

Study of the Diffusion Coefficient and Hardness for a Composite Material when Immersed in Different Solutions Polymer

S.H. Aleabi

Ibn AL- Haitham College, Department of Physics, University of Baghdad.
Email;Suad_hammed@yahoo.com

H.G. Attiya

Ibn AL- Haitham College, Department of chemistry, University of Baghdad.

A.W. Watan

Ibn AL- Haitham College, Department of Physics, University of Baghdad.

Received on 6/4/2017 & Accepted on 13/9/2017

Abstract

In this research, a hybrid composite material was prepared of epoxy as a matrix, and reinforced by iron (Fe) powder and iron oxide (Fe_2O_3) powder with a weight fraction 30%.

The composite material was prepared by the lay-up method. It was studied may tests involves absorption test to find diffusion coefficient for the composite material after the immersion it in sometime specific time (3) weeks in different chemical solution as ($H_2O, HNO_3, NaOH$) concentration (0.1N) and the hardness test measure before and after immersion.

When increase the immersion time and the result showed the high diffusion in the water (0.839) and (0.288) in the solution (HNO_3) and (0.237) in the solution of ($NaOH$).

Key words:- Hardness, Diffusion Coefficient, iron oxide.

دراسة معامل الانتشارية والصلادة لمادة متراكبة بوليمرية عند غمرها بمحاليل مختلفة

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير مادة متراكبة هجينة ذات أساس بوليمري وهو الايبوكسي، وقد تم تدعيم المادة الأساس بالحديد (Fe) واوكسيد الحديد (Fe_2O_3) وبكسر وزني 30%. تم تحضير المادة المتراكبة بطريقة القولبة اليدوية حيث أجريت اختبارات عديدة كلا على انفراد منها اختبار الامتصاصية لحساب معامل الانتشار للمادة المتراكبة بعد غمرها ولفترة زمنية امتدت ثلاثة أسابيع في محاليل كيميائية مختلفة مثل ($H_2O, HNO_3, NaOH$) وبتركيز عياري مقداره (0.1N) كما تم إجراء اختبار الصلادة قبل وبعد الغمر بالمحاليل المختلفة حيث أظهرت النتائج انخفاض في قيمة الصلادة (67.2) للماء و(66.45) للمحلول الحامضي و(67.1) للمحلول القاعدي. بعد الغمر في جميع المحاليل المستعملة كما أظهرت النتائج أن أعلى قيمة لمعامل الانتشار كانت في الماء المقطر (0.839) يليها المحلول الحامضي (0.288) ومن ثم المحلول القاعدي بمعامل انتشار (0.237).

الكلمات المفتاحية: -الصلادة، معامل الانتشار، اوكسيد الحديد.

1. المقدمة

تختلف البوليمرات عن المواد الفلزية والسيراميكية بقابليتها على امتصاص الماء والمحاليل ولذلك توجد صعوبات احيانا عند صنع حاويات لحفظ المحاليل في هذه المواد [1] ان الغرض من دراسة موضوع تحلل البوليمرات ومتراكباتها في المحاليل الحامضية والقاعدية والملحية هو للتعرف على تأثير السوائل المختلفة عليها.

وبصورة عامة وجد ان تأثير التحلل في البوليمرات ومتراكباتها يتخذ أشكال مختلفة نذكر منها ما يأتي

1. انتشار المحاليل بمختلف انواعها خلال البوليمر مما يؤدي الى ظاهرة الانتفاخ (Swelling)
2. انحلال (Dissolution) البوليمر في المحاليل المختلفة عند غمرها بها نتيجة حدوث ظاهرة المحج البوليمري (Desorption) [2].

ان نفوذ المحاليل داخل المتراكب يسلك طرقا متعددة حتى عندما تكون المادة الاساس من النوع المقاوم للرطوبة فينتقل المحلول عن طريق:

1. السطح البيئي Interface ما بين المادة الاساس والمادة المدعمة بطريقة الخاصية الشعرية.
2. الشقوق المتصلة داخل المادة والمناطق الضعيفة الترابط ما بين المادة المدعمة والمادة الاساس. [3]

2. الجزء النظري:-

ان عملية الانتشار (Diffusion) تعرف على أنها العملية التي بواسطتها تنتقل المادة من موقع الى آخر في الوسط الناقل نتيجة الحركة العشوائية للذرات او الجزيئات ويحصل الانتشار فيزيائيا نظرا لكون الجزيئات في الحالة السائلة في حالة حركة مستمرة فان ذلك يؤدي الى نشوء ظاهرة الانتقال أو الانتشار الجزيئي وهذا ما عبر عنه العالم فك بقانونه الأول للانتشار (Ficks' law of diffusion) وينص على أن معدل انتشار الذرات في المادة يمكن قياسه بوساطة التدفق (J) (flux) الذي يعرف بأنه عدد الذرات المنتشرة عبر وحدة المساحة في وحدة الزمن وكما يأتي [1].

$$J=-D[dc/dx].....(1)$$

J= يمثل تدفق الجزيئات Flux of molecules بوحدة (atoms\cm².sec)
D:معامل الانتشار Diffusion coefficient (m²\sec)
dc/dx: تدرج الجزيئات بوحدة (atoms\cm².sec)

قانون فك الاول يطبق للانتشار في الحالة المستمرة بمعنى ان التركيز لا يتغير مع الزمن [1] ويمكن حساب معامل الانتشار (D) من العلاقة بين الريح بالوزن مقابل الجذر التربيعي للزمن والذي يحسب من قانون فك الثاني كالآتي:-

$$D= \pi [Kb/4M_0]^{2}.....(2)$$

حيث b:سمك العينة

K: ميل الجزء الخطي من المنحني بين الريح بالوزن مع الجذر التربيعي للزمن

M₀: المحتوى المائي عند الوصول الى حالة الإشباع (اعلي قيمة للريح بالكتلة) (gm)

للعينات الموضوعة في المحاليل التي تم ذكرها تتم باستخدام Weight Gain% ولغرض حساب النسبة المئوية للريح بالكتلة [1]العلاقة الآتية

$$\text{Weight Gain}\% = M_1 - M_0 / M_0 \times 100\%.....(3)$$

M₀:- كتلة العينة قبل الغمر مقاسة ب (gm)

M₁:- كتلة العينة بعد الغمر مقاسة ب (gm)

لقد لاقت دراسة تأثير الغمر بالماء والمحاليل المختلفة اهتماما من قبل العديد من الباحثين لان استقراريه مواصفات البوليمر أمر مهم لاستخداماته المتعددة في مختلف المجالات الصناعية [4، 5]

ومن ضمن الدراسات ما بين مدى التغير الحاصل في راتنج الايبوكس بعد غمره في الماء ومحاليله الحامضية والقاعدية مثل (Hcl , NaoH) فقد لوحظ من خلال الادبيات السابقة مدى تغير الوزن واللون واختفاء البريق الذي كانت تمتلكه العينات قبل الغمر [6]

كذلك من ضمن الدراسات ما قام به الباحثين سلمى وجماعته [7] من دراسة تأثير الغمر بالماء على معامل المرونة والصلادة للبولي اثيلين عالي الكثافة المدعم بألياف الزجاج حيث أظهرت الدراسة انخفاض في قيمة الصلادة بعد الغمر ويزداد الانخفاض بزيادة مدة الغمر في الماء.

تهدف هذه الدراسة الى التعرف على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لراتنج الايبوكس المدعم بالحديد واوكسيد الحديد كما تهدف الدراسة إلى التعرف على تأثير الغمر بالماء والمحاليل الحامضية والقاعدية على خواص المادة المترابطة لكونها احد أهم عوامل البيئة المهمة المؤثرة فيها بشكل مباشر.

3. الجزء العملي**المواد المستعملة في البحث****المادة الأساس**

المادة الأساس المستعملة في البحث هي راتنج الايبوكسي نوع (Ep) (POIYPRIME) والمصنع من قبل شركة TURKUAZ POLYESTER، (KISIİK)، DokumTipIpoly STER، ومن أهم مواصفاته لزوجته الواطئة والتصاقية عالية وإمكانية خلطه مع مواد التدعيم بصورة جيدة لحين الوصول إلى التشبع التام ما بين المادة الأساس ومادة التدعيم أما المصلد المستعمل فهو ميتا فينيلين داي امين (MPDA) وهو مادة سائلة خفيفة القوام ذات لون شفاف يضاف المصلد الى الراتنج بنسبة (3:1) ويحدث بينهما التفاعل عند درجة حرارة الغرفة وهو من نوع تفاعل الإضافة (Assition Reaction) .

مواد التدعيم

1. الحديد: يعد الحديد من أقدم المعادن اكتشافاً رمزه (Fe) والحديد المستخدم في البحث المصنوع من قبل شركة (MASS-Group Holding) من أهم مواصفاته الصلادة العالية حيث تزداد صلادته بزيادة محتوى الكربون ويتميز الحديد بلون فضي يتأكسد في الهواء وتبلغ كثافة الحديد (7.874 gm/cm^3).
2. أوكسيد الحديد: - هو مسحوق بلوري بني محمر وهو المكون الأساسي للصلدأ وتبلغ كثافته (5.24 gm/cm^3) وصلبته الكيميائية Fe_2O_3 ، نقطة انصهاره (1566°C).

تحضير المادة المترابطة

تم تحضير المادة المترابطة باستخدام طريقة (القولبة اليدوية) واستعمل راتنج الايبوكسي كمادة أساس حيث تم اضافة المادة المصلدة اليه وتم خلطهما معا بواسطة قضيب زجاجي وبصورة تدريجية لضمان عدم تكون الفقاعات بعد ذلك يتم اضافة الحديد واو كسيده بالتدريج مع الخلط المستمر بالقضيب الزجاجي الى ان يحدث التجانس بينهما. بعدها تم صب الخليط في قالب المصنوع من الحديد المغلوق بأبعاد ($15 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$) وبسمك (1 cm) وبعد (24) ساعة تم استخراج المصبوبة من القالب ثم بعد ذلك تتم عملية المعالجة (curing) بدرجة حرارة (50°C) ولمدة ثلاث ساعات وذلك لإتمام التفاعلات الكيميائية ولتقليل الاجهادات الداخلية المتكونة أثناء عملية التصلب. وبعد ذلك تم تقطيع العينات حسب المواصفات الخاصة بالاختبارات المراد إجراؤها ومن ثم غمرت النماذج المقطعة في المحاليل الكيميائية (الماء، حامض النتريك، هيدروكسيد الصوديوم) وبمعيارية واحدة لجميع المحاليل المستخدمة وكانت مدة الغمر (3) أسابيع كاملة علما انه تم استخدام كسر وزني (30%) بعد ان تم حسابه من العلاقة التالية [8]:-

$$\Phi = W_f/W_c \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

$$W_c = W_f + W_m \dots \dots \dots (4)$$

حيث ان :-

(Φ) الكسر الوزني

(W_c, W_m, W_f) :- كتلة المادة المدعمة ، المادة الأساس ، والمادة المترابطة على التوالي .

الأجهزة المستعملة في البحث

1. الميزان الالكتروني والذي يتحسس لأربع مراتب عشرية حيث ان وزن العينات قبل الغمر (W_i). تم تغطيس العينات في قناني زجاجية حاوية على الماء المقطر او حامض النتريك او المحلول القاعدي هيدروكسيد الصوديوم وكانت مدة الغمر (3،2،1) أسابيع وبدرجة حرارة الغرفة مع مراعاة غلق فوهات القناني بشكل محكم للحد من ظاهرة التبخر. ومن ثم أخرجت العينات بعد مرور الفترة الزمنية المحددة وتم وزنها بعد الغمر (W_2). وتم إجراء اختبار الصلادة للعينات المستخرجة وكذلك تم حساب النسبة المئوية للامتصاصية (زيادة بالكتلة) باستخدام العلاقة (3) ومن العلاقة (2) تم حساب معامل الانتشار (D) للنماذج المغمورة في الماء والمحاليل المختلفة وتم إعادة الخطوات السابقة للأسبوع الثاني والأسبوع الثالث على التوالي .

2. جهاز اختبار الصلادة

تم استخدام جهاز (Durometer hardness) نوع (shore-D) في إجراء اختبار الصلادة باستخدام أداة غرز نقطية وتغلغل أداة الغرز النقطية داخل سطح المادة تحت تأثير حمل معين يؤدي الى ظهور الرقم على شاشة الجهاز وان هذه الأرقام هي مقياس لمقدار الخدش لسطح المادة surface indentation.

4. النتائج والمناقشة

1. اختبار الامتصاصية

إن معدل امتصاصية الماء والمحاليل الكيميائية وكميتهما الممتصة من قبل المادة المترابطة تعتمد على عدة عوامل منها التركيب الكيميائي للراتنج، عامل الترابط التشابكي، ومدى الترابط وقوة الالتصاق لمواد التدعيم مع الراتنج المستعمل، أي كفاءة السطح البيني. ان المحاليل النافذة الى المادة المترابطة تسبب تغيرات في الإبعاد مولدة بذلك اجهادات داخلية وينتج عنها هبوط في اغلب الخواص الميكانيكية [10].

من الشكل (1) التي توضح العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية (الربح بالوزن) ((Weight gain وبين الجذر التربيعي لزمان الغمر بالمحاليل المختلفة. يلاحظ من الشكل ان وزن النماذج يزداد مع زيادة زمن الغمر ويعود ذلك الى حقيقة ان المادة البوليمرية عندما تكون في حالة تماس مباشر مع سائل واطى الوزن الجزيئي فان جزيئات السائل سوف تحاول المرور سريعا خلال مادة الأساس مبتدئة بملء الفجوات والفراغات الموجودة بين عناصر التركيب فوق الجزيئي بوساطة ميكانيكية الشقوق المايكروية الموجودة ضمن البنية التركيبية للمادة الأساس وان تحلل المادة الأساس المكونة للمادة المترابطة سوف تعمل على تحطيم وفك الروابط البنينية بين المادة المدعمة والمادة الأساس وبذلك تكون هذه المناطق مراكز يتغلغل من خلالها السائل داخل المادة المترابطة [9]. وقد تم حساب الامتصاصية لوحدة المساحة مع الجذر التربيعي للزمان لجميع العينات المغمورة في الماء والمحلول الحامضي والقاعدي الذي يوضحه الشكل (2) .

ومن الجدول (1) الذي يعطي قيم معامل الانتشار في الماء والحامض والقاعدة يلاحظ ان اعلى انتشارية كانت في الماء المقطر (0.839) يليها المحلول الحامضي واقل انتشارية كانت في المحلول القاعدي (0.237) ويعزى السبب في كون اعلى انتشارية كانت في الماء حيث ان تأثير الماء عند منطقة السطح البيني يكون مهما جدا حيث انه يتسبب في إضعاف المادة الأساس على طول فترة التعرض وذلك لأنه يحل محل المادة الأساس في هذه المنطقة إذ إن انتشار الماء في المادة البوليميرية يؤدي الى

حدوث تغيرات المادة مثل التلدين والتشققات والتصدع او التحلل المائي اذ يعد الماء سائلا اعتياديا الا انه يكون اكثر تعقيدا في التركيب والسلوك من الملدنات العضوية المستعملة لتحسين الخصائص حيث ان معظم البوليمرات لا تذوب في الماء وانما تمتص بنسبة معينة منه وبالاعتماد على درجة الامتصاص فان خصائص البوليمر ربما تتأثر بدرجة كبيرة او اقل. [11]

اختبار الصلادة

يمكن تعريف الصلادة بانها مقياس لمقاومة المادة للخدش والتآكل والبلى [4]. إن خاصية الصلادة ليست من الخصائص الأساسية للمادة ويمكن ان تعرف بأكثر من طريقة فمثلا تعرف بانها مقاومة المواد للقشط او مقاومة المواد للتشوهات. وتكون المادة ذات صلادة عالية عندما يكون من الصعب عمل غرز او خدش في سطح المادة [12].

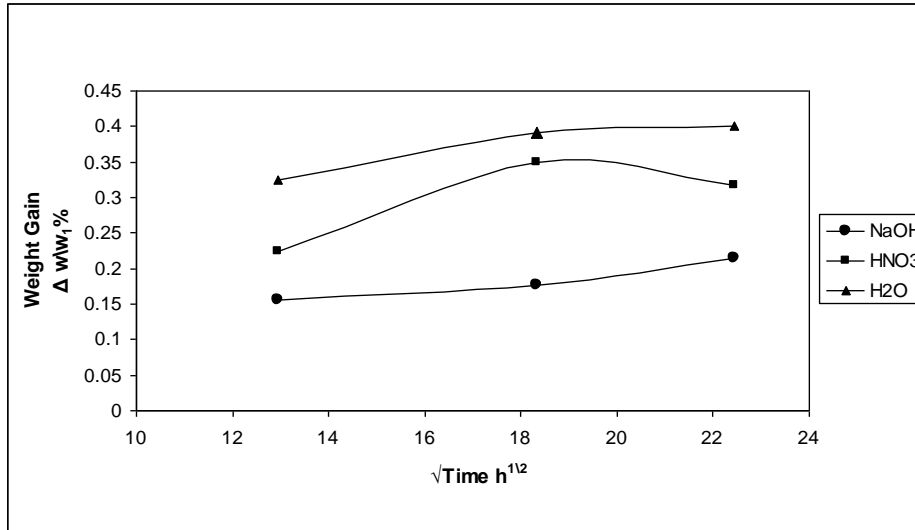
من الشكل (3) الذي يوضح علاقة تأثير زيادة فترات الغمر بالمحاليل المختلفة على صلادة العينات المحضرة، حيث يلاحظ انه بزيادة زمن الغمر انخفضت قيم الصلادة للعينات. ويعود السبب في ذلك إن امتصاص الماء والمحاليل من قبل المادة المترابكة أدى إلى زيادة ليونة المادة، حيث ان امتصاص السوائل ممكن ان يؤدي الى تلدين المادة الأساس نتيجة لتحطم قوى فان در فالز ما بين سلاسل البوليمير، أي انه يقلل من حاجز الطاقة لحركات أجزاء السلسلة ويمكن ان يعزى السبب في ذلك الى انه عندما تتعرض المادة المترابكة للمحاليل الكيميائية سوف يؤدي الى انتشارها في المادة الأساس وخصوصا في الفجوات التي تكونت أثناء عملية القولبة وبذلك ينتج عنها عمليات الامتصاص والتفاعل الكيميائي وفي النهاية إحلال المادة المترابكة [13].

الاستنتاجات

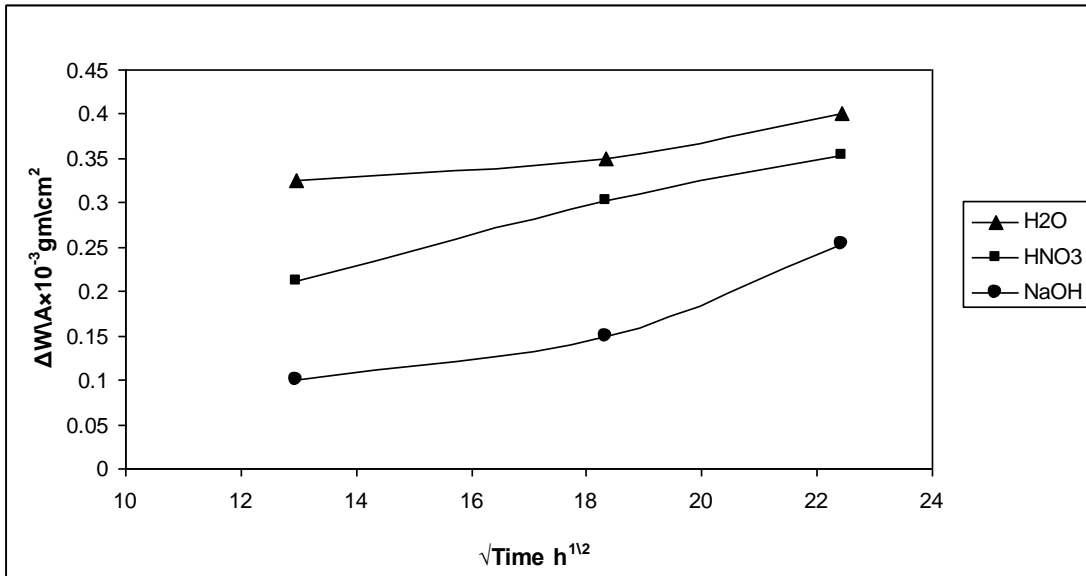
- 1- اعلی قيمة لمعامل الانتشار كانت في الماء المقطر يليها المحلول الحامضي واقل انتشارية كانت للمحلول القاعدي .
- 2- انخفاض في قيمة الصلادة بعد الغمر بالماء والمحاليل الكيميائية وزيادة مقدار الانخفاض بزيادة فترة الغمر .

جدول (1) قيم معامل الانتشار للمادة المترابكة الهجينة عند غمرها في الماء والمحلول الحامضي والقاعدي

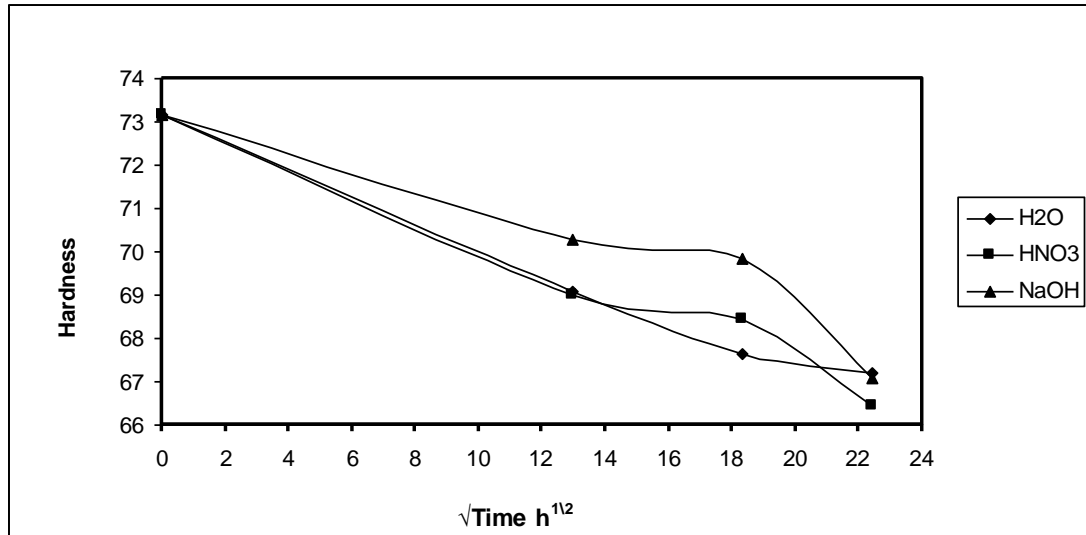
المادة المترابكة	معامل الانتشار $\text{sec}^{-1} \times 10^{-12} \text{m}^2$		
	H ₂ O	HNO ₃	NaOH
Ep+Fe+Fe ₂ O ₃	0.839	0.288	0.237



شكل (1) يوضح العلاقة بين النسبة المئوية المنوية للامتصاصية (weight gain) مع الجذر التربيعي للزمن للنماذج المغمورة في الماء والمحلول الحامضي HNO₃ والمحلول القاعدي NaOH



شكل (2) يوضح العلاقة بين الامتصاصية لوحدة المساحة مع الجذر التربيعي للزمن للنماذج المغمورة في الماء HNO₃ والمحلل الحامضي NaOH والمحلل القاعدي



شكل (3) يوضح العلاقة بين الصلادة قبل وبعد لغمر في الماء والمحلل الحامضي (HNO₃) والمحلل القاعدي (NaOH) للنماذج المستعملة في البحث

References

- [1]. J. Comyn, "Polymer Permeability," Elsevier Applied Science publishers LTD, London and New York, 1985.
- [2]. A. Apicella, C. Migliaresi, C. Nicodemo, L. Nicolais, L. Iaccarino and S. Reccotelli, "The Water Ageing of Unsaturated Polyester- Based Composites Influence of Resin Chemical Structure," Vol. 13, No. 4, 406-410, 1982.
- [3]. R.S. Mathis, J.L. Ferracane "Properties of Aglass-Ionomer/Resin-Composite Hybrid Material," Composite, Vol. 5, Issue 5, 355-358, 1998.
- [4]. M.D. Bajjal, "Plastic Polymer Science & Technology," John Wiley & Sons, New York, 1982.
- [5]. انا، تاكر، ترجمة د. اكرم محمد عزيز، الكيمياء الفيزيائية للبوليميرات، جامعة الموصل (1980).
- [6]. J.R. The aK Kar, R.D. Patel and R.G. Patel, Brickie and Sons, London, 1944.
- [7]. سلمى محمد حسن، عفاف فاضل سلطان، نادية محمد حسن، "دراسة تأثير الغمر بالماء على معامل المرونة والصلادة لمترابك بوليميري من البولي اثيلين عالي الكثافة"، المجلد 17، العدد (1) 2014، pp (15-23).

- [8]. Hull. D. "An Introduction to Composite Materials," 1st ed., Cambridge University Press, U.K., 1981.
- [9]. Dewimille B & Bunsell A.R, "Effect of Hydrostatic Pressure on the Water Absorption of Slass Fiber – Reinforced Epoxy Resin Composite," Journal of Materials Science Technology Vol. 14, No. 1, pp. 35-40,1983.
- [10].Raghad, H.M. Al-Janabi "Studying the Effect of Weathering Condition on some Properties of Epoxy Composites," M.Sc.Thesis Department of Applied Sciences, University of Technology, 2004.
- [11].J. Comyn, "Polymer Permeability," Elsevier Applied science publishers, LTD, London and New York, 1985.
- [12].Vemon John, "Testing of Materials," Hong Kong, press, 1992.
- [13].Van Den.K Abeele, "Mechanical Properties of Corroded E-Glass Reinforced Polyester Campsites," Vol. 19b, pp. 1359-1366, 1999.