



تأثير الغمر في المحاليل الكيميائية على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمركبات بوليمرية مدعمة بدقائق نانو الومينا

هدى جبار عبد الحسين*

فرع علم المواد، قسم العلوم التطبيقية، جامعة التكنولوجيا، بغداد، العراق.

الخلاصة

في هذا البحث تم تدعيم راتنج الايبوكسي بدقائق نانو الومينا (Al_2O_3) وبحجم حبيبي (25-30 nm) وبنسبتين وزنيتين (٤%، ٢%) وتم مقارنتها بالايوكسي النقي. اجريت اربعة اختبارات ميكانيكية على تلك المواد تشمل متانة الانحناء و الصدمة و الصلادة والانضغاطية قبل وبعد غمرها في الماء العادي و المحاليل كيميائية والمتمثلة (بحامض الخليك (CH_3COOH) والمحلول القاعدي (KOH) وبمعيارية (٠,٥N) وقد تم حساب معاملات الانتشار للنماذج المحضرة بعد غمرها في الماء و المحاليل المذكورة اعلاه. وقد بينت النتائج بان متانة الانحناء و الصدمة والصلادة تزداد بعد اضافة الدقائق السيراميكية (Al_2O_3) في حين اظهرت نتائج عملية الغمر قيم مختلفة من نموذج لآخر .

Effect of immersion in chemical solution on the mechanical & physical properties for composite material reinforced by Nano alumina Particles

Huda .J.Abd AL-Hussien*

Branch Materials Science ,Department of Applied Sciences, University of Technology ,Baghdad ,Iraq.

Abstract

In this research Epoxy resin was reinforced by nano alumina (Al_2O_3) particles in grain size(25-30 nm) with two weight ratios (2,4)% then compared with pure Epoxy. Four mechanical tests were performed on these materials include Hardness, flexural, impact & compression strengths before and after immersion in tap water and chemical solutions (CH_3COOH) acid, (KOH) base at (0.5N) ,The diffusivity coefficients of all prepared samples were calculate after immersion in water and chemical solutions mentioned above , the results were showed that the Flexural, Impact & Hardness increase after addition the ceramic particles (Al_2O_3) while the immersion process results showed illustrated different values from sample to other.

Keywords: Nano composite material, immersion in chemical solution, mechanical properties.

المقدمة

في اطار ما يشهده عالمنا اليوم من تطور تكنولوجي مذهل في شتى الميادين ادت متطلبات الصناعات والتطبيقات الحديثة تتطلع ويشغف هائل الى انواع جديدة من مواد غير تقليدية يطلق عليها اسم المواد المتقدمة (Advanced materials) وذلك لكونها مواد حديثة يتم توظيفها في تطبيقات تكنولوجية متقدمة لم تكن معروفة من ذي قبل لذا فان تلك التطبيقات المتقدمة تتطلب مواد تجتمع فيها خواص فريدة ومتعددة قد لا تتوافر مجتمعة في مادة واحدة بعينها من المواد التقليدية المعروفة مثل المواد الفلزية والمواد السيراميكية

*Email: Polymer tech 82@gmail.com

والبوليمرات، وتعد المواد المترابكة نانوية الحبيبات والمعروفة باسم المترابكات النانوية (Nanocomposite materials) واحدة من اهم فئات المواد المتقدمة التي بزغ فجرها مع نهاية القرن المنصرم كنتيجة حتمية لتزاوج العقل البشري بامكانياته الخلاقة مع التقنيات الحديثة في مجالات انتاج الفلزات والمواد الهندسية ولتفتح افاقا مستقبلية مشرقة مع استقبال العالم لا لفيته الثالثة لتضيف امالا عريضة في حل مشكلات مستعصية في جميع المجالات الحياتية والصناعية [1][2]، وتعرف المواد المترابكة بانها تجمع صناعي لمادتين او اكثر وتعد المادة المضيفة هي الطور الاساس (Matrix phase) والمواد الاخرى تمثل طور التقوية (Reinforcing phase) و يمكن تصنيف المواد المترابكة حسب طور التقوية الى [3]:

1- المواد المترابكة الليفية:

تكون مواد التقوية على شكل اليفاف ضمن الاساس وتعتمد التقوية على شكل الالياف التي قد تكون اليفاف متقطعة او مستمرة او حصيرة وايضا تعتمد على الكسر الحجمي حيث ان الالياف المستمرة تتوقف التقوية فيها على اتجاه الخاصية مثل الاتجاه الطولي والاتجاه المستعرض وتعتمد ايضا على اتجاه توزيع الليف (اتجاه زوايا مختلفة) حسب الهدف المطلوب.

2-المواد المترابكة الصفاحية:

تتكون من مواد مختلفة (سيراميك، معادن وسبائكها ومواد لدائنية) وتكون على شكل طبقات من المواد المترابكة ليفية مركبة بشكل متعاقب او مواد مترابكة دقائقية او تتكون من طبقتين كخلية النحل ولها صفات فيزيائية وميكانيكية تختلف عن صفات الطبقات الخارجية الحامية لها [4] .

3- المواد المترابكة المدعمة بالدقائق:

تكون مادة التقوية في هذا النوع عبارة عن دقائق صغيرة الحجم اقل من (0.1) وهي تعمل على تقوية المادة الاساس عن طريق اعاقه حركة الشقوق وتكون المادة المركبة الدقائقية متجانسة الخواص [5] .

في عام (2004) قام الباحث (M. Kuo) وجماعته بتصنيع مادة مترابكة من (PEEK) والمدعمة بدقائق السليكا و الالومينا النانوية بطريقة القوبلة بالضغط الحار بجو مفرغ اذ قاموا بدراسة الصلادة ومعامل المرونة ومقاومة الشد وتوصلوا الى ان كل الخواص التي قاموا بدراستها تحسنت وان مقاومة الشد قد تحسنت بنسبة (50%-20) [6] .

في عام (2009) قام الباحث (Y.P. Zngang) وشريكه بتحضير مادة مترابكة من الايبوكسي المدعم بدقائق نانو الالومينا اذ قام بدراسة تأثير اضافة دقائق الالومينا على الخواص الميكانيكية والكهربائية للمترابك النانوي واثبتت الدراسة ان مقاومة الصدمة والعزل الكهربائي ازدادت عند نسبة (20%) من (Nano-AL₂O₃) [7] .

في عام (2010) قام الباحث (C. Zhu) و شريكه بتصنيع مترابك نانوي من راتنج المطاط الصناعي (ETPO) والمدعم بنانو كاربيد السليكون وبنسب وزنية (1-5% wt) اذ قاموا بدراسة الخواص الميكانيكية والسلوك الحراري للراتنج (ETPO) والمترابك النانوي واطهرت نتائج ان اضافة دقائق كاربيد السليكون النانوية حسنت مقاومة الصدمة ومتانة الكسر والخواص الحرارية للراتنج (ETPO) [8].

وفي عام (2010) قام الباحث (E. Al-Hassani) بدراسة تأثير الغمر في محاليل كيميائية على الخواص الميكانيكية لمترابكات الايبوكسي المقواة باليفاف الزجاج توصل الى ان الغمر قد اثر في جميع الخصائص المدروسة كما وتوصل الى زيادة مقاومة الانضغاط للنماذج المغمورة في البنزين والكيروسين [9] .

في عام (2010) قام الباحث (A.Hassan) وشريكه بدراسة تأثير درجة الحرارة و الغمر في محاليل كيميائية لمترابكات بوليمرية هجينة مكونة من الايبوكسي والنوفولاك والمدعمة بدقائق السليكا والالومينا وألياف الاسبستوس وكسور حجمية (30%,40%)، ومن نتائج هذه الدراسة توصل الباحث الى ان ارتفاع درجة الحرارة و زيادة زمن الغمر في المحاليل الكيميائية ادت الى نقصان في قيم معامل المرونة [10] .

آلية الانتشار:

تعرف عملية الانتشار على إنها العملية التي بوساطتها تنتقل المادة من مكان الى اخر في النظام نتيجة للحركة الجزيئية العشوائية .ويحصل الانتشار فيزيائياً نظراً لأن الجزيئات في الحالة السائلة او الغازية في حالة حركة مستمرة ،وبذلك تنتقل الجزيئات من

موقع الى اخر وعادة يوصف هذا السلوك بقانون فـك الاول للانتشار (Fick's Law of Diffusion) ويعد القانون الاساس للانتشار وينص على ان التدفق باتجاه (X) يتناسب (FX) مع تدرج التركيز (dc/dx) (Concentration gradient) وكالاتي [11]:

$$F_x = -D \frac{dc}{dx} \quad \dots\dots\dots (1)$$

اذ ان :

F_x : هو عدد الجسيمات المنتشرة نزولاً باتجاه تدرج التركيز C في الثانية لوحدة المساحة ويسمى تدفق الجزيئات (Flux Molecules).
 اما (D) فتمثل معامل الانتشار (Diffusion Coefficient) والذي يعطى من قانون فـك الثاني وكما يأتي [11] :

$$D = \pi \left(\frac{K_t d}{4M_\infty} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

اذ ان :

K_t : هو ميل (slope) الجزء الخطي لمنحنى الريح

في الكتلة مع الجذر التربيعي للزمن.

M_∞ : المحتوى المائي عند الوصول لحالة الاشباع (أعلى قيمة للريح في الكتلة).

d : سمك العينة.

وهناك عدة عوامل تؤثر في امتصاصية النماذج لمحلول اهمها [11]:

- ١ - نوع المادة الاساس ومادة التدعيم المستعملة.
- ٢ - نوع المحلول وطبيعته (حامضي، قاعدي، ملحي، معامل لزوجته).
- ٣ - زمن التعطيس في المحلول.
- ٤ - العيارية.

ولحساب النسبة المئوية للتغير في الكتلة للنماذج المغمورة في الماء و المحاليل يطبق القانون الاتي:

$$\text{Weight gain} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

أذ أن:

M_1 : كتلة العينة قبل الغمر (g).

M_2 : كتلة العينة بعد الغمر (g).

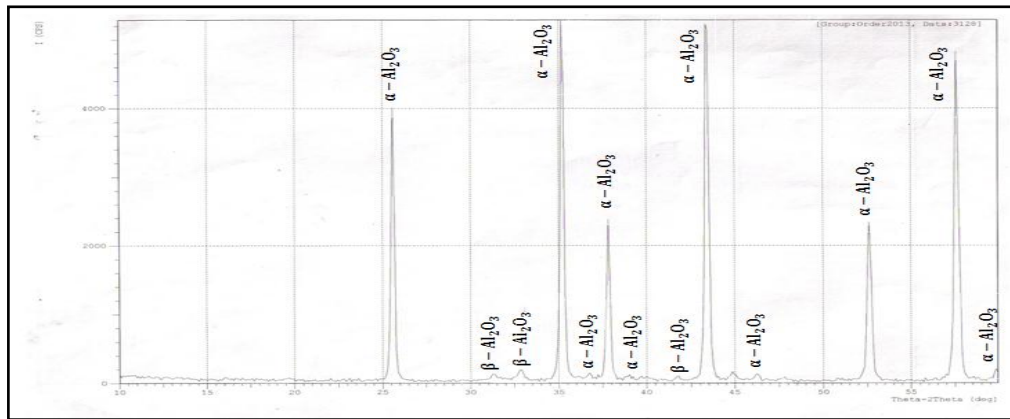
الجزء العملي:

المواد المستعملة في البحث:

١- الايبوكسي : مادة كيميائية تستخدم للمعالجات التي تتطلب قوة عالية لمقاومة البكتريا والاحماض ويعد من اكثر البوليمرات استخداما على الرغم من كلفته العالية وذلك لامتلاكه قوة ميكانيكية عالية وجيد الالتصاق وكذلك معدلات تقلص منخفضة، في هذا البحث تم استعمال راتنج الايبوكسي من نوع (Quick mast 105).

٢- الالومينا: أكسيد الألمنيوم هو مركب كيميائي له الصيغة (Al_2O_3) ويطلق عليه أيضاً اسم ألومينا، تكون ذات لون ابيض عندما تكون نقية وكثافتها ($33-92g/cm^3$) وتتمتع الالومينا بخواص فيزيائية وميكانيكية عالية وان الجسيمات النانوية لها قدرة فائقة على تحسين خواص المادة الاساس ورفع مقاومتها وصلادتها، والشكل-١ يبين نتائج تحليل الاشعة السينية (X-Ray) لنانو الومينا بحجم حبيبي (25-30 nm)، والمصنع من قبل شركة (Füllstoff-Fabrik GmbH & Co KG).

طريقة التحضير: حضرت النماذج بخلط الايبوكسي مع مصلده بنسبة (3:1) ، اما المادة المتراكبة فحضرت بخلط الايبوكسي مع الدقائق النانوية بواسطة (Ultra Sonic) ولمدة (2) ساعة وبدرجة حرارة ($50^\circ C$) وصب الخليط في قالب المهيب مسبقاً وتركت المصبوبات لمدة (24) ساعة لاجل اكمال عملية التصلب وبعدها قطعت النماذج حسب الاختبارات، واجريت الفحوصات للنماذج قبل وبعد الغمر في الماء الاعتيادي والمحاليل الكيميائية وهي (CH_3COOH , KOH) وبمعيارية (0.5 N).



الشكل 1- نتائج تحليل الاشعة السينية(X-Ray) لنانو الومينا.

الفحوصات:

١ - اختبار متانة الانحناء:

تعرف متانة الانحناء (Flexural Strength) بأنها مقاومة المادة لاجهادات الانحناء المسلطة عليها، استخدم جهاز اختبار ثلاثي النقط (Three Point) والمصنع من قبل شركة (Phywe) مبداء عمل الجهاز تثبيت العينة من طرفيها على مسندين وتسلط حمل بصورة تدريجية على الحامل المثبت بالمنتصف ومن المؤشر يمكن قراءة مقدار الانحناء (deflection) ويتم حساب معامل يونغ للانحناء (E) (Young Modulus) والذي يقاس بوحدة (MPa) أو (N/mm²) من العلاقة الآتية:

$$E = \frac{M}{S} \frac{gL^3}{48I} \quad \dots\dots\dots(4) .$$

حيث ان:

M: الكتلة المسلطة على النموذج (g) .

g: التعجيل الارضي (cm/sec²) .

L: المسافة بين نقطتي الارتكاز (mm) .

M/S: ميل المنحني من العلاقة بين الكتلة والانحراف.

I: عزم الانحناء الهندسي (mm⁴) ويحسب من العلاقة الآتية:

$$I = \frac{bd^3}{12} \quad \dots\dots\dots(5)$$

b: عرض النموذج (mm)

d: سمك النموذج (mm)

٢- إختبار الصدمة:

ويعمل على إختبار متانة (Toughness) المادة التي تمتص الطاقة خلال التشوه، فمثلا إختبار الصدمة لقياس الطاقة اللازمة لكسر عينة قياسية (Standard bar) يكون من خلال تطبيق الحمل الدافع (Impulse load) لتلك العينة، أن الكسر الذي يحدث في نماذج مادة ما أما أن يكون كسراً مرناً اي ان المادة يحدث فيها تشوه لدن ملحوظ قبل الكسر وتسمى بالمادة المطيلية، أو يكون كسراً هشاً اي ان المادة لايتبدي تشوها لدنا اوتبدي تشوها لدنا ضئيلاً قبل الانكسار وتسمى بالمادة الهشة مثل الزجاج، تم استعمال جهاز إختبارمتانة الصدمة - چاري (Charpy Test) وتحسب مقاومة الصدمة من العلاقة التالية :

$$I.S = U/A \quad \dots\dots\dots(6)$$

I.S : متانة الصدمة وتقاس بـ (K/m²) .

U : طاقة الكسر (K) .

A : مساحة المقطع (m²) .

٣- اختبار الصلادة:

تعرف الصلادة على انها مقاومة السطح للاختراق او التشوه اللدن (plastic deformation) مثل الغرز والخدش. وهي تعطي فكرة جيدة جدا ونسبية عن متانة وتماسك كتلة المادة ايضا وذلك باستعمال احمال صغيرة، تم قياس الصلادة للنماذج بطريقة شور (D) والجهاز المستعمل لهذا الاختبار من نوع (Shore D Hardness Tester TH210).

٤- اختبار الانضغاطية:

يتم حساب مقاومة الانضغاطية للنماذج باستعمال جهاز المكبس الهيدروليكي من نوع (Ley Bold Harris NO.36110) وتعرف مقاومة الانضغاطية هي اعظم اجهاد تتحمله المادة الجاسئة (rigid material) تحت الضغط العمودي وهذه المقاومة تقاس عن طريق نسبة الحمل المسلط على وحدة المساحة للمقطع العرضي الابتدائي المعرض للحمل كما في العلاقة التالية:

$$C.S = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(7)$$

C.S: مقاومة الانضغاط (N/mm^2).

P: الحمل المسلط (N).

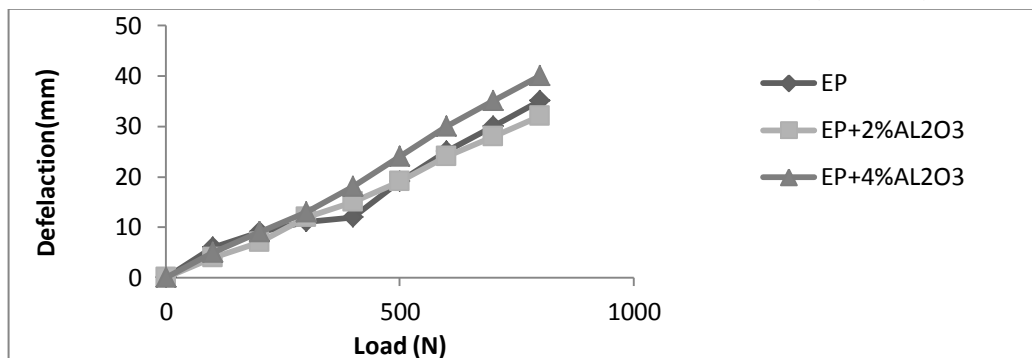
A: مساحة المقطع العرضي الابتدائي المعرض للحمل (mm^2).

المناقشة:

١- اختبار الانحناء :

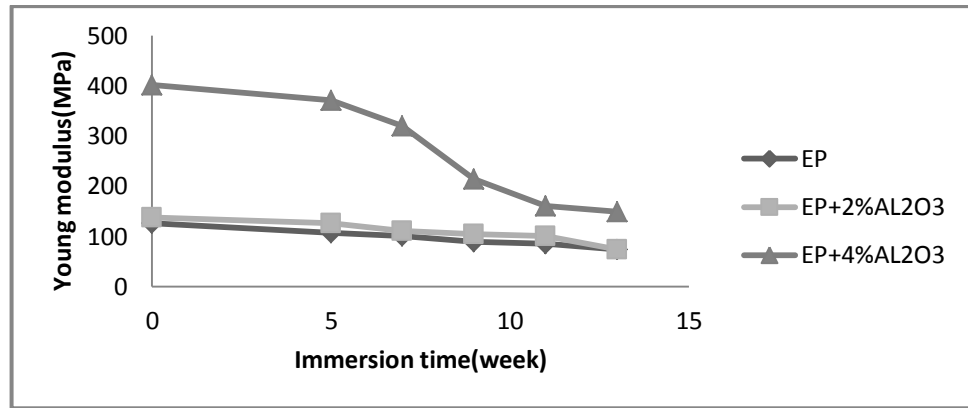
يعد هذا الاختبار من الاختبارات الاساسية للمواد القصيفة والهشة وذلك لتحديد خواص المرونة واللدونة اذ ان هناك بعض العوامل المهمة والمؤثرة في النتيجة وهي نوع ومعدل التحميل والمسافة بين المسندين وابعاد المقطع العرضي للانحناء.

١. ظروف مختبرية :- من ملاحظة الشكل-٢ وجد ان تدعيم الايبوكسي بالنانو الومينا ادى الى تحسين متانة الانحناء للمادة اذ ان اعلى قيمة لمعامل المرونة تم الحصول عليها هي بالتدعيم بالنانو الومينا بنسبة (٤%) والتي كانت افضل من بقية النماذج والسبب في ذلك ان الدقائق الموزعة بشكل منتظم تعمل على اختزال الفراغات التي يمكن ان تتكون خلال عملية تصنيع المواد المترابطة وبذلك يزداد التداخل والترابط ما بين المادة الاساس ومادة التدعيم ولهذا فعند تسليط اجهاد معين على المادة فان الانفعال الناتج يقل مع زيادة نسبة التدعيم نتيجة التداخل والترابط ما بين المادة الاساس ومادة التدعيم وهذا يعيق حركة السلاسل البوليمرية وبذلك يزداد قيمة معامل يونك [12,13].

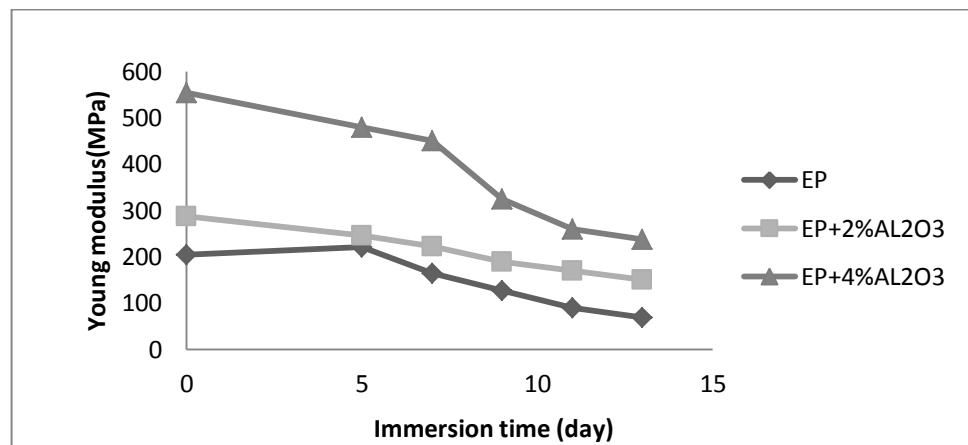


الشكل 2- العلاقة بين القوة المسلطة (F) و مقدار الانحراف (S) للنماذج.

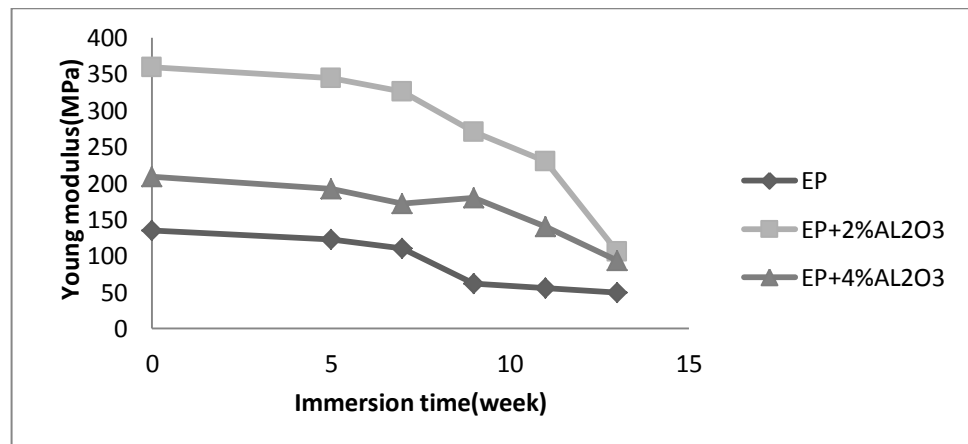
٢. تأثير الغمر في المحاليل : من ملاحظة الاشكال ادناه وجد ان اعلى قيمة لمعامل المرونة كانت للايبوكسي المدعم بنسبة ٤% نانو الومينا عندغمرها بالماء وهيدروكسيد البوتاسيوم اما بالنسبة لحمض الخليك فان اعلى قيمة لمعامل المرونة كانت بالنسبة للايبوكسي المدعم بنسبة (٢%)، والسبب في ذلك يعود الى ان دخول المحاليل الكيميائية في المادة المترابطة يؤدي الى ضعف الربط بين المادة الاساس والمواد المضافة الاخرى وهذا بدوره يعمل على زياده المسامية فتزداد بذلك امتصاص المادة للمحاليل الكيميائية [14].



الشكل 3- العلاقة بين قيم معامل يونك مع الفترة الزمنية للغمر بالماء.



الشكل 4- العلاقة بين قيم معامل يونك مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول القاعدي.



الشكل 5- العلاقة بين قيم معامل يونك مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول الحامضي.

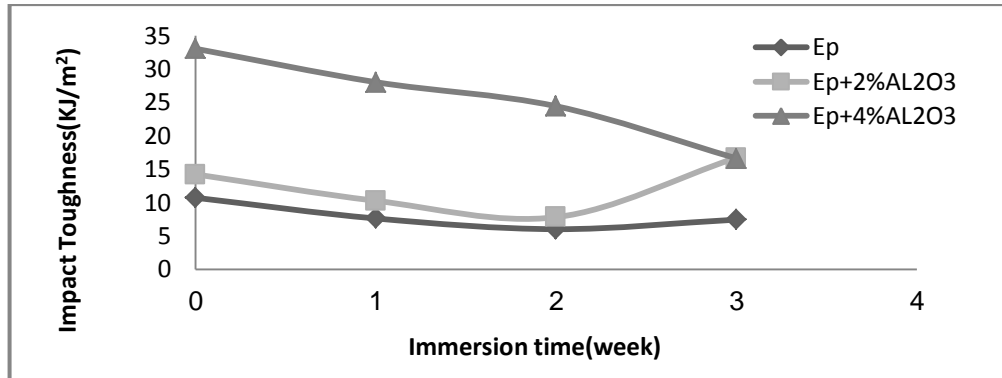
٢- اختبار الصدمة :

ان مبدأ العمل هنا يستند على ان بعضا من الطاقة الأولية الموجودة كالتاقة الحركية في المطرقة تمتص من قبل العينة قبل حدوث الكسر، حيث ان الطاقة الممتصة من قبل العينة تعتمد على طبيعة المكونات الداخلة في تصنيع المادة المتراكبة وعلى مقاومتها للاجهاد الخارجي المسلط عليها. ان آلية الفشل الذي تحدث في المادة بالاجهادات السريعة تعد من الخصائص الميكانيكية التي أعطي لها اهتمام كبير من قبل الباحثين لان هناك دوما خطر يكمن في ان المواد البوليمرية قد تكون مطيلية (Ductile) تحت

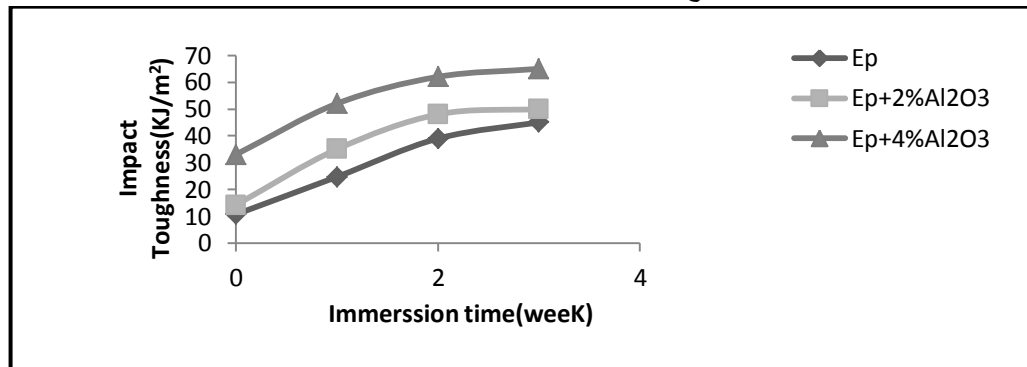
تأثير الاجهادات الساكنة وتبدي مقاومة اكبر للصدمة مثل البولي اثيلين والبولي ستايرين والمطاط، ولكنها تبدو هشة (Brittle) تحت تأثير الاجهادات السريعة مثل الايبوكسي. [15]

١- الظروف المختبرية :- من الاشكال (6,7,8) يتضح لنا ان تدعيم الايبوكسي بالنانو الومينا قد تمكنا من تحسين مقاومة الصدمة حيث ان اعلى قيمة لمقاومة الصدمة (قبل الغمر) تم الحصول عليها هي للعينة المدعمة بالنانو الومينا بنسبه (٤%) التي كانت اعلى من مقاومة الصدمة لبقية العينات.

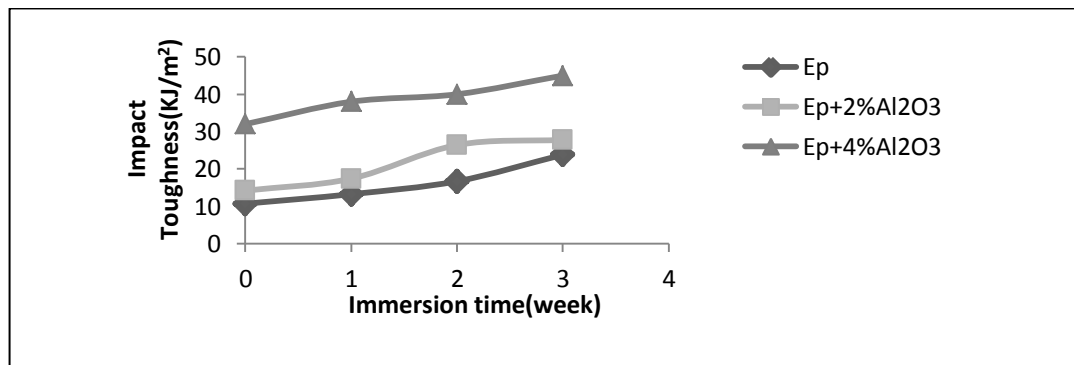
٢- تأثير الغمر في المحاليل :- ان غمر النماذج في المحاليل الكيميائية ادى الى حصول زيادة في مقاومة الصدمة وهذا ما يتم ملاحظته في الاشكال ادناه والسبب في ذلك يعود الى تغلغل المحلول الكيميائي الى داخل المادة الاساس (الايبوكسي) ادى الى ليونة عالية وبالتالي فان الطاقة الممتصة لحصول عملية الكسر اكثر مما هي عليه بدون الغمر [16].



الشكل 6- العلاقة بين مقاومة الصدمة مع الفترة الزمنية للغمر بالماء.



الشكل 7- العلاقة بين مقاومة الصدمة مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول القاعدي.



الشكل 8- العلاقة بين مقاومة الصدمة مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول الحامضي.

٣- اختبار الصلادة :

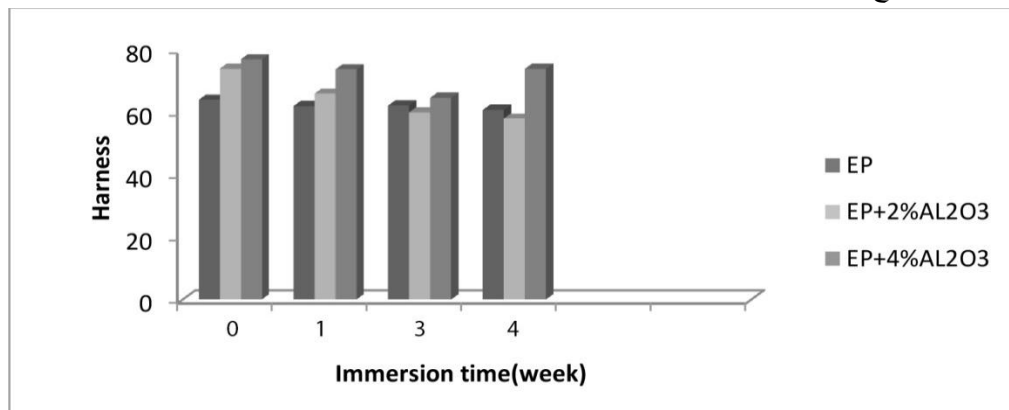
ان مفهوم الصلادة يمكن عدها مقياسا للتشوه اللدن الذي يمكن ان تعاني منه المادة تحت تأثير اجهاد خارجي.

١- الظروف المختبرية :

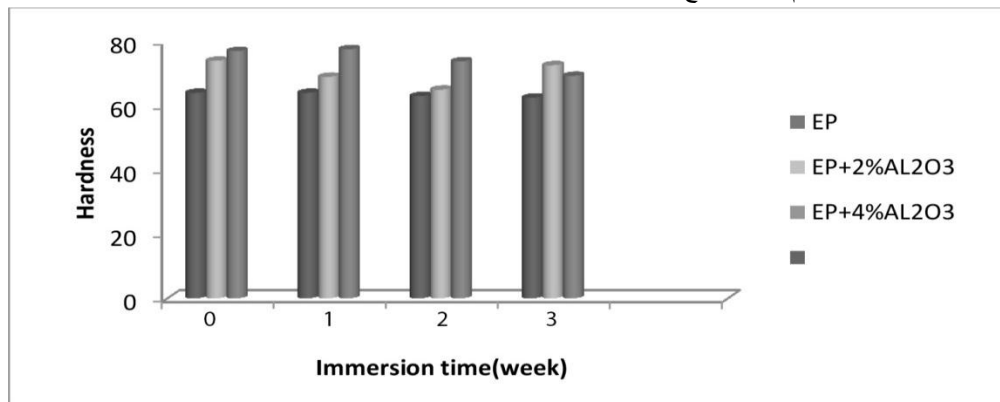
من ملاحظة الاشكال (١١،١٠،٩) وجد ان النموذج (EP+4%) يمتلك اعلى قيمة للصلادة مقارنة ببقية النماذج والسبب في ذلك يعود الى ان استخدام الدقائق ذات الحجم الصغير جدا (نانوي) ادى الى تغلغل الدقائق النانوية الى داخل المادة الاساس (الايوكسي) والمسافات البينية التي تتكون اثناء عمليه التحضير وكل هذا ساعد في زيادة التراص بين مكونات المادة المترابطة المحضرة والذي قلل من حركة جزيئات البوليمر مما ادى الى زيادة مقاومة المادة للخدش او القطع وبالتالي زيادة الصلادة للمادة [17].

٢- تأثير الغمر في المحاليل:

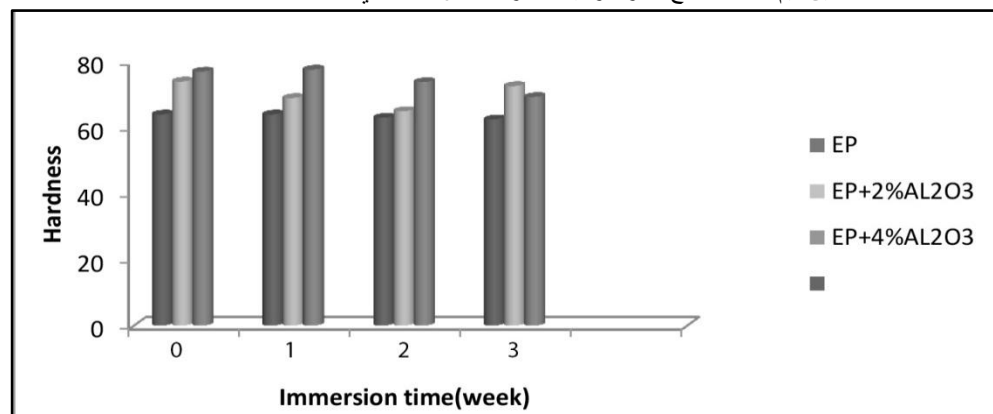
بعد غمر نماذج البحث في المحاليل الكيميائية وفي الماء الاعتيادي واجري الاختبار لها بعد كل اسبوع فمن ملاحظة الاشكال (١١،١٠،٩) يتبين لنا ان معظم النماذج قد ابدت انخفاض ملحوظا في قيم الصلادة والسبب في ذلك يعود الى تغلغل المحلول (حامض، قاعده، ماء) الى منطقة السطح البيني (منطقه الترابط الدقائق مع المادة الاساس) وهذا ادى الى زيادة ليونة المادة وبالتالي قلت الصلادة للنماذج [16].



الشكل 9- العلاقة بين قيم الصلادة مع الفترة الزمنية للغمر بالماء.



الشكل 10- العلاقة بين قيم الصلادة مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول القاعدي.



الشكل 11- العلاقة بين قيم الصلادة مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول الحامضي.

٤- اختبار الانضغاطية:

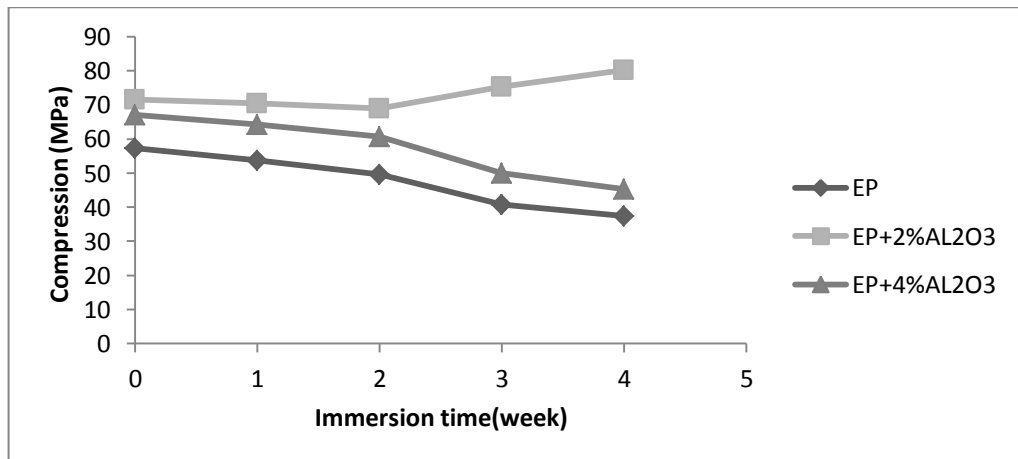
أن الخواص الميكانيكية للبوليمر تحدد بواسطة خواص الاجهاد-الانفعال وهذا يلاحظ في سلوك البوليمر عند تسليط اجهاد الانضغاط لكي يستطيل الى النقطة التي يحدث فيها الكسر.

١- الظروف المختبرية: تمتاز المواد الهشة مثل الزجاج والمواد المتصلدة حراريا مثل الايبوكسي بمقاومة عالية مقارنة بمقاومتها للشد. أظهرت النتائج قيم مقاومة الانضغاطية في الظروف المختبرية بان النموذج (EP+2%) يمتلك اعلى مقاومة انضغاط ويعزى السبب في ذلك الى ان اجهاد الانضغاط المسلط وبصورة موازية للتدعيم (بنفائق النانو الومينا) على النماذج يعمل على كبت شقوق المادة فضلا عن كون مقاومة الانضغاط التي نحصل عليها هي مقاومة مركبة بين الانضغاط الشد لان النماذج المعرضة للانضغاط تكون الشقوق فيها معرضة لاجهادات الشد العمودية على مستوى الشق [17]، اما بالنسبة للنموذج (EP+4%) فانها امتلكت مقاومة انضغاط اقل يعزى ذلك الى وجود العيوب الناتجة اثناء عملية تصنيع والتي تشكل مناطق لتمرکز الاجهاد مما يسرع في فشل العينة.

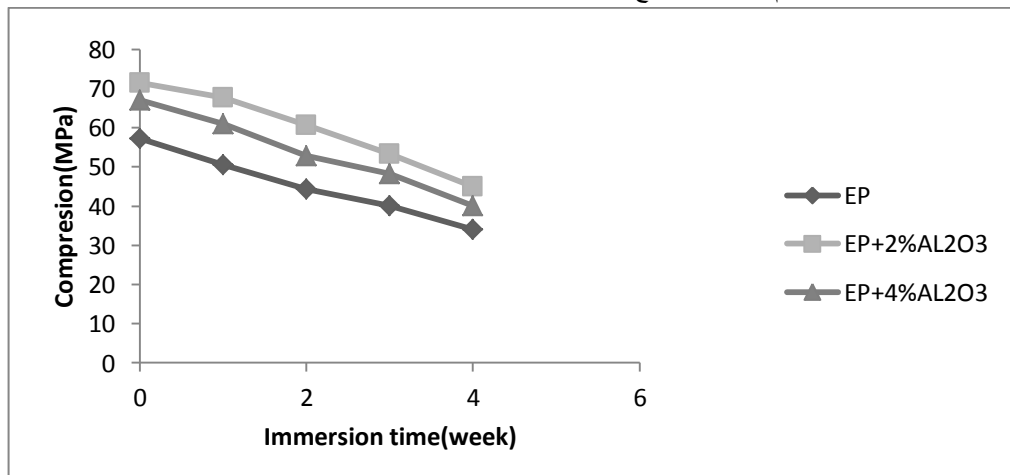
٢- تأثير الغمر على المحاليل: من ملاحظة الاشكال (١٢، ١٣، ١٤) يتوضح لنا ان جميع النماذج قد ابدت انخفاض ملحوظا في قيم مقاومة الانضغاط وينسب متفاوتة من نموذج لاخراد كان تأثير القاعدة (KOH) ذي عيارية (N ٠,٥) اكثر من بقية المحاليل، وهناك عدة مشاكل تصاحب اختبار مقاومة الانضغاط ومنها [18]:

١- صعوبة تسليط حمل محوري لصعوبة ضبط المركزية.
٢- محدودية التمدد الجانبي بسبب القوى الاحتكاكية عند السطح البيني الساندات(الضاغطات) ونهايتي العينة والتي تعطي العينة شكل البرميل.

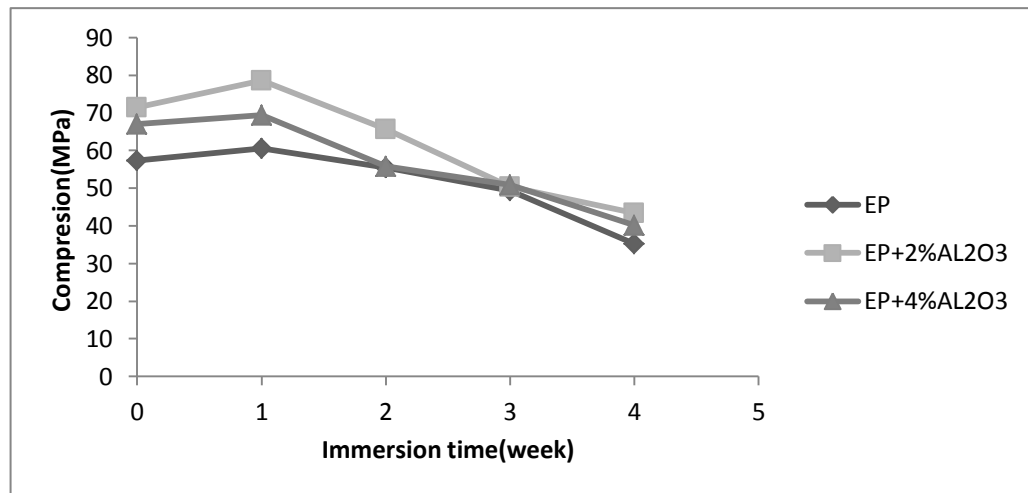
٣- ميل الصفيحة للتحذب تحت الحمل ، ويتم التغلب على هذا النوع من التغيير أنضغاطي وبمقدار كبير باستخدام عينات ذات نسبة طول إلى قطر لايتجاوز ١:٣ .



الشكل 12- العلاقة بين قيم الانضغاطية مع الفترة الزمنية للغمر بالماء.



الشكل 13- العلاقة بين قيم الانضغاطية مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول القاعدي



الشكل 14- العلاقة بين قيم الانضغاطية مع الفترة الزمنية للغمر بالمحلول الحامضي.

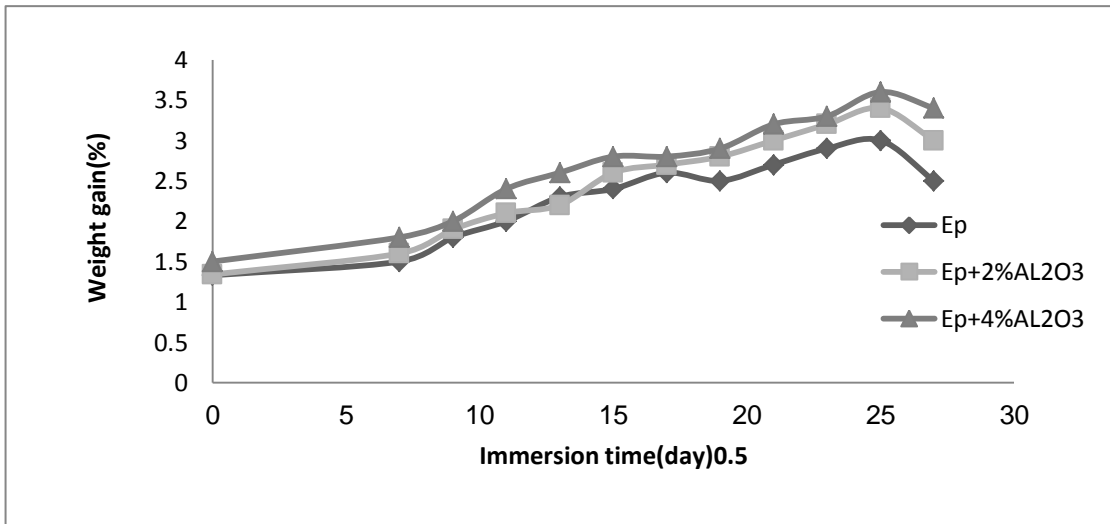
٥- حساب معامل الانتشارية:

من قانون فك الثاني للانتشار (الذي يصف الانتشار في الحالة غير المستقرة اي ان التركيز يتغير مع الزمن) وحسب العلاقات المذكورة سابقاً تم حساب معامل الانتشار لجميع النماذج المغمورة في (الماء) وفي المحلول الحامضي (CH_3COOH) والمحلول القاعدي (KOH) وكما هو موضح بالجدول-1 [11].

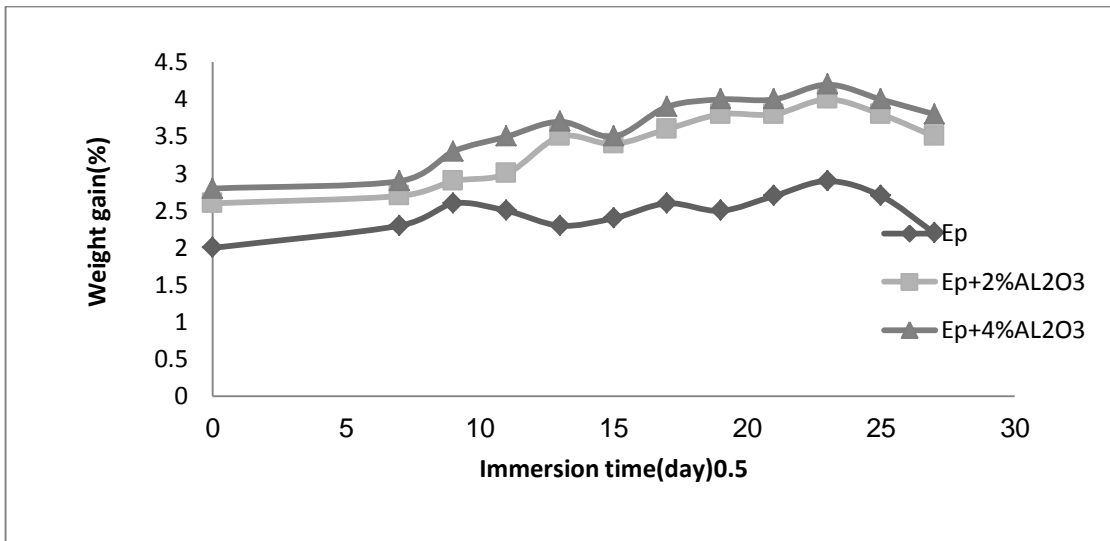
الجدول 1- يوضح قيم معامل الانتشار بعد الغمر بالماء والمحاليل الكيميائية.

نوع المادة	معامل الانتشار ($\text{D} * 10^{-13} \text{m}^2/\text{sec}$)		
	غمر ماء	غمر في حامض الخليك (CH_3COOH)	غمر في هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)
EP	0.424	3.29	4.4782
EP+AL ₂ O ₃ (2%)	0.846	3.64	6.912
EP+AL ₂ O ₃ (4%)	0.5348	3.911	7.032

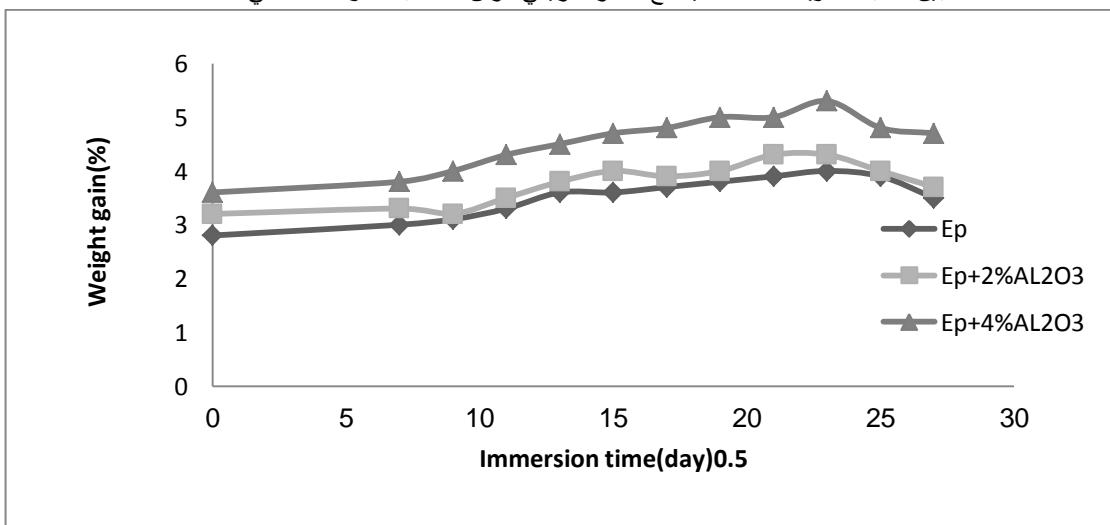
من ملاحظة الاشكال (15,16,17) نستنتج ان غمر النماذج في المحاليل ادى الى حصول نقصان في قيم معامل الانتشارية ولوحظ ان اعلى قيمة لمعامل الانتشارية كانت بالنسبة للعينات ($\text{EP}+4\% \text{AL}_2\text{O}_3$) المغمورة في KOH والتي كانت اعلى من بقية المحاليل والسبب في ذلك يعود ان استخدام الدقائق النانوية ذات الحجم الصغير جدا (نانوي) ادى الى تغلغل الدقائق النانوية الى داخل المادة الاساس وتحسين خصائصها وهناك عدة عوامل تؤثر في حساب معامل الانتشارية منها الفترة الزمنية للغمر ونوع المحاليل الكيميائية ونوع مادة الاساس ومادة التدعيم المستعملة. أما قيم معامل الانتشارية للماء فكانت اقل قيم مقارنة بالحامض والقاعدة والسبب في ذلك هو ان الماء له تأثير مهم جدا عند منطقة السطح البيني حيث إنه يتسبب في إضعاف المادة الاساس على طول فترة التعرض، وان انتشار الماء في المادة البوليمرية يؤدي الى حدوث تغيرات للمادة مثل التلدين (Plasticizer) والتشققات (Cracking) والتحلل المائي (Hydrolysis) [19].



الشكل 15- العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التريبيعي للزمن للغمر بالماء.



الشكل 16- العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التريبيعي للزمن للغمر بالمحلول الحامضي.



الشكل 17- العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التريبيعي للزمن للغمر بالمحلول القاعدي.

الاستنتاجات :

- ١ - بشكل عام تظهر المترابكات البوليمرية المدعمة بدقائق نانو الومينا معظم الخصائص جيدة مثل متانة الانحناء ومتانة الصدمة والصلادة وعليه نستنتج ان اضافة مادة نانوية الى المادة الاساس تعمل على ان تكون المادة اكثر تراس وفجوات قليلة بين جزيئات المادة الاساس مما يجعل المادة اكثر قوة ومتانة وعمر اطول وتعمل على زيادة الكفاءة الانتاجية .
- ٢ - انخفضت قيم مقاومة الانضغاط مع زيادة النسبة الوزنية لمادة التدعيم وذلك لوجود العيوب .
- ٣ - تُبين النتائج ان الغمر في المحاليل الكيميائية تؤثر في جميع الخصائص الفيزيائية والميكانيكية نتيجة لتغلغل المحلول الكيميائي داخل المادة الاساس والسطوح البينية بين المادة الاساس ومادة التدعيم (نانو الومينا) يلاحظ ان معامل الانتشار للمحلول القاعدي اكثر من المحلول الحامضي والماء.

المصادر

1. James ,N. and Youssef, H . **2013**. Surface modification of inorganic nanoparticles for development of organic–inorganic nanocomposites. *Journal of Nanomaterials* , 38 , pp:1232-1241.
2. Weeton ,J .and Karyn L.T. **1987**. *Engineering Guide to Composite Material*, Published by American society for Metals ,U.S.A.,.
3. Kakani, S, L. and Kakani, A. **2004**. *Material Science*. New Age International LTD, Publishers, pp: 591-596.
4. H.Hung –yang &C.Chin . **2008**. Novel Reactive Compatibilization Blend . *Journal applied polymer science*, 32,pp :234-244.
5. Ratput ,R. . **2004**. *Engineering Material*.2nd ,Company LTD.
6. Martin , K . and Tsai, C. **2004** . Composite Renforced by Nano-Size SiO₂&AL₂O₃Particulate. *National Institute of Standards and Technology*, 20 , pp :861-872.
7. Ya-Ping, Z .and Qain ,J. **2009**. Influence of High Content Nano- AL₂O₃ on the properties of Epoxy Resin Composite. *Polymer plastic Technology & Engineering*, 48, pp :384-388.
8. Cheng, Z . and Chin .S. **2010**. Mechanical and Fracture Behaviors of Elastomer-Rich Thermoplastic Polyolefin/ Nanocomposites . *Journal of Nanomaterials*, 4,pp: 567-578.
9. Emad ,A . **2010**. Effect of Chemical solution on Mechanical Properties of Epoxy Composite Reinforcement with Glass.*Eng. & Tech. Journal*, 28(9), pp :455-460.
10. Ali, H. and Salam ,H. **2010**. The Effect of Temperture & Chemical solution on Elasticity Modulus Of Hubrid Composite materials. *Eng. & Tech. Journal*, 28 (23),pp: 234-240.
11. Johne,C.**1985**. *Polymer Permeability*. Elsevier Applied Science Publishers LTD.
12. Marcovich,s . **2003** . Effects immersion time on some Mechanical properties of Epoxy Composites .*Journal of Applied Polymer since*. 9, pp: 2775-2784.
13. Raman, P. and Mikhail, K . **2010**. Environmental Degradation and Durability of Epoxy- Clay Nanocomposites. *Journal of Nanomaterials*,20 ,pp :256-261.
14. Ribbion ,M. and Taveres,S .**2007**. Chemical resistance of epoxy and polyester at acid and salt. *Journal of polymer* , 24,pp:174-183.
15. Brent, S. **2000**. *Plastic Materials and Processing*. 2nded , Brigham Young University.
16. Curtue,V. **2009**.The effect of the immersion time in mechanical behavior of the composite materials reinforcement glass. *Journal of Applied Polymer since* , 8,pp: 201-211.
17. Sapuan,M. and Maleque,,A .**2003**. Mechanical properties of Epoxy/Coconut Shell Particles Composites. *The Arabian Journal for science and Engineering*, 28 ,pp :480-490.
18. Awohm,M.H. , **2006**. Development and Study of blend-Base polymer Composites.,Ph.D Thesis,School of Applied Science,Unviersity of Technology , Baghdad, Iraq.
19. camelia ,A,P . **2008**. Effects of the Long-Time Immersion on the Mechanical behavior in case of some E-glass resin composite material .*Journal of Engineering and Applied science*,3, pp:2521-2531.