترابك الهجين.

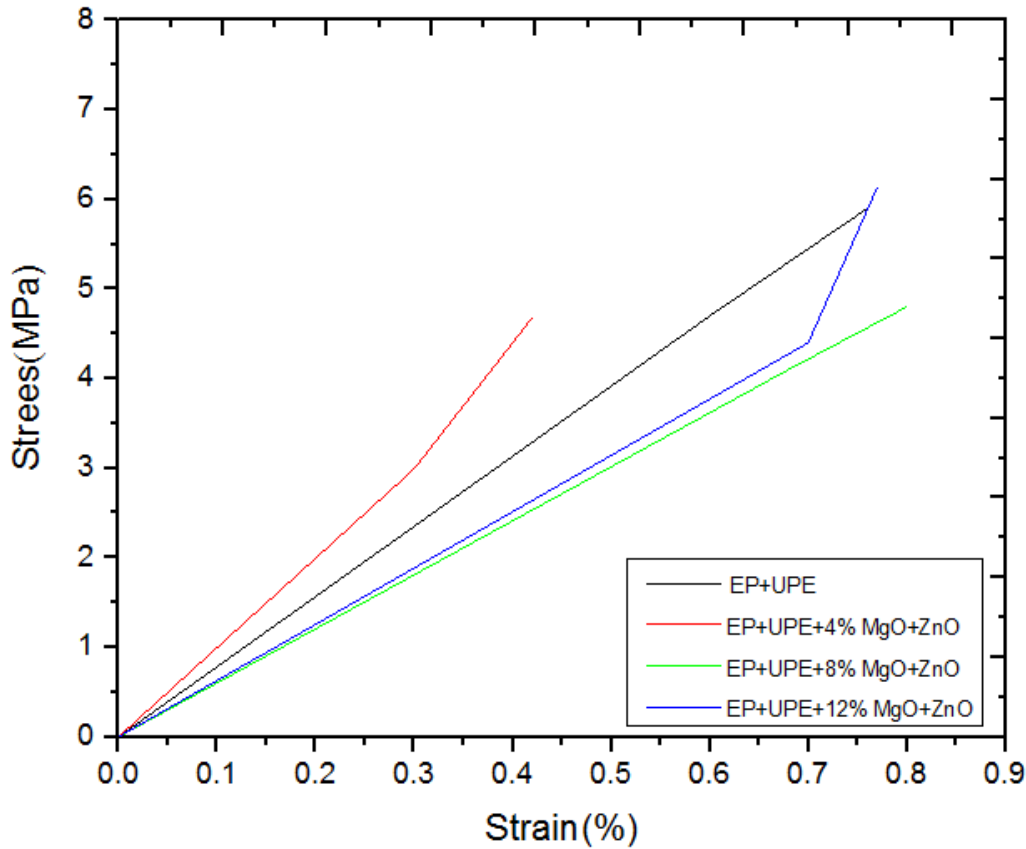
## 3-4 متانة الشد (Tensile Strength)

يمكن اعتبار اختبار الشد من اهم الاختبارات المهمة التي تمثل مقياس لقابلية المواد على مقاومة القوة التي تحاول ان تسحب المادة لكسرها. من خلال اختبار الشد للخليط البوليمري قبل وبعد اضافة الدقائق الحشوية اليه. تم رسم المنحنيات الخاصة (الاجهاد-الانفعال) لجميع العينات المحضرة في الدراسة [108].

من الشكلين (4-5)،(4-6) يتبين سلوك منحنى (الاجهاد-الانفعال) لعينات الخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم كماد متراكبة منفردة ولعينات الخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم واوكسيدالخاصين كمادة متراكبة هجينة، وان سلوك هذه المنحنيات له علاقة بطبيعة المادة الاساس ومادة التدعيم (التقوية) بالاضافة الى قوة التلاصق بين مواد الاساس ومواد التقوية.



الشكل (4-5) منحنيات (الاجهاد-الانفعال) للخليط البوليمري والمترابك المنفرد .

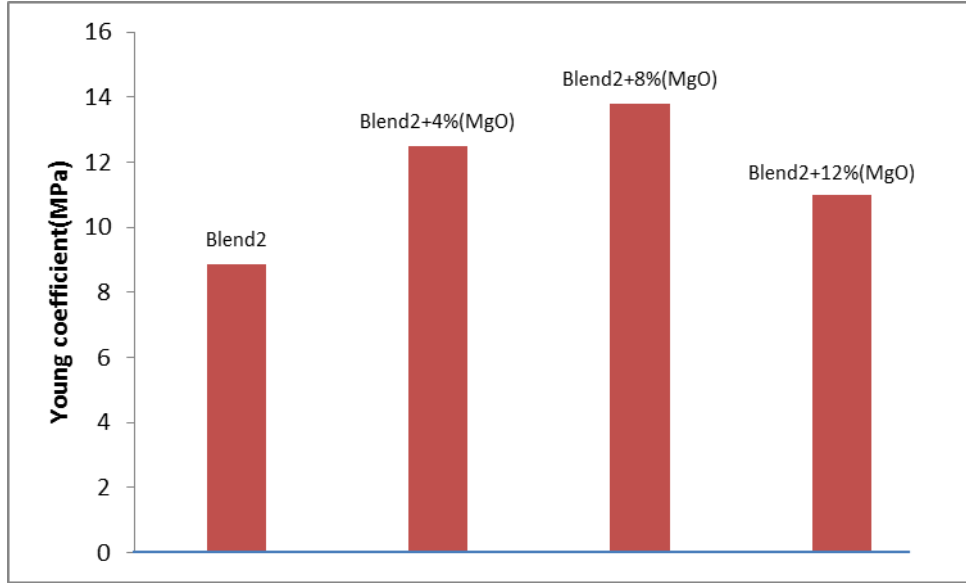


الشكل (4-6) منحنيات (الاجهاد- الانفعال) للخليط البوليمري ومترابطاته.

من خلال هذه المنحنيات تم استخراج معامل يونك لجميع العينات للمادة المترابطة المنفردة والهجينة ولجميع النسب الوزنية المستخدمة في البحث ، وقد تبين من النتائج المستحصلة من الشكل (4-7) و (4-8) أن أعلى قيمة لمعامل يونك كانت عند النسبة (8%) للمترابك المنفرد والنسبة (4%) للمترابك الهجين.

الجدول رقم(4) قيم معامل يونك لجميع نماذج المترابك المنفرد.

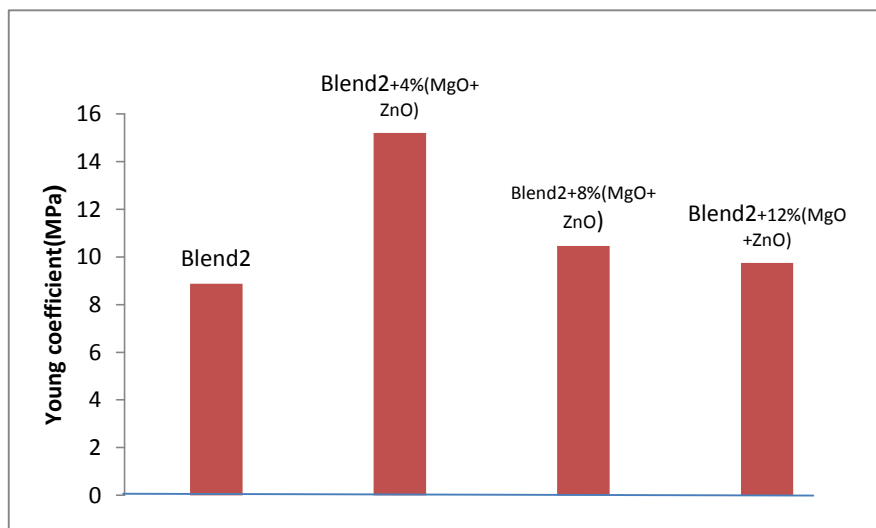
Samples	Young coefficient (MPa)
Blend2	8.87
Blend2 + 4%(Mgo)	12.5
Blend2+8%(Mgo)	13.79
Blend2+12%(Mgo)	11



الشكل (4-7) قيم معامل يونك للخليط البوليمري والمترابك المنفرد.

الجدول رقم (5) قيم معامل يونك لجميع نماذج المترابك الهجين.

Samples	Young coefficient (MPa)
Blend2	8.87
Blend2+ 4%(MgO+ ZnO)	15.2
Blend2+8%(MgO+ZnO)	10.46
Blend2+12%(MgO+ZnO)	9.75

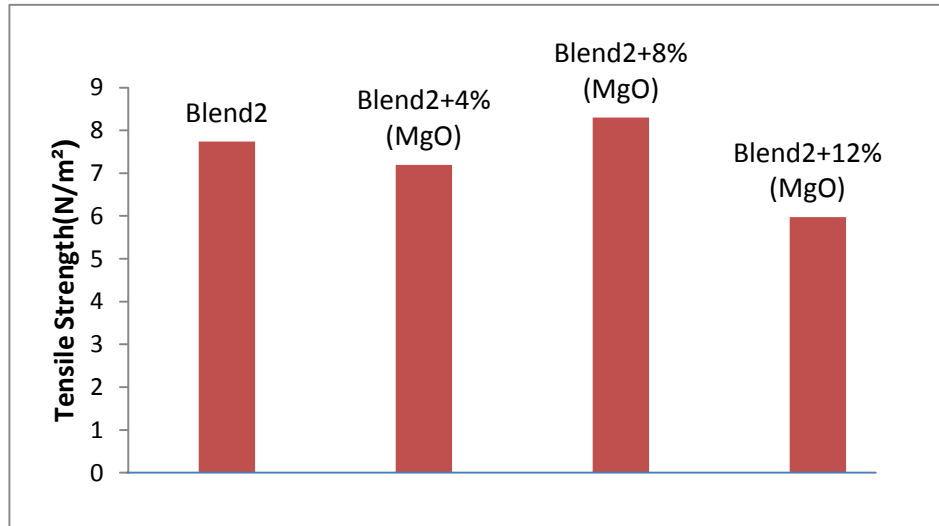


الشكل (4-8) قيم معامل يونك للخليط البوليمري والمترابك الهجين.

وكذلك بالنسبة لمتانة الشد ومن خلال ملاحظة الشكل (9-4) الذي يوضح العلاقة بين النسبة الوزنية المضافة ومتانة الشد للمادة المترابطة المنفردة والشكل (10-4) الذي يوضح العلاقة بين النسبة الوزنية المضافة ومتانة الشد للمادة المترابطة الهجينة، فقد تمت ملاحظة امتلاك النسبة الوزنية (8%) بالنسبة للمادة المترابطة المنفردة ان اعلى قيمة لمتانة الشد.

الجدول رقم (6) قيم متانة الشد لجميع نماذج المترابك المنفرد.

Samples	Tensile Strength (MPa)
Blend2	7.74
Blend2+4%(MgO)	7.19
Blend2+8%(MgO)	*8.30
Blend2+12%(MgO)	5.97

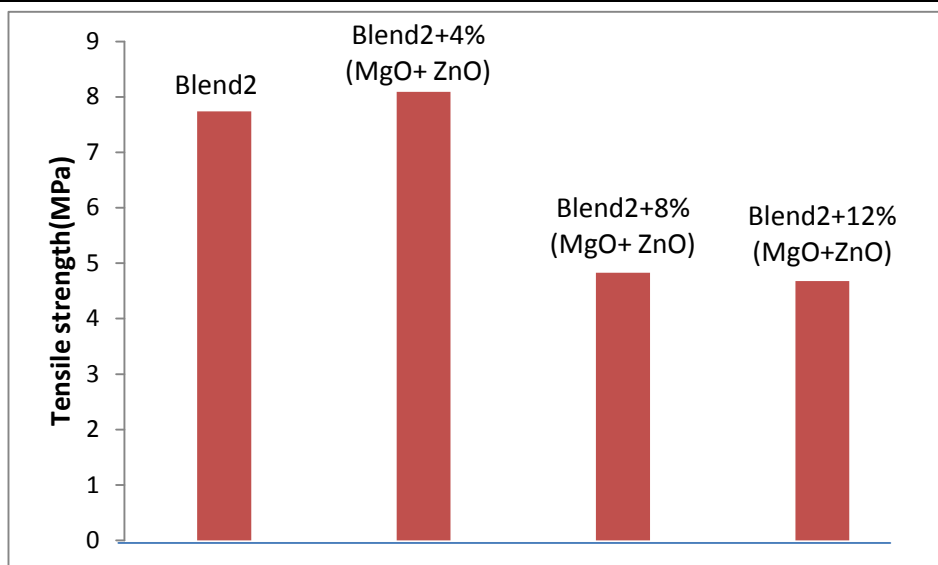


الشكل (9-4) قيم متانة الشد لجميع نماذج المترابك المنفرد.

بينما للمادة المترابطة الهجينة حيث امتلكت النسبة (4%) اعلى قيمة لمتانة الشد والبالغة (8.09MPa)، ويمكن تفسير امتلاك النسبة (8%) للمترابك المنفرد اعلى قيم لمعامل يونك و متانة الشد الى ان اضافة الدقائق السيراميكية الى المادة تعمل كحواجز امام الشق النامي خلال المادة المترابطة وبالتالي اعاقته ممايزيد من متانة المادة كما تعمل الدقائق الحشوية على ملئ الفراغات بين السلاسل البوليمرية للبوليمر فيعيق ويحدد من حركة السلاسل وبذلك تقل الاستطالة ممايزيد من معامل المرونة (معامل يونك) و متانة الشد عند هذه النسب اما بالنسبة للمترابك الهجين فقد امتلكت النسبة (4%) اعلى قيمة لمتانة الشد ويعود السبب في ذلك الى ان اضافة اوكسيد الخارصين يوتر على قيمة متانة الشد فوجوده يزيد من المطيلية وكلما زادت مطيلية المادة زادت متانة الشد . اما النسب الاخرى التي تقل فيها قيمة معامل يونك و متانة الشد يمكن ان يفسر ذلك نتيجة التكتل للدقائق داخل المادة الاساس وهذا يعني انها اصبحت تعمل كعيوب تزيد من احتمالية انتشار الشقوق بسرعة اكبر وقد اتفق ذلك مع ما جاء به من ابحاث [110],[109].

الجدول رقم(7) قيم متانة الشد لجميع نماذج المترابك الهجين.

Samples	Tensile Strength (MPa)
Blend2	7.74
Blend2+4%(MgO+ZnO)	*8.09
Blend2+8%(MgO+ZnO)	4.83
Blend2+12%(MgO+ZnO)	4.68



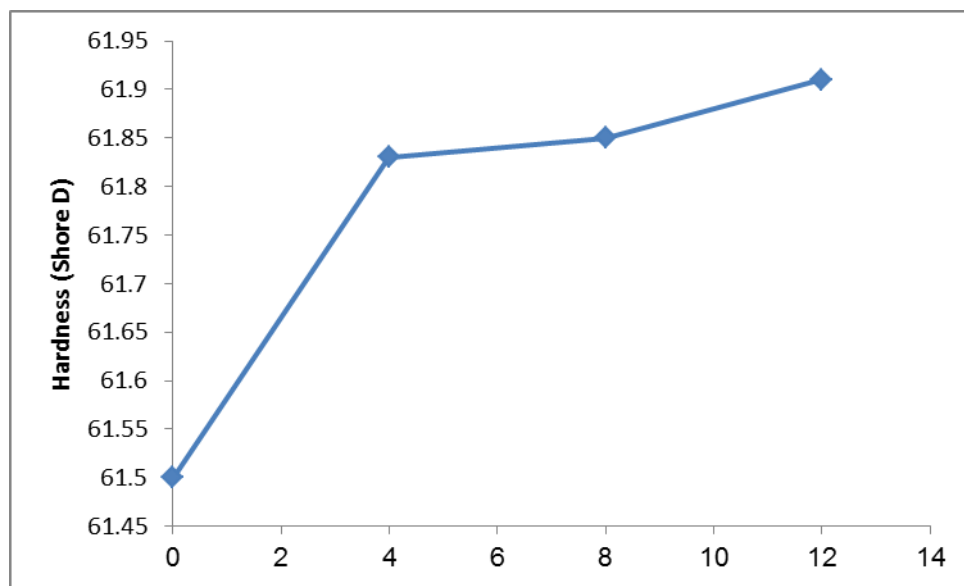
الشكل (10-4) قيم متانة الشد لجميع نماذج المترابك الهجين.

## 4-4 اختبار الصلادة (Hardness Test)

ومن الشكل (4-11) الذي يوضح العلاقة بين قيم الصلادة والنسب الوزنية المضافة لأكسيد المغنيسيوم في المادة المترابطة المنفردة حيث يلاحظ من الشكل هناك زيادة في قيمة الصلادة بزيادة النسب الوزنية المضافة، ويعزى السبب في ذلك الى الزيادة الحاصلة في التراص الذي يعمل على تقليل حركة جزيئات المادة البوليمرية (المسافات بين السلاسل البوليمرية قصيرة) مما يؤدي الى الزيادة في مقاومة المادة الى الخدش والقطع فتزداد بذلك مقاومتها للتشوهات اللدنة حيث تعتمد صلادة المواد على نوع الترابط بين الذرات او الجزيئات والمسافة بين السلاسل البوليمرية فكلما كانت قوة الترابط عالية سوف تزداد قيمة الصلادة [103].

الجدول رقم (8) قيم الصلادة للمترابك المنفرد.

Samples	Hardness Shore D
Blend2	61.5
Blend2+4%(MgO)	61.83
Blend2+8%(MgO)	61.85
Blend2+12%(MgO)	61.91



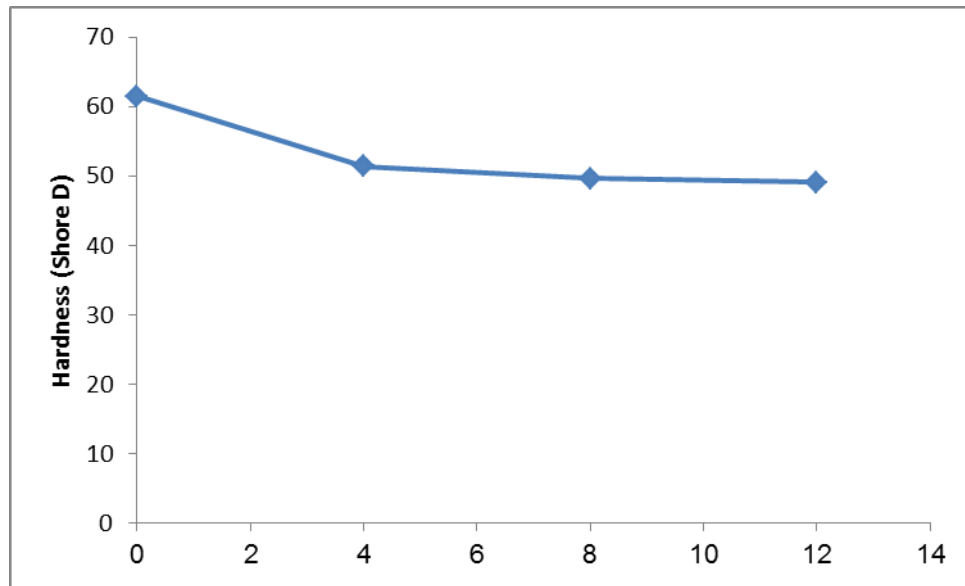
الشكل (4-11) قيم الصلادة لجميع نماذج المترابك المنفرد.



اما الشكل (4-12) فيوضح العلاقة بين قيم الصلادة والنسب الوزنية المضافة للمادة المترابطة الهجينة (Ep+UPE+MgO+ZnO) حيث يحدث نقصان في قيمة الصلادة وذلك باضافة الاكاسيد السيراميكية او اكسيد المغنيسيوم واوكسيد الخارصين ويزداد النقصان بزيادة اضافة الاكاسيد المذكورة ويمكن أن يعزى السبب في ذلك الى وجود اوكسيد الخارصين الذي يعمل على اكساب المادة ليونة مما يقلل من صلابتها.

الجدول رقم (9) قيم الصلادة لجميع نماذج المتراكب الهجين.

Samples	Hardness Shore D
Blend2	61.5
Blend2+4 % (MgO+ZnO)	51.40
Blend2+8 % (MgO+ZnO)	49.62
Blend2+12 % (MgO+ZnO)	49.12



الشكل (4-12) قيم الصلادة لجميع نماذج المتراكب الهجين.

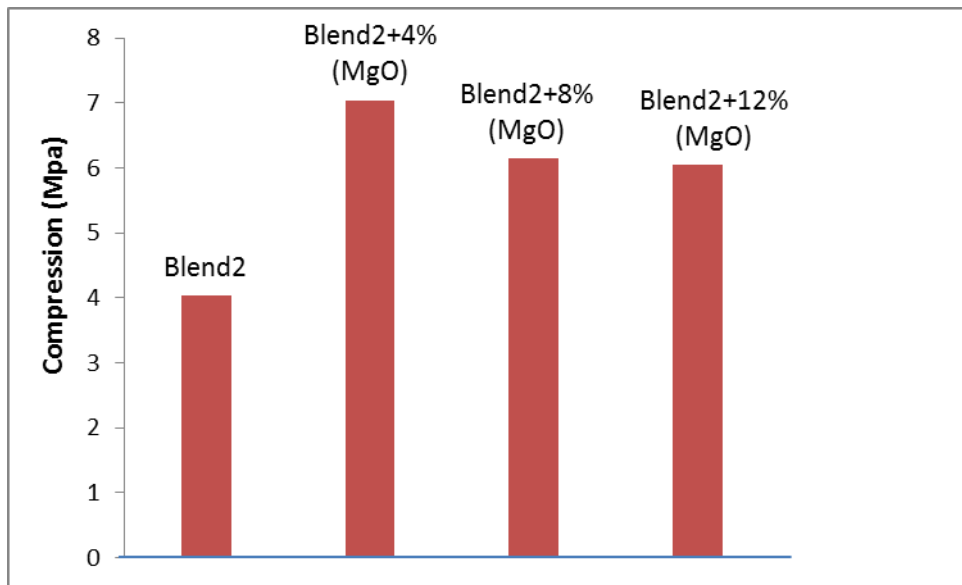
## 4-5 نتائج اختبار الانضغاطية (Compression Test Results)

من مميزات المواد الهشة كالزجاج والراتنجات المتصلدة حراريا مثل الايبوكسي والبولي استر غير المشبع تمتلك مقاومة انضغاط عالية مقارنة بمقاومتها لاجهاد الشد [68]. حيث تعمل العيوب الموجودة في المادة (الشقوق) بمثابة مناطق لتركيز الاجهاد. اما في حالة مقاومة الانضغاط فتعمل هذه المقاومة على كبت الشقوق لذا نلاحظ امتلاك هذه المواد مقاومة انضغاط عالية.

والشكل (4-13) يوضح قيم مقاومة الانضغاط للمادة المترابطة المنفردة ولنسب وزنية مختلفة لأكسيد المغنيسيوم أملاك ذات النسبة الوزنية (4%) أعلى قيمة لمقاومة الانضغاط والتي بلغت (7.04 MPa).

الجدول (10) قيم متانة الانضغاطية لجميع نماذج المترابك المنفرد.

Sample	Compression Strength(MPa)
Blend2	4.03
Blend2+4%(MgO)	7.04
Blend2+8%(MgO)	6.14
Blend2+12%(MgO)	6.04

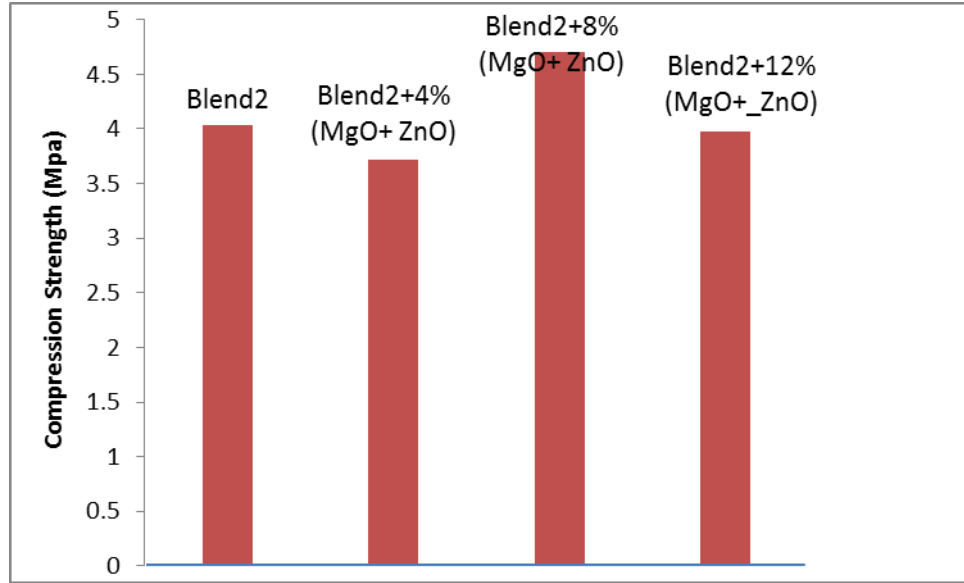


الشكل (4-13) قيم متانة الانضغاط لجميع نماذج المترابك المنفرد.

وبالنسبة للمادة المترابكة الهجينة (Ep+UPE+MgO+ZnO) ومن الشكل (4-14) الذي يمثل العلاقة بين قيم مقاومة الانضغاط مع النسب الوزنية المضافة لكل من أوكسيد المغنيسيوم واوكسيد الخارصين حيث امتلكت النسبة (8%) اعلى قيمة لمقاومة الانضغاط والتي بلغت (4.70MPa).

الجدول رقم(11) قيم متانة الانضغاطية لجميع نماذج المترابك الهجين.

Samples	Compression Strength ( MPa)
Blend2	4.03
Blend2+4 % (MgO+ZnO)	3.72
Blend2+8 % (MgO+ZnO)	4.70
Blend2+12% (MgO+ZnO)	3.98

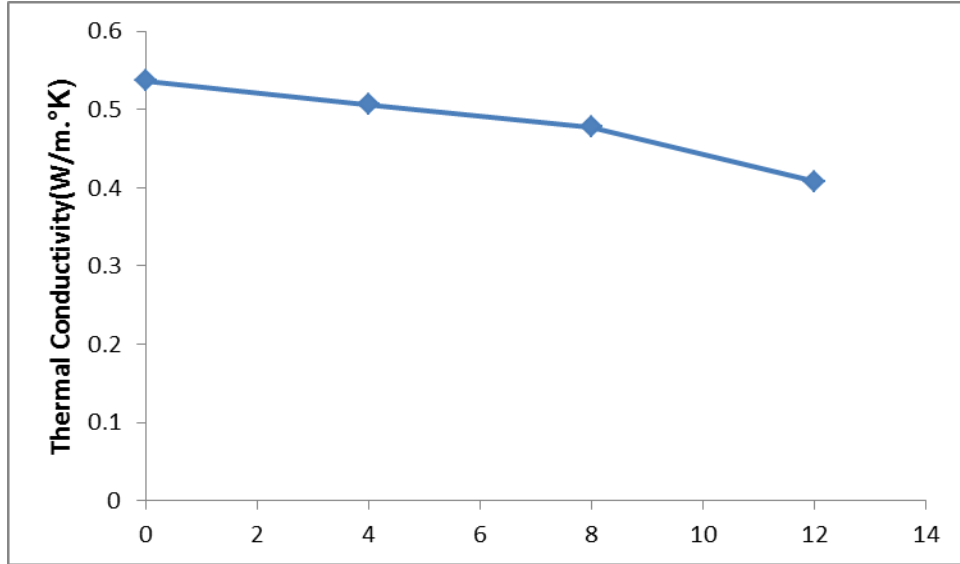


الشكل (4-14) قيم متانة الانضغاط لجميع نماذج المترابك الهجين.

ويمكن تفسير ذلك اي زيادة تحدث في قيم مقاومة الانضغاط عند القيم الصغيرة للنسب المضافة لكل من المادة المترابكة المنفردة والهجينة انه في بداية الامر يمتلك الايبوكسي والبولي استر انضغاطية عالية كونهما مواد هشة حيث عند اضافة الدقائق وبالنسب الصغيرة يبقى كل من الايبوكسي والبولي استر محافظاً على هشاشته وعلى انضغاطيته [111].

## 4-6 نتائج اختبار التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity Test Results

من الشكل (4-15) الذي يوضح العلاقة بين التوصيلية الحرارية والنسب الوزنية المضافة لاوكسيد المغنيسيوم للمادة المترابكة المنفردة (Ep+UPE+MgO).



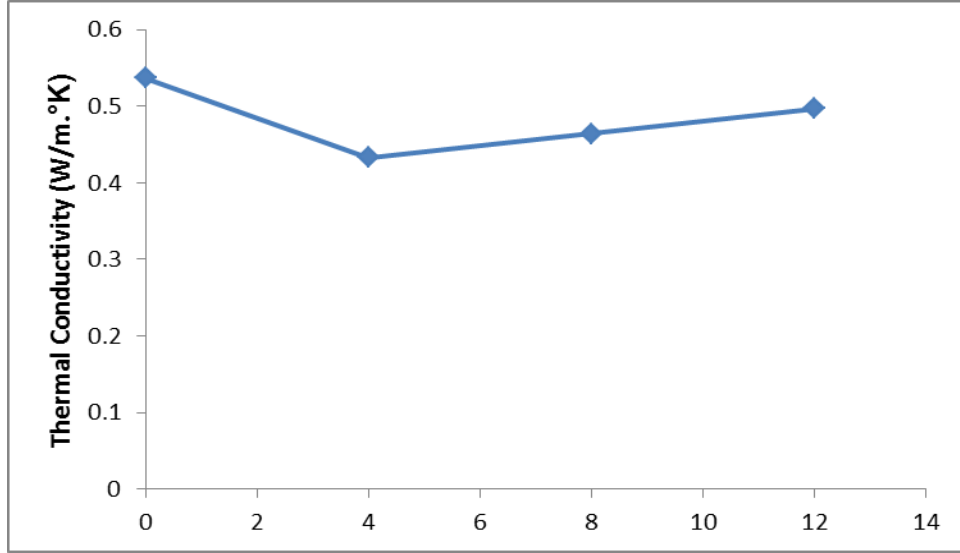
الشكل (4-15) قيم التوصيلية الحرارية للخليط البوليمري قبل وبعد التدعيم باوكسيد المغنيسيوم.

حيث يلاحظ من الشكل حدوث انخفاض في قيمة التوصيلية الحرارية بعد التدعيم باوكسيد المغنيسيوم اي زيادة في قيمة العزل الحراري وبسبب الاعاقة الحاصلة للاهتزازات الهيكلية بسبب اوكسيد المغنيسيوم بالاضافة الى ان اوكسيد المغنيسيوم يعد من المواد رديئة التوصيل الحراري لكونه من الاكاسيد السيراميكية وتزداد نسبة الاعاقة للاهتزازات وقيمة العزل الحراري بزيادة نسب اوكسيد المغنيسيوم المضافة [112],[113].

الجدول رقم (12) قيم التوصيلية الحرارية لجميع نماذج المترابك المنفرد.

Samples	Thermal conductivity (W/m. °K)
Blend2	0.5365
Blend2+4%MgO	0.5063
Blend2+8%MgO	0.4774
Blend2+12%MgO	0.4082

وبالنسبة للمادة المترابطة الهجينة (Ep+UPE+MgO+ZnO) ومن الشكل (16-4) الذي يوضح العلاقة بين الموصلية الحرارية والنسب الوزنية المضافة لأكسيد المغنيسيوم وأكسيد الزنك. حيث يلاحظ من خلال الشكل أيضا انخفاض في قيمة التوصيل الحراري بعد التدعيم بالأكاسيد المضافة ولكن عند زيادة نسبة الأكاسيد المضافة تزداد قيمة التوصيل الحرارية .



الشكل (16-4) قيم الموصلية الحرارية للخليط البوليمري قبل وبعد التدعيم ب (MgO+ZnO).

الجدول رقم (13) قيم الموصلية الحرارية لجميع نماذج المترابك الهجين.

Samples	Thermal conductivity (W/m. °K)
Blend2	0.5365
Blend2 +4%(MgO+ZnO)	0.4333
Blend2+8 %(MgO+ZnO)	0.4637
Blend2+12 %(MgO+ZnO)	0.4971

ويمكن ان يعزى السبب في ذلك انه بعد التدعيم بالدقائق انخفضت قيمة التوصيل الحراري بسبب وجود أكسيد المغنيسيوم الذي يمثل عازلا حراريا ولكن بزيادة نسبة الاضافة للاوكسيدين تزداد قيمة الموصلية الحرارية وذلك يمكن ان يفسر بتحسين الترابط ما بين المادة الاساس (Matrix) ومادة التدعيم (المساحيق السيراميكية) والتي من المتوقع أن تحد من الحدود الحرارية (Thermal Boundary) بين جزيئات المادة المدعمة والمادة الاساس ومما يؤدي بالنتيجة الى حدوث زيادة فعالية التوصيل الحراري للمادة بالاضافة الى ان (ZnO) مطيلية عالية مشابهة لما موجود في المعادن

[114].

## 4-7 نتائج اختبار امتصاصية المواد للماء والمحاليل الكيميائية

ان عملية الامتصاص لجميع انواع البوليمرات والمواد المترابطة تحدث من خلال تعرضها للرطوبة او من خلال غمرها في الماء ويتم هذا الامتصاص وفقا لقانون (فك) في الانتشار الذي نصه ان كتلة الماء او المحاليل الممتصة تزداد بصورة خطية مع الجذر التربيعي للزمن [115]. ويمكن الغرض من دراسة امتصاصية المواد للماء والمحاليل الكيميائية هو لغرض التعرف على التأثير الذي تحدثه هذه المحاليل على البوليمرات والمواد المترابطة وكيفية انتشار هذه المحاليل. فيها وقد وجد أن سلوك التحلل في البوليمرات والمواد المترابطة يأخذ اشكالا مختلفة من أهمها:-

1- التنافذ الذي تحدثه المحاليل بمختلف انواعها في البوليمر حيث يؤدي ذلك الى ظاهرة الانتفاخ (Swelling).

2- الانحلال (Dissolution) للبوليمر في الاوساط المختلفة خلال التماسه بها.

ان تنافذ المحاليل داخل المواد المترابطة ذات الاساس البوليمري يسلك طرائق متعددة حتى لو كانت المادة الاساس للمترابكات من النوع الذي يقاوم الرطوبة حيث يتم انتقال المحلول عن طريق منطقة السطح البيني (inter face) الموجودة ما بين المادة الاساس ومادة التدعيم وكذلك الشقوق المتصلة في المادة والمناطق ذات الترابط الضعيف ما بين المادة الاساس ومادة التدعيم [117],[116]. من خلال العلاقة (14-2) تم حساب النسبة المئوية للامتصاصية لجميع النماذج المغمورة في الماء (H<sub>2</sub>O) والمحلل القاعدي (NaOH) والمحلل الحامضي (HNO<sub>3</sub>) كما موضحة بالجدول من رقم (1-6) الملحق التي تمثل النسبة المئوية للامتصاصية لعينات المترابك المنفرد والهجين في كل من الماء والمحلل القاعدي والمحلل الحامضي. وبالاعتماد على هذه الجداول تم رسم المنحنيات التي تمثل العلاقة بين النسبة المئوية للربح بالكتلة (Weight Gain%) مع الجذر التربيعي للزمن  $(h^{1/2})$ , وكما موضحة بالاشكال من (17-4) الى (22-4) ومن ثم تم حساب معامل الانتشار (Diffusion coefficient) (D) (m<sup>2</sup>/sec) لجميع النماذج في كل نسبة بتطبيق قانون (فك الثاني في الانتشار) (Fick's Law of Diffusion) والموضحة بالمعادلة (13-2) وكما واضح بالجدول من رقم (19-14) قيم معامل الانتشار للماء والمحاليل الكيميائية ولجميع المترابكات ويمكن تمثيل معامل الانتشار بالشكل (23-4) الى (28-4). من النتائج المستحصلة بالجدول من رقم (19-14) لقيم معامل الانتشار تم التوصل الى ان اقل قيمة لمعامل الانتشار في الماء كانت للخليط البوليمري (Ep+UPE) حيث بلغت (1.90x10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>/sec) اما اعلى قيمة لمعامل الانتشار للمترابك المنفرد (Ep+UpE+MgO) فقد كانت للنسبة (4%) بلغت (20.53x10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>/sec).

ويمكن تفسير ذلك الى التركيب الكيميائي لراتنج البولي استر الذي يمتلك شبكة تشابك ثلاثية الابعاد وهذا النوع من الشبكة يمكن تمييزه بمقاومته للمحاليل الكيميائية [118].

اما بالنسبة للمترابك الهجين (Ep +UpE +MgO +ZnO) فقد امتلكت النسبة (8%) اعلى قيمة لمعامل الانتشار في الماء (H<sub>2</sub>O) حيث بلغت (11.74X10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>/sec). وفي حالة الغمر بالمحلول الحامضي (HNO<sub>3</sub>) فقد امتلكت النسبة (4%) للمترابك المنفرد اعلى قيمة لمعامل الانتشار في المحلول الحامضي حيث بلغت (19.23X10<sup>-12</sup>m<sup>2</sup>/sec)، اما بالنسبة للمترابك الهجين فقد امتلكت النسبة (12%) اعلى قيمه لمعامل الانتشار حيث بلغت (15.250x10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>/sec). وفي الغمر بالمحلول القاعدي للمترابك المنفرد امتلكت النسبة (4%) اعلى قيمة لمعامل الانتشار حيث بلغت (16.92X10<sup>-12</sup>m<sup>2</sup>/sec)، اما للمترابك الهجين فقد امتلكت النسبة (8%) اعلى قيمة لمعامل الانتشار (33.16X10<sup>-12</sup>m<sup>2</sup>/sec).

الجدول رقم(14) قيم معامل الانتشار في الماء(H<sub>2</sub>O) للمترابك المنفرد.

Samples	Diffusion coefficient (m <sup>2</sup> /sec)
Blend2	1.90x10 <sup>-12</sup>
Blend2+4%(MgO)	20.538x10 <sup>-12</sup>
Blend2+8%(MgO)	5.8614x10 <sup>-12</sup>
Blend2+12%(MgO)	6.1314x10 <sup>-12</sup>

الجدول رقم (15) قيم معامل الانتشار في المحلول القاعدي (NaOH) للمترابك المنفرد.

Samples	Diffusion coefficient (m <sup>2</sup> /sec)
Blend2	4.5216x10 <sup>-12</sup>
Blend2+4%(MgO)	16.927x10 <sup>-12</sup>
Blend2+8%(MgO)	9.3735x10 <sup>-12</sup>
Blend2+12%(MgO)	1.821x10 <sup>-12</sup>

الجدول رقم (16) قيم معامل الانتشار في المحلول الحامضي ( $\text{NH}_3$ ) للمترابك المنفرد.

Samples	Diffusion coefficient ( $\text{m}^2/\text{sec}$ )
Blend2	$12.870 \times 10^{-12}$
Blend2+4%(MgO)	$19.23 \times 10^{-12}$
Blend2+8%(MgO)	$2.78 \times 10^{-12}$
Blend2+12%(MgO)	$2.498 \times 10^{-12}$

الجدول رقم (17) قيم معامل الانتشار في الماء ( $\text{H}_2\text{O}$ ) للمترابك الهجين.

Samples	Diffusion coefficient ( $\text{m}^2/\text{sec}$ )
Blend2	$1.90 \times 10^{-12}$
Blend2+4%(MgO+ZnO)	$8.92 \times 10^{-12}$
Blend2+8%(MgO+ZnO)	$11.74 \times 10^{-12}$
Blend2+12%(MgO+ZnO)	$5.790 \times 10^{-12}$

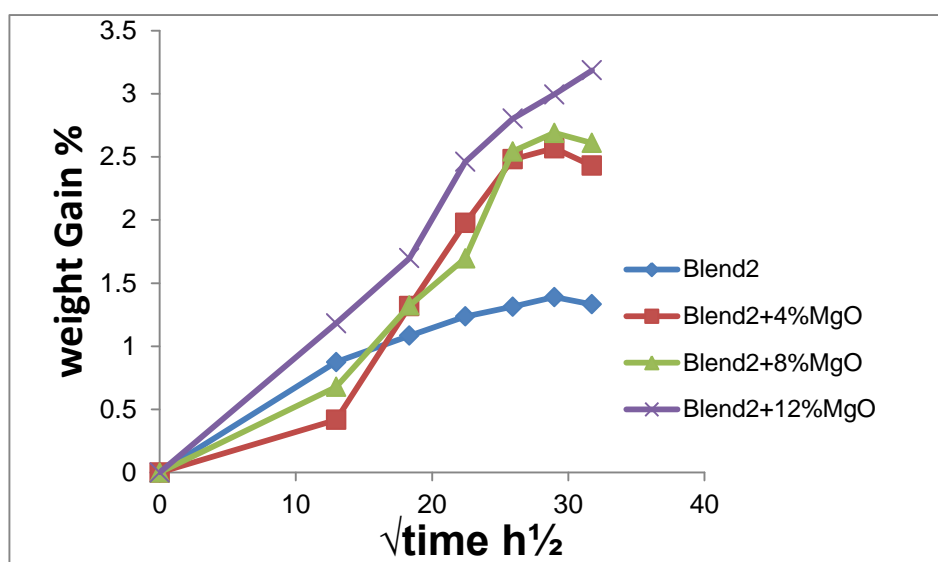
الجدول رقم (18) قيم معامل الانتشار في المحلول القاعدي ( $\text{NaOH}$ ) للمترابك الهجين.

Samples	Diffusion coefficient ( $\text{m}^2/\text{sec}$ )
Blend2	$4.5216 \times 10^{-12}$
Blend2+4%(MgO+ZnO)	$19.571 \times 10^{-12}$
Blend2+8%(MgO+ZnO)	$33.164 \times 10^{-12}$
Blend2+12%(MgO+ZnO)	$12.968 \times 10^{-12}$

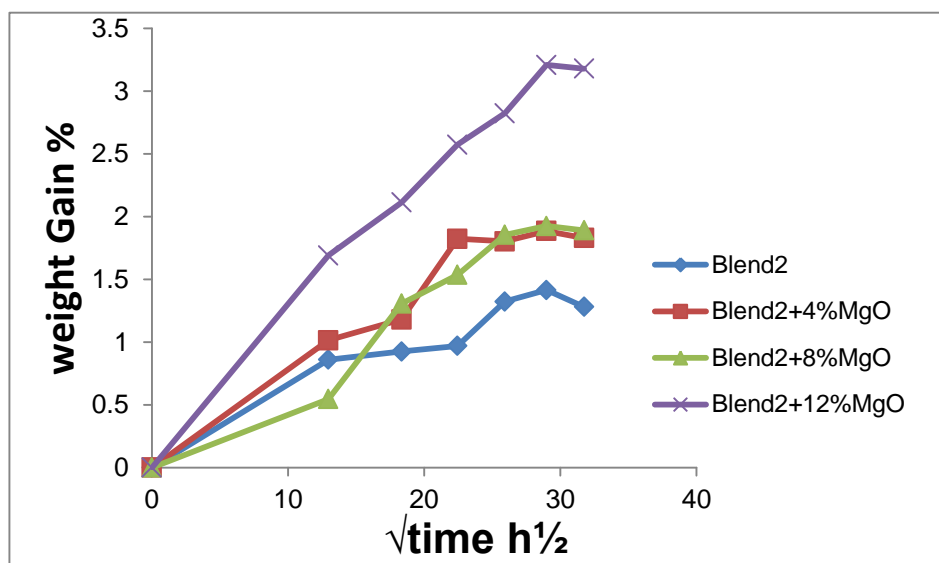


الجدول رقم (19) قيم معامل الانتشار في المحلول الحامضي ( $\text{HNO}_3$ ) للمركب الهجين.

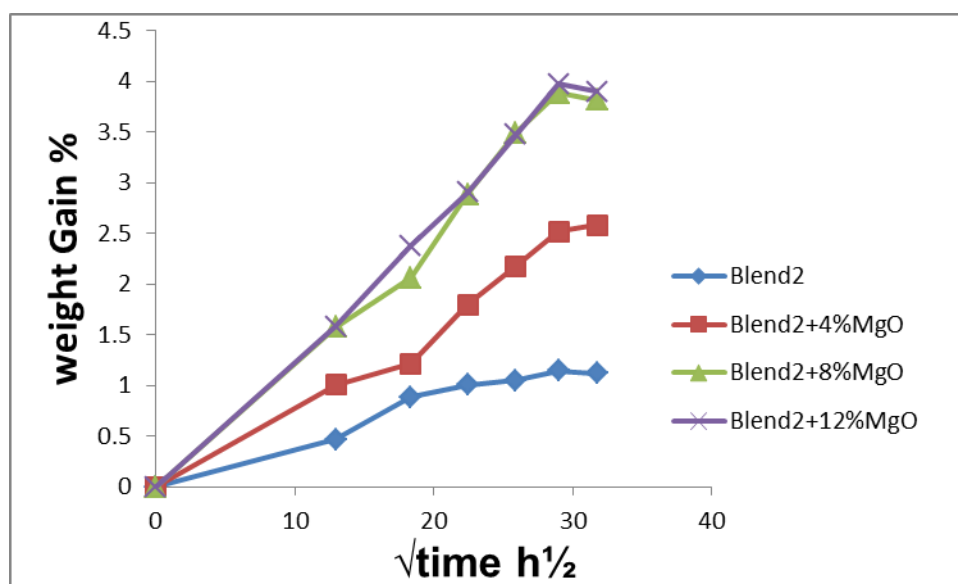
Samples	Diffusion coefficient ( $\text{m}^2/\text{sec}$ )
Blend2	$12.870 \times 10^{-12}$
Blend2+4%(MgO+ZnO)	$7.639 \times 10^{-12}$
Blend2+8%(MgO+ZnO)	$4.157 \times 10^{-12}$
Blend2+12%(MgO+ZnO)	$15.250 \times 10^{-12}$



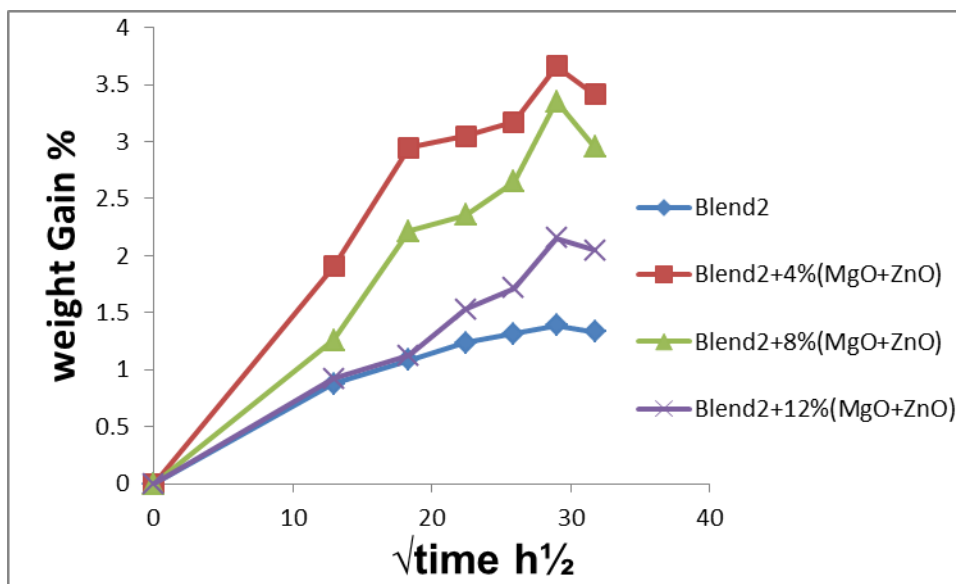
الشكل (4-17) النسبة المئوية للامتصاصية في الماء ( $\text{H}_2\text{O}$ ) للمركب المنفرد.



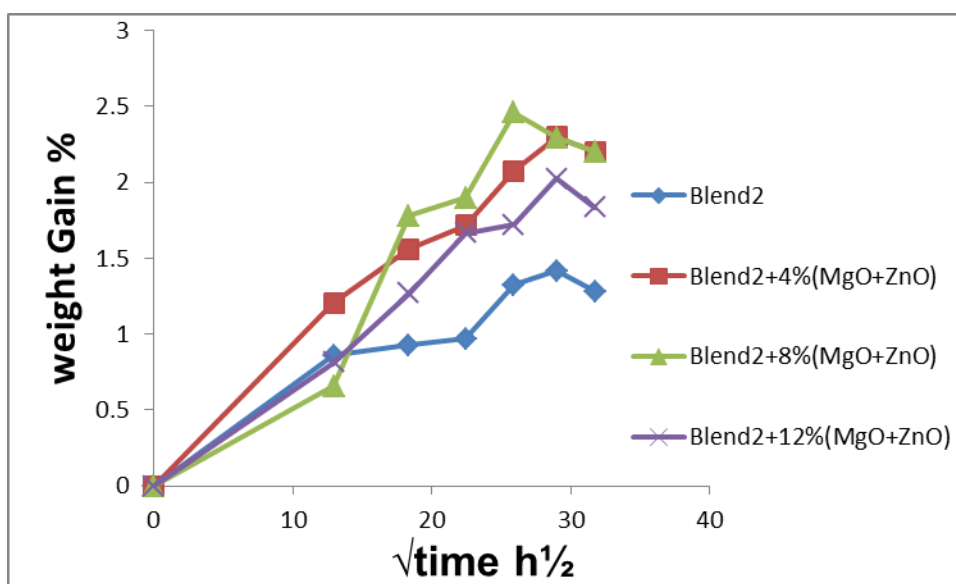
الشكل (4-18) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول القاعدي (NaOH) للمترابك المنفرد.



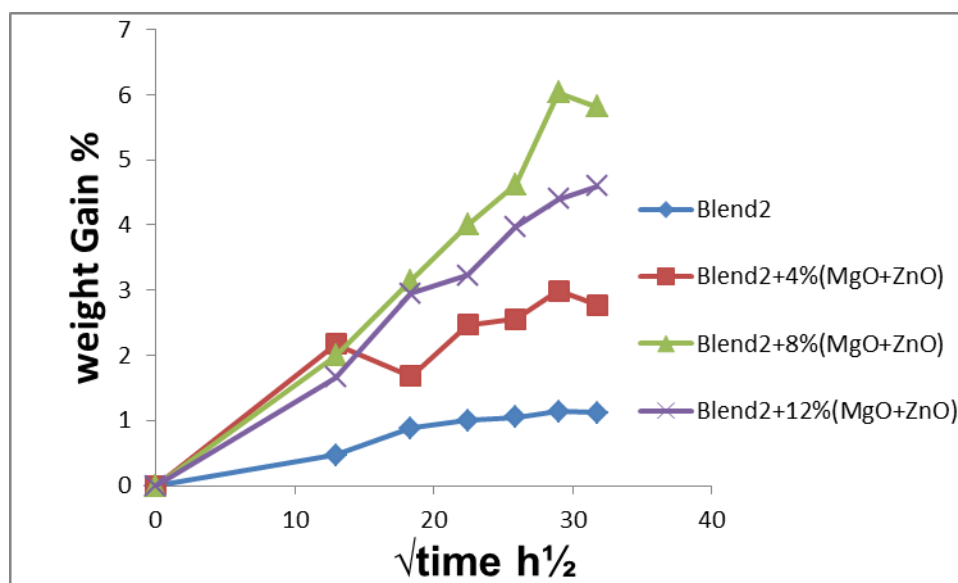
الشكل (4-19) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول الحامضي (HNO<sub>3</sub>) للمترابك المنفرد.



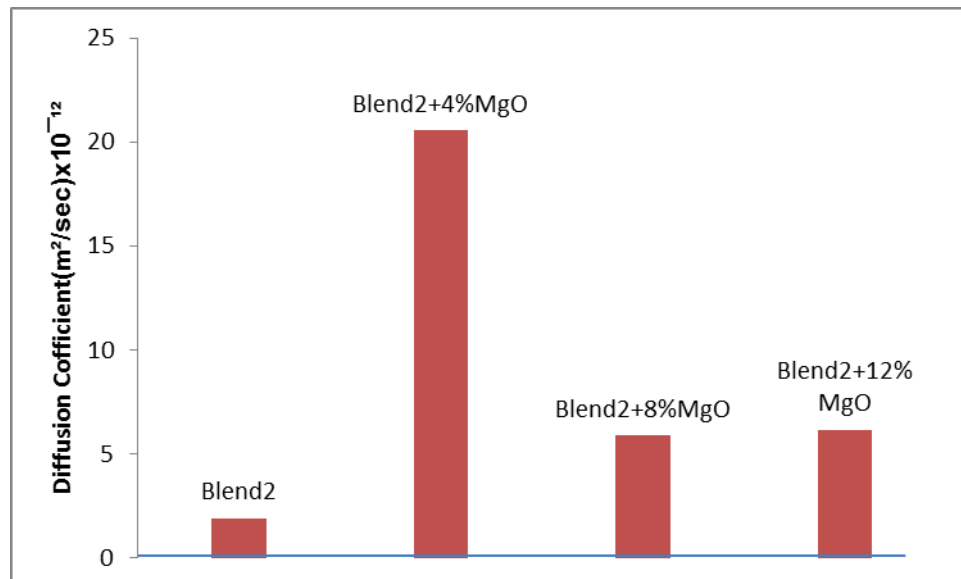
الشكل (4-20) النسبة المئوية للامتصاصية في الماء (H<sub>2</sub>O) للمزكبات الهجين.



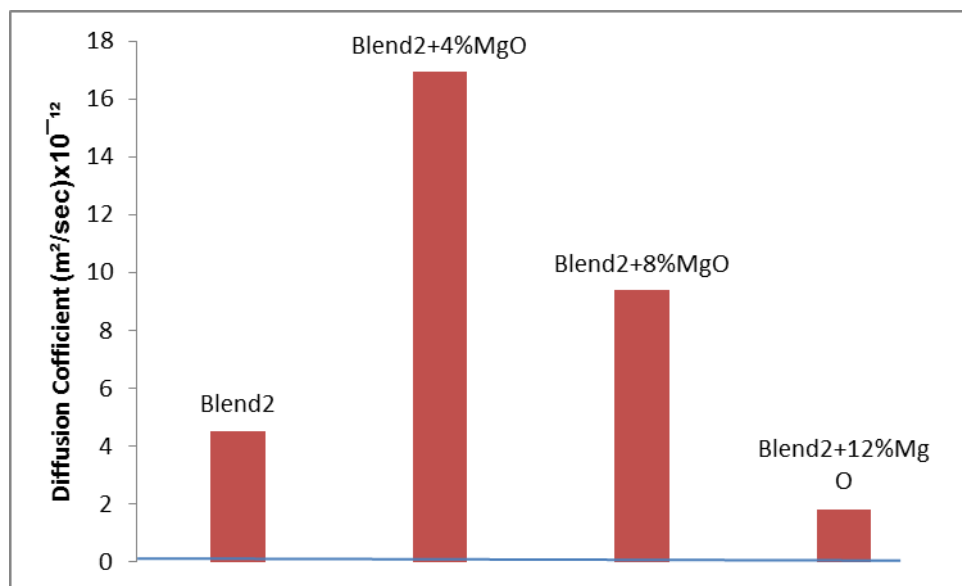
الشكل (4-21) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول القاعدي (NaOH) للمزكبات الهجين.



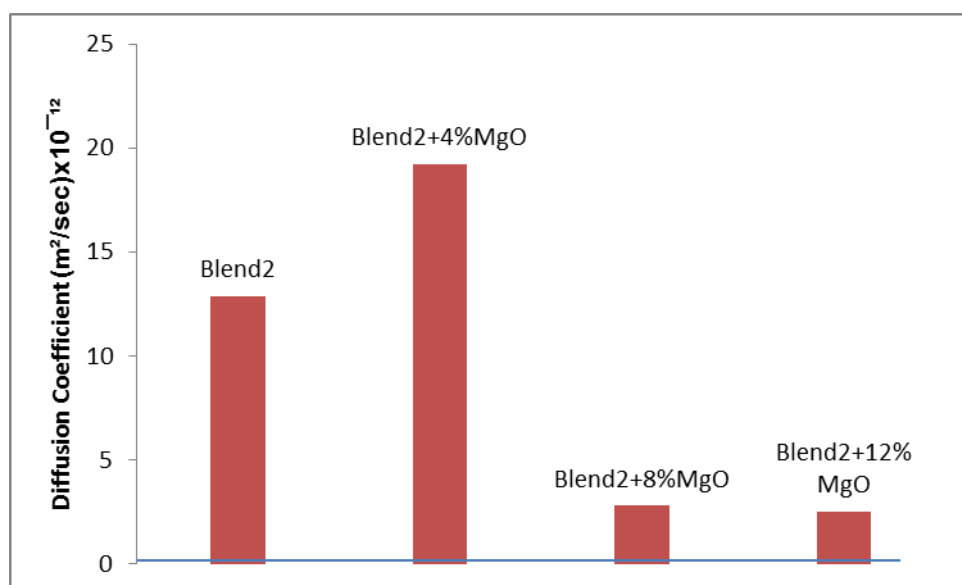
الشكل (4-22) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول الحامضي ( $HNO_3$ ) للمركب الهجين.



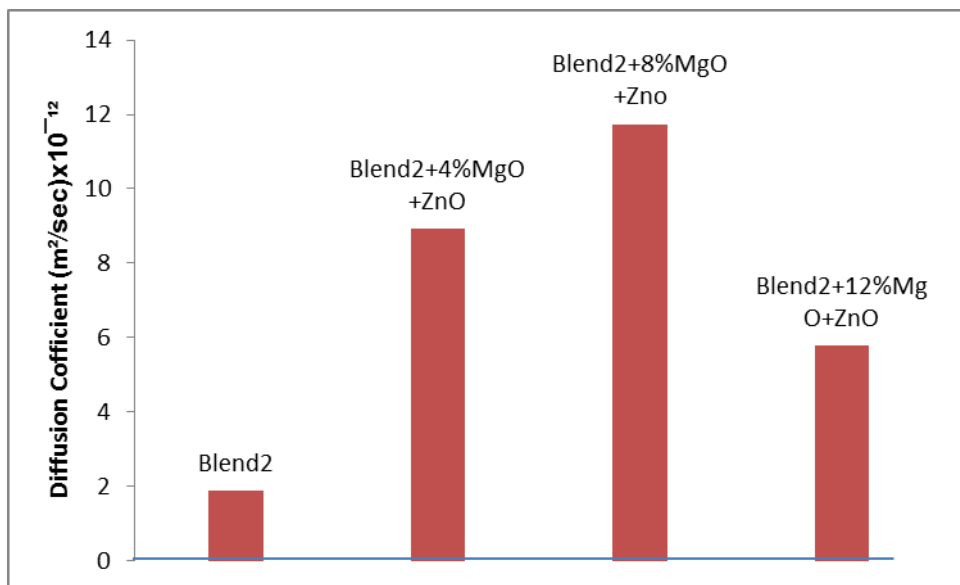
الشكل (4-23) قيم معامل الانتشار في الماء ( $H_2O$ ) للمركب المنفرد.



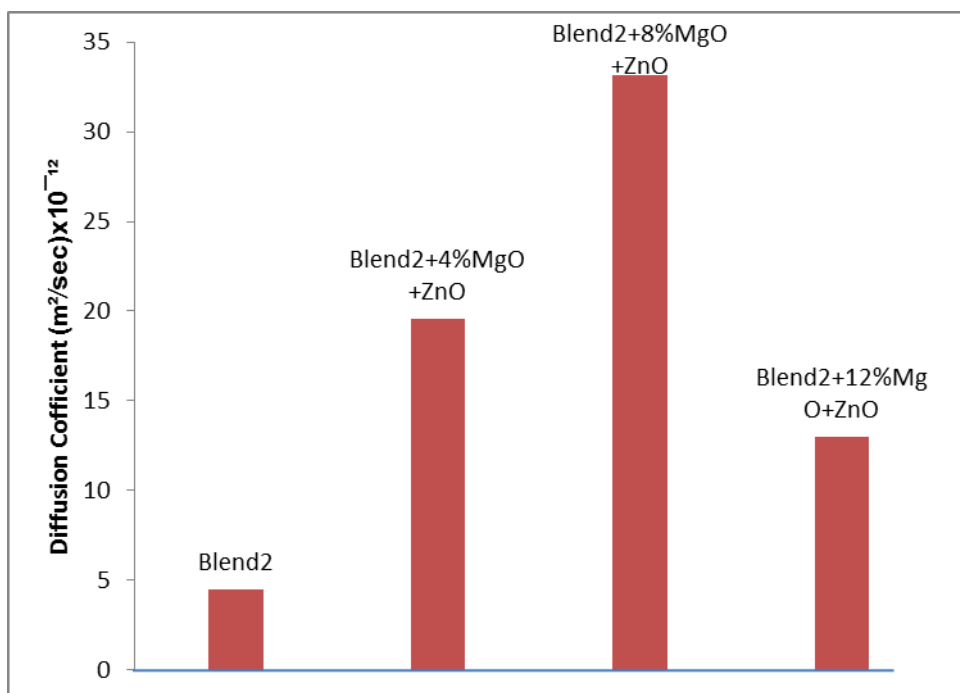
الشكل (4-24) قيم معامل الانتشار في المحلول القاعدي (NaOH) للمترابك المنفرد.



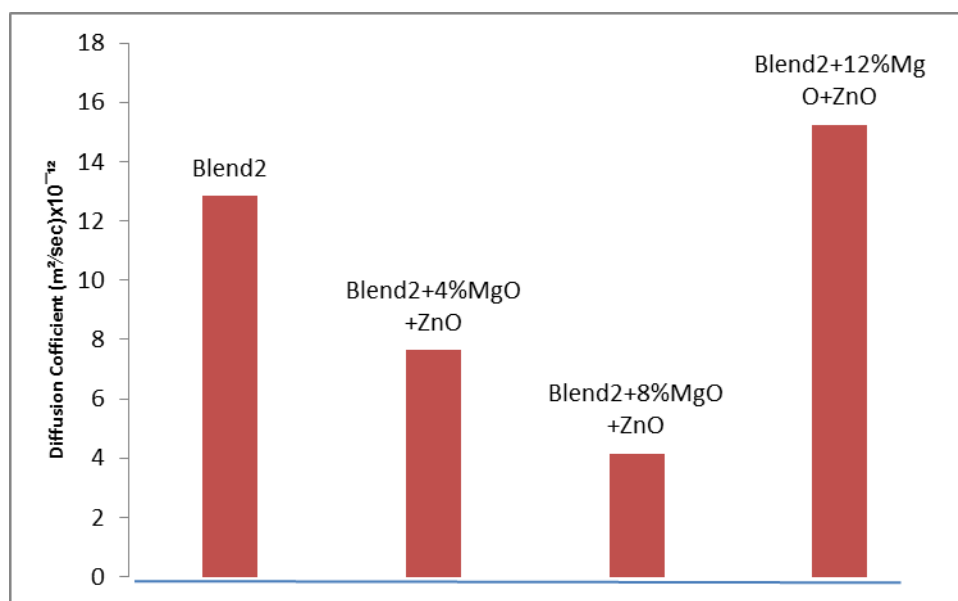
الشكل (4-25) قيم معامل الانتشار في المحلول الحامضي (HNO<sub>3</sub>) للمترابك المنفرد.



الشكل (4-26) قيم معامل الانتشار في الماء (H<sub>2</sub>O) للمترابك الهجين.



الشكل (4-27) قيم معامل الانتشار في المحلول القاعدي (NaOH) للمترابك الهجين.



الشكل (28-4) يقيم معامل الانتشار في المحلول الحامضي (HNO<sub>3</sub>) للمركب الهجين.



## الفصل الخامس

# الاستنتاجات والمقترحات



## 5-1 الاستنتاجات

1- من النتائج التي تم الحصول عليها عند مزج راتنج الايبوكسي مع راتنج البولي أستر غير المشبع وبنسب مختلفة تبين أن النسبة الفضلى كانت للخليط البوليمري (EP80%, UPE 20%) وتم التأكد من ذلك من خلال اختبار الصدمة حيث امتلكت هذه النسبة اعلى قيمة لمقاومة الصدمة وكذلك تم التأكد من تجانس الخليط البوليمري من خلال اخضاع العينة لاختبار DSC وايجاد درجة حرارة الانتقال الزجاجي ووجد ان للخليط درجة حرارة انتقال زجاجي واحدة لذلك اعتمدت هذه النسبة للتدعيم.

2- امتلك الخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم (Ep+UPE+MgO) اعلى مقاومة شد ومقاومة صدمة واعلى قيمة لمعامل يونك عند نسبة التدعيم (8% wt).

3- اما الخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم (MgO) واوكسيد الخارصين (ZnO) فقد امتلكت النسبة (4% wt) اعلى قيمة لمقاومة الشد ومقاومة الصدمة ولمعامل يونك.

4- اما بالنسبة لاختبار الانضغاطية فقد امتلك الخليط البوليمري المدعم باوكسيد المغنيسيوم (Ep+UPE+MgO) اعلى قيمة لمقاومة الانضغاط عند النسبة (4% wt). اما بالنسبة للخليط البوليمري المدعم باوكسيد المغنيسيوم واوكسيد الخارصين (Ep+UPE+MgO+ZnO) فكانت اعلى قيمة لمقاومة الانضغاط عند النسبة (8% wt).

5- في اختبار الصلادة بينت النتائج حدوث زيادة قيمة الصلادة للخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم (EP+UPE+MgO) بعد التدعيم وتزداد قيمة الصلادة بزيادة نسبة التدعيم. اما الخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم ومسحوق اوكسيد الخارصين (EP+UPE+MgO+ZnO) فقد بينت النتائج حدوث نقصان في قيمة الصلادة بعد التدعيم.

6- بالنسبة لاختبار التوصيلية الحرارية فقد تم الاستنتاج ان تدعيم الخليط البوليمري بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم (EP+UPE+MgO) يسبب نقصاناً في قيمة معامل التوصيل الحراري، وكلما زادت نسبة التدعيم قلت قيمة معامل التوصيل الحراري. اما بالنسبة للخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم واوكسيد الخارصين (EP+UPE+MgO+ZnO) فتقل قيمة التوصيل الحراري بعد التدعيم وتزداد قيمة التوصيل الحراري بزيادة التدعيم.

7- اما بالنسبة لاختبار معامل الانتشارية فقد امتلك الخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم (EP+UPE+MgO) اعلى معامل انتشار في الماء المقطر عند النسبة (4% wt) وكذلك بالنسبة للمحلول الحامضي والقاعدي اعلى نسبة لمعامل الانتشار كانت عند النسبة (4% wt). اما بالنسبة للخليط البوليمري المدعم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم واوكسيد الخارصين (EP+UPE+MgO+ZnO) فقد امتلكت النسبة (8% wt) اعلى قيمة لمعامل الانتشار في كل من الماء المقطر والمحلول الحامضي، واما بالنسبة للمحلول القاعدي فقد امتلكت النسبة (12% wt) اعلى قيمة لمعامل الانتشار.

### 5-2 المقترحات

- 1- استخدام مواد راتنجية اخرى كخليط بوليمري لمواد التدعيم المستعملة نفسها في الدراسة ودراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية نفسها ومقارنتها مع النتائج المستحصلة.
- 2- استخدام انواع اخرى من مواد التدعيم والنسب الوزنية المستخدمة نفسها.
- 3- دراسة خواص ميكانيكية اخرى مثل اختبار البلى الالتصاقى واختبار الانحناء واختبار الكلال.
- 4- دراسة خواص كهربائية للمواد المستخدمة في البحث مثل ثابت العزل الكهربائي.
- 5- دراسة الخواص الميكانيكية بعد غمرها بالماء والمحاليل الحامضية والقاعدية.
- 6- استخدام محاليل حامضية وقاعدية اخرى وبنسب عيارية مختلفة ودراسة تأثير ذلك على الخواص الميكانيكية.

# المصادر

- [1]-Michael Ashf. & David Jones R.H., "Engineering Material 2" Cambridge university/England, 1999.
- [2]- خالد راشد الراوي ورفقة عامر سلمان "دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمترابك Epoxy - MgO"، قسم الفيزياء، كلية العلوم للبنات، المجلد ١٧ العدد (١) (2014).
- [3]- عبد الحسين، هدى جبار، "تأثير الغمر في المحاليل الكيميائية على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمترابكات بوليمرية مدعمة بدقائق نانو الومينا، المجلة العراقية للعلوم، المجلد 56، العدد 3: (2015): 1963-1952.
- [4]-Awtham M. Hameed, "Development and Study of blended-base polymer composite," ph.D:thesis, University of Technology, (2006)
- [5]- رفاه علوان نصيف، "تحسين خصائص مادة مترابكة من البولي استر غير المشبع بإضافة طور مطاطي"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، جامعة التكنولوجيا، (2006).
- [6]- Nida Abdul Zahra, "Investigation of the Thermo Mechanical Properties of Blended Polymer composites," Ph. D. Thesis, School of Applied Science, University of Technology (2006).
- [7]- Al- Rawi kh R. YoSif Rh. Najem TS. "Mechanical properties of epoxy-Polyurethane polymer blends." 6 Um-Salama Science Journal.3(4); (2006); 637-642.
- [8]- سعد ميخائيل إيليا "دراسة الخصائص الميكانيكية و التوصيلية الحرارية لمادة مترابكة ذات اساس بوليمري مقواة بدقائق الألمنيوم و اوكسيد الألمنيوم، رسالة ماجستير، هندسة المواد- الجامعة التكنولوجية، (2007).
- [9]- M. Bengtsson, N.M. Stark & K. oksman, "Journal of Composites Science and Technology "Vol. 67, P. (2728), (2007).
- [10]- A.V. Prasad, K.M. Mohan Rao, K.M. Rao, A.V. Gupta, "Tensile and Impact behavior of rice straw-polyester composite of the Physical properties of a composite," India Journal of fiber & textile Research, Vol. 32, pp. 399-403, December, (2007).

- [11]- هدى جبار عبد الحسن، "مقاومة البلى لخلائط بوليمرية متصلدة حرارياً"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، (2008).
- [12]-Farah T. Mohammed Noori , Mohammed K . Jawad, Nadia A.Ali, "Effect of Resole resin additives on the hardness and impact strength properties",Proceeding of 3<sup>rd</sup> Scientific conference of the college Scinece, University of Baghdad,24 to 26 March(2009).
- [13]- إنعام وادي وطن، " دراسة بعض الخواص الميكانيكية و الحرارية للبولي استر غير المشبع والمدعم بدقائق سيراميكية " ، مجلة ديالى، العدد 37، (2009).
- [14]- K.K. AL-Khazraji. W.A. Hanna, R.A. Abdul-Aziz. "Preparation and Characterization of Polymer Ceramic composite Bio Material", Eng. & Tech. Journal, Vol. 28, No. 13 , (2010).
- [15]- Ban Ayyoub Yousif, "Development and Characterization of Ternary Thermosetting Polymer Blends" Ph. D. Thesis, to the Department of Applied Sciences of University of Technology, (2010).
- [16]- Ali H. R. AL- Azawi, Balqess M. D. AL-Dabbagh Salam H. a AL-Hadad, (2010), "The effect of temperatures and chemical solutions on the Elasticity Modulus of hybrid composite materials", Eng & Tech. Journal, Vol. 28, No. 13.
- [17]-Balqess M.D.AL-Dabbagh,Ahmed S.jabar 2011,"Study of the mechanical properties for particulate polymer blend composite",Eng &Tech Journal ,vol.29,No.2.
- [18]-رنا زياد الفليح، " تأثير درجة الحرارة و السمك و الظروف البيئية على الخواص الحرارية للبولي استر غير المشبع النقي و المطعم" ، مجلة التربية و العلم ، المجلد 24، العدد 3،(2011).
- [19]- Kareem, S.J., Jassim, S.A., and Najji, H.Z.,"Study of Thermal conductivity and Impact Strength for polyester Unsaturated Material Reinforced by Aluminum Laminates", Research , College of Materials Engineering, University of Babylon, (2011).

[20]- H.D. Ahmed, M.F. Hasan, "The Effect of Adding Alumina Phases (alpha and amorphous) to Improve the Mechanical Properties (compressive strength and Hardness) of polyester Matrix composites" Journal of Engineering and Development, Vol.18, No. 6, November, (2014) .

[21]- سدير موفق ماجد "دراسة خواص خليط بوليمري مدعم بدقائق سيراميكية عند درجات حرارة مختلفة ومحيط أكال" ، مجلة الهندسة و التكنولوجيا، المجلد، 33، العدد 3، (2015).

[22]- Salma M. Hassan, Jinan M-H- Jabir, Rifqa A. Salman, "A study of the effect of acid immersion on some physical properties of (Epoxy-MgO) composites, : Iraq Journal of physics, Vol. 13, No. 26, pp. 146-150 , (2015).

[23]- Salah Eddine Hachani, Ahmed Meghezzi, Nadia Nebbache, Mohammed Slimani, "Impact of Magnesium oxide in corporation on tensile and hardness properties of polystyrene / Magnesium oxide composites", Jouranl of chemical and pharmaceutical Sciences, Vol. 9 , Issue 4 , (2016).

[24]- Balqees Mohammed Deyaa, Teba Mageed Hameed, "A study of the effect of nano materials on the physical properties of epoxy composites", Iraq, Journal of physics, Vol , 15 , No. 32 , pp (68-76) , (2017).

[25]- Suror N. Esmael, Lamyaa M. Raouf, Wafaa A, Hammoodi, Hala F. Dagher, "Mechanical properties of epoxy reinforced with different percentage of ceramic particles weights", Journal of college education No.1 , (2017).

[26]- Rana M. Salih, "Effect of water absorption on some mechanical and physical properties of epoxy/polyurethane blend reinforced with nano silica powder", Iraqi Journal of physics, Vol. 15, No.32, pp. 92-98, (2017).

[27]-Harekrushna.S.Prakash.C.S.Prateekshya.S.S.Surajabala.S.Rabiranjana.M.Sumit.S.Subash.C.M."Mechanical,Thermal and Crystallization Properties of Polypropylene (PP) reinforced composite with High Density Polyethylene (HDPE) as Materix".MSA Vol.9.No.5.May (2018).

- [28]- MAwang and WR Wanmohd" Comparative studies of Titanium Dioxide and Zinc oxide as a potential filler in polypropylene reinforced rick husk composite", Material Science and Engineering, 342 , (2018).
- [29]- National Research council (U.S). committee on polymer Science and Engineering, "Polymer Science and Engineering: The shifting Research Frontiers" National Academy press, Washington, D.C, pp- 180, (1994).
- [30]- Jacob 45 A.5, "Blends of Syndiotactic Polystyrene and Thermoset Epoxy Resin Engineering and Characterization ", ph. D, Thesis, National Institute of Applied Science in Iyon, (2003).
- [31]- Gupta, M.C., and Gupta, A.P, "Polymer Composite ", New Age. International LTD. Publishers,(2005).
- [32]- Geor Gius A. adam, Husein K. AL\_gatta, „Chemistry and Technology of Polymers“, “59 Ed”, 1983.
- [33]-Harper, C. A."*Handbook of Plastic and Elastomers*," Mc. Graw-Hill Inc., USA, (1975).
- [34]-Rudiu, A.,"*The Elements of Polymer, Science & Engineering*," (1982).
- [35]-Polystyrene, "*Learning Center Department of Polymer Science*," The University of Southern Mississippi, (2005).
- <http://www.pslc.ws/macrog/index.htm>
- [36]-James D. Idol, Richard L. Lehman, the hand book of “Mechanical Engineering”, “2nd Ed”, chapter 12, CRC PRESS, Washington, 2004.
- [37]-W.D. Callister ,Jr., "Fundamentals of Materials Science and Engineering", Fifth Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York,2001.
- [38]- R.O. Ebewele, "polymer Science and Technology", CRC Press, New York, 2000.
- [39]-J.T.Black and R.A. Kohser ,"*Materials and Processes in Manufacturing*", Tenth Edition, John Wiley and Sons, Inc., 2008.

- [40]-R.M. Jones,"Mechanics of Composite Materials", Second Edition, Taylor and Francis, Inc., 1999.
- [41]- رولا عبد الخضر عباس، " دراسة الخصائص الحراري و الميكانيكية لمادة النوفلاك و متراكباتها " ، رسالة ماجستير، الجامعة التكنولوجية، (2001).
- [42]- د. ذنون محمد عزيز بيربادي، د. كوركيس عبد ال ادم " كيمياء الجزيئات الكبيرة "، جامعة بغداد، كلية العلوم ، (1989).
- [43]- M.Gryson, "Encyclopedia of Composite Materials and components", John Wiely and Sons,Inc,U.S.A.(1983).
- [44]- فراس فؤاد عبدالله العبيدي، " تأثير الظروف البيئية على إلية الكسر بالصدمة لمتراكبات هجينة " رسالة ماجستير الجامعة التكنولوجية (2002).
- [45]-W.Bolten, "Engineering Materials Technology, 3<sup>rd</sup> ed., a Member of Reed Elsevier Group , B utter Worth - Heinemann(1998).
- [46]-Microsoft , Encarta ."composite materials" Encyclopedia (2000).
- [47]- فريد بليمير، ترجمة د. صلاح محسن عليوي"اساسيات علم البوليمر"، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة الموصل،(1971).
- [48]- د.مهندس علي الأشرم،" اللدائن وخواصها التكنولوجية (صناعة البلاستيك) "، كلية الهندسة – جامعة الإسكندرية وجامعة بيروت العربية ، دار الراتب الجامعية: بيروت /لبنان ، (١٩٨٤).
- [49]-K.Wenfeng,R.Ashley,"Anew Amine Promotor for Low-Temperature of MEKP Initiated Unsaturated polyester Resin System",Composite Research Journal ,Vol .1,Issue4,P.14,(2007).
- [50]-Li Mei ,"Temperature and Mositure Effects on Composites Material for Wind Turbine Blades" , Thesis , Montana State University ,Bozenman , March ,(2000).
- [51]- Jeffery Powell E ,Tonycutt Angela H ,"Reactive Copromoter for Unsaturated Polyester Resin",America Composite Maunfactures Association Composites and Polycon ,October (2007).
- [52]-M. Biron ,Thermoplastics and Thermoplastic Composite ",1stEdition , Burlington , MA:Elsevier,(2007).



[53]-منصور وهنرة،رامي وعلي ، "تأثير المائات العضوية على منحنيات التصلب لمركبات البوليستر غير المشبع " ،مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية ،سلسلة العلوم الهندسية ،المجلد ٢٧،العدد ١، (٢٠٠٥).

[54]-محمد حسان خريطة،زكي العجي،سراج يوسف ،"تحضير بوليمرات ملائمة للتدريج ودراسة خواص متراكب البولي استر مع املاح معادن ثقيلة "هيئة الطاقة الذرية السورية ،كانون الأول ،(٢٠١٠).

[55]-C.E. Carraher, "Introduction to Polymer Chemistry", Taylor and Francis Group, LLC, 2007.

[56]- زيد عاصم اسماعيل الجبوري، "دراسة الخواص الفيزيائية لخلائط بوليمرية مدعمة"، رسالة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم- الجامعة المستنصرية، 2004.

[57]- نجلاء رشدي محمد عليان، "تصنيع ودراسة الخواص الميكانيكية والحرارية لخلطات بوليمرية وأخرى مدعمة"، رسالة دكتوراه، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، 2002.

[58]-Leszek, A., and Utracki, "*polymer Alloys and Blends*," New York, (1990).

[59]-Rabek, J. F., "Experimental Method in Polymer Chemistry," John Wiley & Sons, (1990).

[60]-Kim, K. R., and Park, C. E., "J. of Applied Polymer Science," Vol. 47, No. 2, pp. 552-558, (1993).

[61]-Moschiar, S. M., Riccard, C. C., and et al, "*J. of Applied Polymer Science*," Vol. 42, pp. 717-735, (1991).

[62]-Trantin, G., and Nimmer, R., "*Structural Analysis of Thermol Plastic Component*," New York, (1990).

[63]-Work,W. J., Horiek, and Hessm, "Polymer Blends Definitions," International Union of Pure & Applied Chemistry, (2004).

- [64]- Ja' afr Husain Koaer, "Preparation Polymer Blend for Natural and Synthetic Material and Study Properties for Medical Uses", M.Sc. to the Department of Applied Science at the University of Technology, 2013.
- [65]-Rana Mahdi S. Al-Ubaidy, "The Influence of Additives on Some Physical and Mechanical Properties of Polymer Blends", ph.D. To the Department of Applied Science at the University of Technology, 2009.
- [66] -Autar K. Kaw, "Mechanics of Composite Material", Second edition, Taylor and Francis Group, New York, (2006).
- [67]-David I.B., "Introduction to Polymer Physiscs", Cambridge University Press, UK, (2002).
- [68] -وسن جبار مناتي، "دراسة السلوك الفيزيائي لمادة متراكبة بوليمرية دقائقية"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، 2005.
- [69]-D.Hull , "An Introduction to Composite Materials", Cambridge University Press, First Pub., 1981.
- [70]-R.P. Sheldon, "Composite Polymeric Materials", School of Material Science, Publishing, London, 1982.
- [71]-Collins, D. J., "Damage Detection in Composite Materials Using Acoustic Emission and Self-Sensing Fibers," Department of Metallurgy and Materials School of Engineering, the University of Birmingham (2009).
- [72]-Kakani, S. L., and Kakani, A., "Material Science," New Age International LTD., Publishers, pp. 594-596, (2004).
- [73]-N.G.MC.grum.C.P.Buckley and C.B. Bucknall "Principles of Polymer Engineering" Second Edition, Oxford University Press Inc . Com (1997).
- [74]-M.M.Schwartz."Composite materials Hand Book",McGraw-Hill Company New York, (1984).

[75]-G.Kertsis,"A review of the tensile, Compressive flexural and shear properties of hybrid fiber –reinforced Plastics". Composites, Vol.18, No.1, PP. (13-22), January (1987).

[76]- J.Scales, "Carbon/Glass fibre Hybrid Composite" Composite volume q, N03,(1971).

[77]-L.J.Broutman,"CompositeMaterials,Fracture&Fatigue",Vol.5,Academic Press, Inc.,(1974).

[78] -M.A.Meyers, K.Chawal , "Mechanical Behavior of Materials " , Prentice Hall , Newjersy, (1999).

[79]-احمد علي مكي ، "دراسة الخواص الميكانيكية لمواد مركبة باستخدام مسحوق معدني"، رسالة ماجستير ،الجامعة التكنولوجية ،قسم هندسة المكنائ والمعدات ،(٢٠٠١).

[80]-R.J.Crawford , "Plastic Engineering " ,2<sup>nd</sup> ed,Pergamon Press,New York ,(1987).

[81]-امير عبد الرحمن الدليمي ، "دراسة بعض خواص الخرسانة الرغوية باعتماد سرعة الموجات فوق الصوتية " ،المجلة العراقية للهندسة المدنية ،الاصدار ٨ ، (٢٠٠٧).

[82] – Young ,W. C., and Budynas , R. G ., "Roark's Formulas for Stress and Strain," 7<sup>th</sup> Ed, McGraw-Hill, Companies, Inc., pp. 851, (2002).

[83]- Davis, J. R. (Edit.), "Tensile Testing", 2<sup>nd</sup> Ed., ASM International, pp. 77-82, (2004).

[84] NiuL., Chen X., Allen S. and Tendler S. J., "Using the Bending Beam Model to Estimate the Elasticity of Diphenylalanine Nanotubes". Langmuir, Vol. 23(14), Pp. 7443–7446, (2007).

[85]- وداد حمدي جاسم العيثاوي ، "دراسة بعض العوامل المؤثرة على الخواص الميكانيكية والابيضاض الاجهادي وحركات التجزؤ للبولي اثيلين عالي الكثافة في انابيب الري " ، رسالة دكتوراة ،قسم الفيزياء ،كلية التربية –جامعة بغداد،(٢٠٠٤).

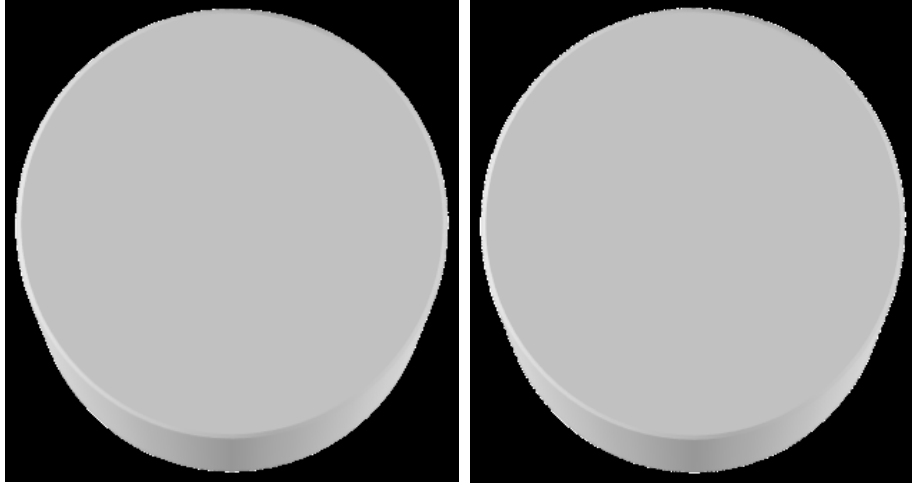
[86]- محمد غازي حمد ، " تأثير الماء على مقاومة الصدمة لمتراكبات البولي استر غير المشبع المدعم بالألياف الزجاجية " ،مجلة الانبار للعلوم الهندسية ،المجلد ٥،العدد ٢،(٢٠١٢).

- [87]- Anothony Davis , David Sims ,"Weathering of Polymer",New York , (1983).
- [88]-علاء محمد حمزة قفطان ،"دراسة الخصائص الفيزيائية لخلائط بوليمرية مدعمة بصفائح مايكروية والقطن المايكروي ،رسالة ماجستير ،قسم العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية (٢٠٠٤).
- [89]-مصطفى زيد عبد الله،"تحضير متراكبات هجينة ودراسة تأثير درجة الحرارة على بعض خواصها الميكانيكية والفيزيائية ،رسالة ماجستير ،قسم الفيزياء،كلية التربية ابن الهيثم ، (٢٠٠٩).
- [90] -عدنان رعد احمد السامرائي ،"دراسة الخواص الفيزيائية لراتنج البولي استر غير المشبع المقوى بمواد طبيعية كبدائل صناعية" ،قسم الفيزياء ،كلية التربية \_ جامعة تكريت ،(٢٠٠٤).
- [91]-Malkin, A. Ya., "*Experimental Methods of Polymer Physics*," (Measurements of Mechanical Properties, Viscosity, and Diffusion), Mir Publishers Moscow, (1983).
- [92]-W.D.Callister,Jr."MaterialsScienceandEngineering,AnIntroduction", John Wiley and Sons ,Inc.,(2000).
- [93]-عدي حميد احمد ،"تحضير ودراسة بعض الخواص الفيزيائية والسلوكيات الديناميكية لمتراكبات منفردة وهجينة" ،رسالة ماجستير ،قسم الفيزياء،كلية التربية ابن الهيثم ، (٢٠٠٩).
- [94]- Wallkerm P.M.B.,"Materials Science and Technology Dictionary" ,(1999).
- [95]- Kopeliovich, D., "*Shore (Durometer) Hardness Test*," Subs & Tech, last modified: 28 Apr, (2012).
- [96]-R.B. Seymuor ," Polymeric Composites", Alden Press, London, 1990.
- [97]-V.V. Vasiliev and E.V. Morozov,"Mechanics and Analysis of Composite Materials", Elsevier Science, LTD, New York, 2001.
- [98]- Utraki L.A., "Introduction to Polymer Blend In Polymer Blends Hand Book" ، Kluwer Academic Pub. Dordrecht, Vol. (1), (2002).
- [99]- Eisele U., "Introduction to Polymer Physics", Springer Verbiage, Heidel Berg, (1990).
- [100]- Vijaya M.S. and Rangarajan G.", Materials Science", Tata Mcgraw-Hill Publishing Company Limited, (2003).

- [101]- Jayatiiaka A. D., "Fracture Of Engineering Brittle Material", Applied Science London, (1979).
- [102]-Comyn, J., "*Polymer Permeability*," Elsevier Applied Science Publishers LTD, (1985).
- [103] -Abbas, R. A., "Study of thermal and mechanical properties of a substance Aleneuvolak and their metal complexes," Master Thesis, Department of Applied Science, University of Technology, (2001).
- [104]-Dr.BalqessM.Deya,Dr.FawzieaM.Hussien,IntihahGatiaDway "Studying the impact strength of Epoxy-with Tio2 and MgO Composite",Eng &Tech.JournalL,vol 29,No.10,2011.
- [105]-Ramakrishna H-V.and S.K Rai"utilization of Granite powder as afillerfor polybutylene Terpthalate toughened epoxy resin",Journal ofminerls&Materialscharacterization &Engineering,vol.5 ,No.1,pp (1-19),2006.
- [106]-M.R.Gharkan-"Improvement the mechanical and Physical properties of epoxy-polyurethane Matrix resin by Kevlar fiber and ZnO particles", Engineering and Technology Journal vol.35,part A, No.3 pp 261-266,(2017).
- [107]- هناء عزيز سميح "تأثير التقوية بمسحوق أكسيد الزنك على الخواص الميكانيكية لمادة متراكبة ذات أساس من البولي أستر غير المشبع"،مجلة الهندسة والتكنولوجيا،المجلد 29،العدد10 (2011).
- [108]- Sihama Issa Salih, C Jawad Kadhum oleiwi, Qahtan Adnan Hamed"comparative study the Flexural properties And impact strength for Rmma Reinforced By Particles and fibers for prosthetic complete Denture Base",the Iraqi Journal for mechanical and Material Engineering,vol.(15),No.(4),(2015).

- [109]-A.C Moloney, H.H, Kausch & H.R.Beer,1987" Review parameters Determining the Strength & Toughness of particulate filled Epoxide Resin, Journal of Materials Science,vol.22,No.2.
- [110]- Hameed A.,Nadhim A.,Wael A.S and Abdullah k., Journal of al-Qadisiyah for pure science,vol.14,(1-10),(2010).
- [111]- ANSHUI VERMA, V.K.SRIVASTAVA,"Mechanical behavior of metal Particles Reinforced Polymer matrix composite ",International Journal of Mechanical and Production Engineering ,vol.3,155ue,2015.
- [112]- P.L.Teh , M.Jaafar, H.M. AKil , K.N. Seetharamu , A.N.R.Wagiman ,K.S.Beh,"Thermal and mechanical properties of particulate fillers filled epoxy composites for electronic packaging application",polymers for Advanced Technologros,vol.19,issue 4, pp.308-315,(2008).
- [113]- Bogomolov V. and Kartenko N." Thermal conductivity of the poal-Epoxy Resin Nano Composite", Physics of the solid state,vol.45,No.5,pp957-960,(2003).
- [114]-Cherney, E. A., "Silicon Rubber Dielectrics Modified by Inorganic Fillers for Outdoor High Voltage Insulation Applications," IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 12, No. 6, December, (2005).
- [115] - ورود مهدي حميد العسكري "تأثير المحاليل الحامضية على بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمتراكبات الايبوكسي"،رسالة ماجستير،قسم العلوم التطبيقية-الجامعة التكنولوجية(2006).
- [116]- M.V Swain "Material Science and Engineering ", A 253, pp (160-166), (1998).
- [117]- G. Pritchard and S.D Speak , "The use of Water absorption Kinetic Data Predict Laminate property Changes" , composite , vol.18, No.3,(1987).
- [118]- Riew, C.K., and Gillham, J.K., " Rubber Modified Thermoset Resin", American Chemical society,(1984).

الملحق



(MgO)

(ZnO)

شكل النموذج المحضر للفحص في جهاز فورية الاشعة السينية XRF



Sample Name: **New**  
Description: **MgO**

Date of Receipt: 19/02/2019  
Date of Evaluation: 19/02/2019

Average Atomic Number: 0.00

Loss of Ignition: 95.0377 %

Z	Symbol	Element	Concentration	Abs. Error
11	Na2O		0.208 %	0.057 %
12	MgO		92.196 %	0.067 %
13	Al2O3		< 0.0052 %	(0.0) %
14	SiO2		0.0822 %	0.0029 %
15	P2O5		0.00374 %	0.00050 %
16	SO3		< 0.00050 %	(0.0) %
17	Cl	Chlorine	< 0.00020 %	(0.0) %
19	K2O		0.0092 %	0.0014 %
20	CaO		0.4531 %	0.0056 %
22	TiO2		< 0.00058 %	(0.0) %
23	V2O5		< 0.00092 %	(0.0) %
24	Cr2O3		0.0075 %	0.0011 %
25	MnO		0.00300 %	0.00067 %
26	Fe2O3		0.0233 %	0.0010 %
27	CoO		0.00079 %	0.00022 %
28	NiO		0.01596 %	0.00032 %
29	CuO		0.00038 %	0.00013 %
30	ZnO		0.03770 %	0.00033 %
31	Ga	Gallium	< 0.00011 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	< 0.00009 %	(0.0) %
33	As2O3		< 0.00010 %	(0.0) %
34	Se	Selenium	< 0.00006 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	0.00084 %	0.00004 %
37	Rb2O		0.00021 %	0.00006 %
38	SrO		0.00189 %	0.00007 %
39	Y	Yttrium	0.00111 %	0.00006 %
42	Mo	Molybdenum	0.0032 %	0.0020 %
47	Ag	Silver	< 0.00066 %	(0.0) %
48	Cd	Cadmium	< 0.00078 %	(0.0) %
50	SnO2		< 0.0011 %	(0.0) %
51	Sb	Antimony	< 0.0013 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	< 0.0018 %	(0.0) %
53	I	Iodine	< 0.0032 %	(0.0) %
56	BaO	Barium	< 0.0062 %	(0.0) %
74	WO3		< 0.0012 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	0.00019 %	0.00007 %
81	Tl	Thallium	< 0.00013 %	(0.00007) %
82	PbO		0.00023 %	0.00010 %
83	Bi	Bismuth	< 0.00012 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	0.00036 %	0.00008 %
92	U	Uranium	0.00020 %	0.00004 %
Sum of concentration			93.08 %	

الجدول (3-1) يوضح فحص ال(XRF) لمسحوق اوكسيد المغنيسيوم (MgO).

Sample Name: **New sample**  
Description: ZnO

Date of Receipt: 19/02/2019  
Date of Evaluation: 19/02/2019

Average Atomic Number: 0.00 Loss of Ignition: 24.5912 %

Z	Symbol	Element	Concentration	Abs. Error
11	Na2O		< 0.55 %	(0.0) %
12	MgO		< 0.095 %	(0.0) %
13	Al2O3		< 0.028 %	(0.0) %
14	SiO2		< 0.011 %	(0.0) %
15	P2O5		0.0193 %	0.0023 %
16	SO3		< 0.0023 %	(0.0) %
17	Cl	Chlorine	< 0.00050 %	(0.0) %
19	K2O		0.0770 %	0.0097 %
20	CaO		0.0742 %	0.0070 %
22	TiO2		0.0131 %	0.0015 %
23	V2O5		< 0.0054 %	(0.0) %
24	Cr2O3		0.0938 %	0.0069 %
25	MnO		0.0596 %	0.0034 %
26	Fe2O3		0.0874 %	0.0034 %
27	CoO		0.0223 %	0.0016 %
28	NiO		0.0386 %	0.0010 %
29	CuO		0.1093 %	0.0041 %
30	ZnO		> 93.30 %	0.09 %
31	Ga	Gallium	< 0.0043 %	(0.0) %
32	Ge	Germanium	< 0.0092 %	(0.0) %
33	As2O3		0.00147 %	0.00058 %
34	Se	Selenium	< 0.00057 %	(0.0) %
35	Br	Bromine	< 0.00044 %	(0.0) %
37	Rb2O		< 0.00038 %	(0.0) %
38	SrO		< 0.00040 %	(0.0) %
39	Y	Yttrium	0.00148 %	0.00026 %
42	Mo	Molybdenum	< 0.0098 %	(0.0065) %
47	Ag	Silver	< 0.0016 %	(0.00086) %
48	Cd	Cadmium	< 0.0013 %	(0.0) %
50	SnO2		< 0.0029 %	(0.0) %
51	Sb	Antimony	< 0.0019 %	(0.0) %
52	Te	Tellurium	< 0.0022 %	(0.0) %
53	I	Iodine	< 0.0054 %	(0.0) %
56	BaO	Barium	< 0.0095 %	(0.0) %
74	WO3		< 0.00025 %	(0.0) %
80	Hg	Mercury	< 0.0042 %	(0.0) %
81	Tl	Thallium	< 0.0020 %	(0.0) %
82	PbO		< 0.0014 %	(0.0) %
83	Bi	Bismuth	< 0.0013 %	(0.0) %
90	Th	Thorium	< 0.00096 %	(0.0) %
92	U	Uranium	< 0.00097 %	(0.0) %

Sum of concentration 93.90 %

الجدول (3-2) يوضح فحص ال(XRF) لمسحوق اوكسيد الزنك (ZnO).

Time week	vtime h½	(Ep+UPE)	(Ep+UPE+ 4%MgO)	(Ep+UPE+ 8%MgO)	(Ep+UPE+ 12%MgO)
1	12.96	0.875	0.417	0.678	1.182
2	18.33	1.084	1.317	1.322	1.698
3	22.44	1.236	1.976	1.696	2.461
4	25.92	1.313	2.481	2.544	2.804
5	28.98	1.389	2.569	2.690	2.995
6	31.74	1.332	2.430	2.610	3.186

الجدول (1) النسبة المئوية للامتصاصية في الماء المقطر (H<sub>2</sub>O) للمترابك المنفرد ولفترات زمنية مختلفة تتراوح من (1week-6week).

Time Week	vtime h½	(Ep+ UPE)	(Ep+UPE+ 4%MgO)	(Ep+UPE +8%MgO)	(Ep+UPE+ 12%MgO)
1	12.96	0.860	1.015	0.547	1.691
2	18.33	0.926	1.181	1.307	2.113
3	22.44	0.970	1.824	1.537	2.574
4	25.92	1.323	1.803	1.855	2.824
5	28.98	1.415	1.886	1.926	3.209
6	31.74	1.281	1.830	1.891	3.180

الجدول (2) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول القاعدي (NaOH) للمترابك المنفرد ولفترات زمنية مختلفة تتراوح من (1week-6week).

Time Week	vtime h½	(Ep+UPE)	(Ep+UPE+ 4%MgO)	(Ep+UPE+ 8%MgO)	(Ep+UPE+ 12%MgO)
1	12.96	0.465	1	1.577	1.581
2	18.33	0.885	1.214	2.060	2.380
3	22.44	1	1.798	2.885	2.901
4	25.92	1.048	2.173	3.494	3.475
5	28.98	1.141	2.518	3.888	3.971
6	31.74	1.118	2.578	3.817	3.90

الجدول (3) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول الحامضي (HNO3) للمركب المنفرد ولفترات زمنية مختلفة تتراوح من (1week-6week) .

Time Week	vtime h½	(Ep+UPE)	(Ep+UPE+ 4%MgO+ZnO)	(Ep+UPE+8% MgO+ZnO)	(Ep+UPE +12%MgO+ZnO)
1	12.96	0.875	1.903	1.261	0.920
2	18.33	1.084	2.947	2.215	1.123
3	22.44	1.236	3.049	2.354	1.528
4	25.92	1.313	3.172	2.646	1.713
5	28.98	1.389	3.663	3.354	2.155
6	31.74	1.332	3.417	2.954	2.044

الجدول (4) النسبة المئوية للامتصاصية في الماء المقطر (H2O) للمركب الهجين ولفترات زمنية مختلفة تتراوح من (1week-6week) .

Time Week	vtime h½	(Ep+UPE)	(Ep+UPE+4%Mgo+ZnO)	(Ep+UPE+8%MgO+ZnO)	(Ep+UPE+12%MgO+ZnO)
1	12.96	0.860	1.205	0.655	0.813
2	18.33	0.926	1.562	1.779	1.267
3	22.44	0.970	1.718	1.896	1.664
4	25.92	1.323	2.075	2.458	1.720
5	28.98	1.415	2.298	2.294	2.023
6	31.74	1.281	2.20	2.200	1.834

الجدول (5) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول القاعدي (NaOH) للمتراكب الهجين ولفترات زمنية مختلفه تتراوح من (1week-6week) .

Time Week	vtime h½	(Ep+UPE)	(Ep+UPE+4%MgO+ZnO)	(Ep+UPE+8%MgO+ZnO)	(Ep+UPE+12%MgO+ZnO)
1	12.96	0.465	2.171	2	1.663
2	18.33	0.885	1.676	3.145	2.954
3	22.44	1	2.472	4	3.228
4	25.92	1.04	2.558	4.626	3.972
5	28.98	1.141	2.987	6,030	4.403
6	31.74	1.118	2.773	5.822	4.598

الجدول(6) النسبة المئوية للامتصاصية في المحلول الحامضي (HNO3) للمتراكب الهجين ولفترات زمنية مختلفه تتراوح من (1week-6week) .

## Abstract

This Work investigated the preparation of polymeric blends of epoxy resin and unsaturated polyester resin (Ep+UPE),(Optimum mixing ratio) selection was based on the results of the impact test. Differential Scanning Calorimetry (DSc) test showed that the prepared polymer mixes were homogeneous and the best results was for (Ep80%+UPE20%) blend which exhibited one value for glass transition temperature ( $T_g$ ) equal ( $112^{\circ}\text{C}$ ).

After determining the best mixing ratio, (Ep80%+UPE20%) . There sets of the polymer mixe samples were prepared the first was the (Ep+UPE) blend, and then prepared alone composite material consist of the polymer blend (Ep+UPE) with the different weight percentage of magnesium oxide (4,8,12)%wt . Also, a hybrid composite material prepared consist of the polymer blend (Ep+UPE) plus the magnesium oxide and Zinc oxide powder (Ep+UPE+MgO+ZnO) have the same weight percentage as amentioned above . The preparation process for the composites material was done using the Hand-Lay up molding method. Also included in this study were some mechanical and physical test like Impact resistance, tensile strength, young modulus, compressibility, hardness, thermal conductivity. In addition diffusion coefficient test was also conducted using chemical solutions that include nitric acid ( $\text{HNO}_3$ ), sodium hydroxide solution ( $\text{NaOH}$ ) at concentration of (0.05N) as well as distilled water of the results obtained for the mechanical tests, samples with (8%) MgO powder for the alone composite material (Ep+UPE+MgO) had the best value for the Impact strength , tensile strength and the young coefficient which takes of the values of (7.41MPa),(8.30MPa),(13.79MPa) respectively.

The best value for the alone composite material was (7.04MPa) for the compressibility test. The hybrid composite material has the 4% wt of (MgO+ZnO) powder possesses the best value of impact strength ,Tensile strength and young modulus (27.33MPa),(8.09MPa),(15.2MPa) respectively while the percentage weight of 8% wt of (MgO+ZnO) posses best value of compressive strength was (4.70MPa).

The hardness test results showed an increase in the hardness value after reinforcement with the alone composite material , and the hardness value increases by increasing the weight ratios of the magnesium oxid added for the hybrid composite material a noticed reinforcement and decrease in the value of hardness after continue to decrease with the increase in the ratio of magnesium oxide and Zinc oxide additives. For the physical tests, thermal conductivity values were decreased in values after the alone composite material reinforcement. It continues to decrease with the increase of the added ratios of the alone composite material . The hybrids were also showed noticed decrease in the vakues of the thermal conductivity after reinforcement , but increases as the added percentage increases. For the diffusion test , the polymer mixture (Ep+UPE) had the lowest value in distilled water , where the diffusion coefficient was  $(1.905 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec})$ . In the acid solution, the ratio of (12%) for the alone composite material had the lowest value for the diffusion coefficient  $(2.498 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec})$ . For the basic solution , the ratio of (12%) was also showed lowest values diffusion coefficient  $(1.82 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec})$  . The hybrid composite material lowest diffusion coefficient value in the distilled water at the ratio of (12%)  $(5.79 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec})$ , while for the acidic solution the samples with (8%) addittires processed the lowest value of  $(4.157 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec})$ . The basic solution samples at (12%) reinforcement displayed the lowest value for the diffusion coefficient with a value of  $(12.968 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec})$ .

Republic of Iraq  
Ministry of higher education and scientific research  
University of Baghdad  
College of Education for pure Science  
(Ibn- Al-Haitham)



# **Preparation and study of some physical and mechanical properties for the polymer blends reinforcement**

**A thesis is submitted**

To the Physics Department / Collage of Education for Pure Science (Ibn Al-Haitham)/ Baghdad University as partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Sciences in Physics

By

**Zinah Abdulateef Abbas**

Supervised by the assistant . Dr.

**SUAD H. ALEABI**

**2019A.D**

**1440 A.H**