

دراسة الخصائص الميكانيكية لمادة متراكبة دقائقية مبنية على أساس (خليط بوليمري)

د. بلقيس محمد ضياء* و أحمد ستار جبار*

تاريخ التسلم: 2010/4/7

تاريخ القبول: 2011/1/5

الخلاصة

تضمن البحث تحضير خليط بوليمري من راتنج الايبوكسي مع مطاط (Nitride Butadiene Rubber NBR) بنسب مختلفة % (10 – 90)، % (20 – 80)، % (30 – 70)، % (40 – 60) و تم تعيين النسبة الأفضل من خلال حساب متانة الصدمة التي دالة لمتانة المادة و اعتماد هذه النسبة لتدعيمها بمساحيق سيراميكية من السيليكا و الالومينا و بنسبة حجمية مقدارها % (20). تم دراسة خاصية الصدمة، و البلى الالتصاقية، و الصلادة بعد غمرها المحلول الحامضي و الماء و لفترة (12) أسبوعاً. أظهرت النتائج إن الخليط المدعم بالسيليكا يمتلك أفضل الخصائص في الظروف الاعتيادية بالمقارنة مع النماذج الأخرى، و إن المحلول الحامضي كان أكثر تأثيراً على النماذج من الماء.

Study of The Mechanical Properties For Particulate Polymer Blend Composite

Abstract

This research involves using epoxy resin and (Nitride Butadiene Rubber NBR) to form a blend with different resin ratios (90 – 10)%, (80 – 20)%, (70 – 30)%, and (60 – 40)% to achieve better ratio for impact strength as a function of better toughness; then reinforced with SiO₂ and Al₂O₃ powders with (20%) volume fraction. Mechanical properties were studied including impact strength, wear resistance, and hardness before and after immersion in water and HCl (0.5N).

Results showed that the composite (epoxy+NBR+SiO₂) had better properties compared with blend and Al₂O₃ composite. Also the acid solution had affected then properties more than water. All impact and wear and hardness decreased after immersing in solution.

Keywords: NBR, polymer blend, wear, impact.

المقدمة والجزء النظري

دخلت الخلائط البوليمرية الاستخدامات الصناعية و بشكل كبير للأعوام المنصرمة، نظراً لما تمتلكه من خصائص جيدة من مقاومة المحاليل و الكلفة البسيطة و سهولة التحضير. إن نسب الخلط للبوليمرات مع

بعضها أو مع الملدنات تؤدي إلى ما يعرف بالخلائط البوليمرية و التي تعرف على أنها ناتج متكون من مزج نوعين من البوليمرات أو أكثر لإنتاج مكون ذو خصائص مشتركة

الدقائق و كيفية توزيعها في المادة الأساس و على منطقة السطح البيني و التأصر الكبير ما بين المادة الأساس و الدقائق.

تعتمد الخاصية النهائية على الكسر الحجمي و العلاقة التي تحدد فيه هذا الكسر الوزني و كما يلي:

$$\phi = \frac{1}{1 + \frac{1 - \phi}{\phi} * \frac{\rho_f}{\rho_m}}$$

حيث أن:

ϕ : الكسر الحجمي للدقائق في المادة المتراكبة.

ϕ : الكسر الوزني للدقائق في المادة المتراكبة.

ρ_f : كثافة الدقائق.

ρ_m : كثافة المادة الاساس.

كلما نقص الحجم الحبيبي للدقائق المستخدمة كلما زاد ذلك من خاصية التأصر و أصبحت المادة تملك خصائص أفضل نظراً للاتصاقية العالية مع المادة الأساس و ضمان توزيعها المتناظر خلال المادة [6]. خاصةً إذا ما عرفنا أن معظم الدقائق المضافة هي سيراميكية مما يضيف إلى المادة جساءة عالية و متانة و مقاومة لدرجات الحرارة.

تعتبر السيليكا من أهم المواد الكيميائية اللاعضوية و التي تمتلك مساحة سطحية جيدة، و صلادة عالية، و متوفرة، و رخيصة الثمن و كذلك الحال بالنسبة للألومينا النقية و التي تمتلك خصائص جيدة و مقاومة للبلى و تعطي المادة سطحاً متماسكاً و لماعاً.

الجزء العلمي:

(1 - 2) المواد المستعملة

(1 - 1 - 2) راتنج الايبوكسي

هو عبارة عن سائل لزج له قابلية التصاق عالية من نوع (Conbextra Ep 10) يتمتع بكثافة مقدارها (1.35gm/cm³) يتحول الى الحالة الصلبة بعد اضافة مصلد (Hardener) من نوع (MPDA) بنسبة

بين خصائص مكوناته الأساسية، وهذا يعتمد على نسبة الخلط و نوع البوليمرات المستعملة [1].

هذا و قد أجريت العديد من البحوث الخاصة بدراسة الخصائص بعد الخلط و منها معدل البلى عند السرعة الانزلاقية الواطئة، حيث يكون معدل البلى عالياً و يزداد بزيادة السرعة إلى حدود معينة [2]. و قد درس الباحث (Chand F. Naik) معدل البلى لخليط البولي بروبلين و البولي أثيلين تيرفتالايت [3].

تمتلك معظم الخلائط البوليمرية خصائص ميكانيكية ضعيفة تعود إلى عدم التوافق أو حدوث فصل في الأطوار [4]. و هذا يعطل وجود نوعين من الخلائط البوليمرية (المتجانسة و غير المتجانسة Miscible and Immiscible blends).

نظرية فلوري - هايكز

إن المعاملة الحرارية لأطوار الخلائط البوليمرية تفسرها نظرية تدعى (فلوري - هايكز) بموديلها البسيط و التي تعطي القيم مهمة للخلائط البوليمرية من خلال المعادلة:

$$\Delta G = RTV_2x_1x_2\phi_1\phi_2$$

حيث إن R , T , V_s , ϕ هي ثابت الغاز العام المثالي، و درجة الحرارة، و الحجم المولي للنظام، و الكسر الحجمي للمكونات على التوالي، و العامل x_{12} حالة الانتروبي.

تعرف المادة المتراكبة بأنها حالة لمادة مكونة من مادتين أو أكثر يدخل فيها طور ثالث هو السطح البيني و هو مزج فيزيائي للمادة الأساس مع المادة المقوية لتحسين الخصائص الميكانيكية و الحرارية للمادة الناتجة، اعتماداً على طريقة التحضير و نوع التقوية و الكسر الحجمي [5].

المواد المتراكبة المدعمة بالدقائق

أصبحت للمواد المتراكبة الدقائقة تطبيقات و استخدامات شتى في كافة مجالات الصناعة و تطبيقاتها لما تتمتع به من مواصفات ميكانيكية و فيزيائية جيدة بالإضافة إلى كلفتها الواطئة بالمقارنة مع السبائك و المواد الأخرى. تعتمد الخواص النهائية لهذه المواد على حجم و شكل

يصب المزيج في القالب و يترك الخليط لمدة (24) ساعة لضمان تبخر المذيب (الثئر) و تصلد الخليط البوليمري و ضمان تجانسه. بعدها يوضع في الفرن لإتمام المعالجة الحرارية (Curing Temperature) و بدرجة $^{\circ}\text{C}$ (50 – 60).

تقطع النماذج لاختبار الصدمة (Impact Test, Charpy Type) بالابعاد القياسية للفحص، بعدها تفحص النماذج المحضرة لاختبار النسبة التي تحقق أفضل متانة صدمة و التي هي دالة لمتانة النموذج. كانت النسبة % (20 – 80) هي التي اعطت اعلى طاقة مقارنة بباقي النسب بعد ذلك تم تحضير مصبوبات جديدة مبنية على هذه النسبة كأساس بوليمري ليدعم بدقائق السليكا و الالومينا لتحضير مادة متراكبة و بنسبة حجمي (20%) للسليكا و الالومينا و مقارنة نتائج الفحوصات المترتبة هذه النسبة.

(2 – 3) الاختبارات و الاجهزة المستخدمة

1. اختبار البلى

يتم الاختبار باستخدام جهاز البلى الانزلاقي المكون من قرص حديدي، يدور بسرعة ثابتة (500 rpm) و صلادة القرص الحديدي هي (HB 269) و يحسب معدل البلى من العلاقة:

$$\text{Wear rate} = \frac{\Delta W}{S_D} \quad \left[\frac{\text{gm}}{\text{cm}} \right]$$

حيث أن:

(ΔW): هو الفرق في الكتلة بوحدات (gm) قبل الاختبار و بعد الاختبار بتأثير حمل ثابت مقداره (20N) و لفترة مقدارها (10 min.).

S_D : مسافة الانزلاق بوحدات (cm) و تحسب من العلاقة الآتية:

$$S_D = 2\pi rnt$$

حيث أن:

r : نصف القطر من مركز النموذج.

n : عدد دورات القرص في الدقيقة.

t : زمن الاختبار و مقداره في هذا البحث هو (10min.).

خلط مقدارها (1:3) ليحدث تفاعل في درجة حرارة الغرفة بعدها تجرى المعاملة الحرارية لضمان زيادة الترابط الجزيئي.

(2 – 1 – 2) مطاط (Nitride Butadiene Rubber NBR)

هو عبارة عن مطاط طبيعي في الحالة اللزجة تم أذابته في محلول الثئر و لمدة (24) ساعة و بكتافة مقدارها $(1.22\text{gm}/\text{cm}^3)$ تم أضافته إلى راتنج الايبوكسي بنسب مقدارها (10%، 20%، 30%، 40%) على التوالي للحصول على قيم عالية لمتانة الصدمة و قد تم استخدامه كأساس لغرض التدعيم بمسحوق الالومينا و السليكا فيما بعد.

(3 – 1 – 2) مسحوق السليكا

تم استخدام مسحوق السليكا (SiO_2) بحجم حبيبي مقداره $(30\mu\text{m})$ و بكتافة مقدارها $(2.25\text{gm}/\text{cm}^3)$ كمادة تقوية للأساس (الخليط) المحضر سابقاً.

(4 – 1 – 2) مسحوق الالومينا

و هو عبارة عن مسحوق ابيض ذو كثافة مقدارها $(3.23\text{gm}/\text{cm}^3)$ و بحجم حبيبي مقداره $(63\mu\text{m})$ تم استخدامه كمادة تقوية للمادة الاساس.

(5 – 1 – 2) رغووة السليكا

كما تم ايضاً استخدام رغووة السليكا المعروفة بـ (Aerosol) للسيطرة على لزوجة الخليط و ضمان تجانس الدقائق مع المادة الاساس كون هذه المادة تساعد في عدم التشتت و تكون عادة بحجم حبيبي واطى جداً $(0.21\mu\text{m})$ و بكتافة مقدارها $(2\text{gm}/\text{cm}^3)$.

(2 – 2) تقنية تحضير الخليط البوليمري

كمرحلة اولى تحضير المصبوبة باستخدام قالب معدني و بأبعاد $(25 \times 25)\text{cm}^2$ يغطي سطح القالب بالفابلون لمنع التصاق المصبوبة بسطح القالب. يحضر الراتنج بإضافة المصلد إليه و يخلط باستخدام خلاط (mixer) و يضاف إليه بالتتابع سائل المطاط و بهدوء و بالنسب الآتية % (10 – 90)، % (20 – 80)، % (30 – 70)، % (40 – 60)، و باستخدام نفس الخلاط إلى أن يتجانس الخليط تماماً.

البيني مكوناً جديداً و تسبب ذلك في نقصان قوى القص الداخلية [6].

أختبار الصلادة

من الجدول (3) و الشكل (3) نلاحظ ان المادة المتراكبة ($Ep+NBR+SiO_2$) تمتلك أعلى صلادة بالمقارنة مع النماذج الأخرى. اما بعد الغمر في المحاليل فأن الصلادة تقل مع الماء و الحوامض لكن يبقى الحامض تأثيره أعلى على الصلادة، كما في الشكل (4).

حيث يلعب المحلول الحامضي دوراً كبيراً في تحطيم الاواصر البينية الموجودة ما بين المادة الاساس و مادة التقوية. كما ان رغبة السليكا هنا تلعب دوراً في تماسك الدقائق مع المادة الاساس و تزيد من قيم الصلادة للنماذج.

ان أعلى قيم لمتانة الصدمة هي لنماذج المادة المتراكبة من اساس الخليط البوليمري مع دقائق السليكا قبل الغمر، و نلاحظ ان تأثرها بالمحلول الحامضي كان أعلى بكثير مما في الماء. ان اضافة المطاط الى راتنج الايبوكسي يزيد من متانة الصدمة باعتبار ان مطاط (NBR) يتصرف كمادة ملدنة تزيد من قابلية امتصاص طاقة الصدمة لراتنج الايبوكسي [10].

ان دقائق السليكا تعمل كمصدات لنمو الكسر مما يؤدي الى زيادة في متانة المادة، بالمقارنة مع دقائق الالومينا التي تسلك نفس السلوك و لكن بكفاءة اقل و قد يُعزى ذلك ايضاً الى ان الحجم الحبيبي لدقائق السليكا اقل بكثير مما في الالومينا و هذا عامل ايجابي بالاضافة الى كون رغبة السليكا (Aerosol) بحجم ($10\mu m$) يؤدي التماسك جزئياً للمادة و تقوية الطور البيني للمادة المتراكبة [11][12].

الاستنتاجات

1. مطاط (NBR) زاد من متانة الصدمة بنسبة (20%) الى راتنج الايبوكسي.
2. ان دقائق السليكا بالحجم ($30\mu m$) قد حسنت من الخصائص الميكانيكية قيد الدراسة بالمقارنة مع دقائق الالومينا.

2. أختبار الصدمة

تم اختبار متانة الصدمة بطريقة جازبي (Charpy Type) على النماذج قيد البحث قبل و بعد الغمر في المحاليل المذكورة حسب المواصفة العالمية (ISO 179) باستخدام جهاز من نوع (AMITYVILEE INC New York).

3. اختبار الصلادة

يتم قياس الصلادة للنماذج قبل و بعد الغمر في الماء و المحاليل بطريقة (Shore D) باستخدام جهاز رقمي من نوع (Shore D hardness tester TH210). أخضعت ابعاد نماذج اختبار الصلادة للمواصفة العالمية (ASTM – D2240).

النتائج و المناقشة

من ملاحظة الجدول رقم (1 – 1) و الشكل رقم (1) و الذي يمثل منحنى تغير المعدل البلي عند الحمل (20N) و لمدة (10min.) و بسرعة أنزلاق مقدارها ($3.2m/sec$). يمكن ان نلاحظ ازدياد معدل البلي مع زيادة مدة الغمر في الماء و بعدها تثبت نسبياً.

ان قلة مقاومة البلي مع مرور مدة الغمر في المراحل الاولى من الاختبار، يعود الى تكون طبقة رقيقة من المادة المتأكلة بين نتوات سطح القرص مما يسهم في تسوية السطح مع مرور الزمن. فضلاً عن استمرار الانزلاق يؤدي الى حدوث تصليد انفعالي لسطح النموذج [7].

ان معدل امتصاصية المحاليل الكيميائية و كميتها من قبل البوليمر و المادة المتراكبة، تتحكم بها عدة عوامل منها التركيب الكيميائي و قوة التصاق الراتنج بالحشوات و ان المحاليل النافذة الى المادة تسبب تغير في الأبعاد و تولد جهودات داخلية ينتج عنها هبوط في الخواص الكيميائية.

ان زيادة معدل البلي بعد الغمر في المحاليل يساهم في زيادة معدل البلي، بسبب وجود المحلول و الذي يمنع تكوّن الغشاء السطحي ما بين النموذج و القرص الدوار. و ان تباين قيم معدل البلي في الماء عنه في المحلول الحامضي ($HCl - 0.5N$)، يظهر في المنحنى (2) و الجدول (2). حيث ان معدل البلي في التغلغل في منطقة السطح

- blends“، M.Sc. thesis, Department of Applied Sciences, University of Technology, 2008.
2. W. Wright, “The effect of diffusion of water in epoxy resins – carbon fiber reinforced composite”, vol. 12, No. 3, pp (201 – 205), 1987.
 3. M.M. Schwartz, “Composites materials handbook”, Mc – Graw Hill Inc., USA, 1984.
 4. M.H. Awham, Ph.D. thesis, Department of Applied Sciences, University of Technology, 2006.
 5. H.R. Ali, “Study of mechanical and thermal behavior for a hybrid composite materials“, M.Sc. thesis, Department of Applied Sciences, University of Technology, 2002.
 6. Ban Ayyoub, ”Development and characteristics of ternary thermosetting polymer blends“, Ph.D. thesis, Department of Applied Sciences, University of Technology, 2006.

3. ان المحلول الحامضي (HCl – 0.5N) كان تأثيره أكبر على النتائج أختبار الصدمة و البلى و الصلادة للنماذج كافة بالمقارنة مع الماء.

References

- [1]A Leszek, Utria chi, “Polymer alloy and blends”, NewYork, 1990.
 - [2]P.M. Dickens and J.L. Sullivan, “The last wear”, vol. 112, pp (273 – 289), 1986.
 - [3]L. Chang, Z. Zhzag, “Applied science and manufacturing”, vol.35, 2004.
 - [4]El – Sabbagh S.H., “Compatibility study of natural rubber and ethylene – propylene diene rubber blends”, Journal of applied polymer science, vol. 99, 2003, pp (1 – 11).
 - [5]W.J. Work et. al., “Definition of terms related to polymer blends, composites and multiphase”, Pure applied chemistry, vol. 76, No. 11, pp (1985 – 2007).
 - [6]Israa A. Hamood, “Impact behavior of epoxy blends and composites“, M.Sc. thesis, Department of Applied Sciences, University of Technology, 2009.
1. Huda J. Abdu – al Hassan, “Wear resistance for thermosetting polymers

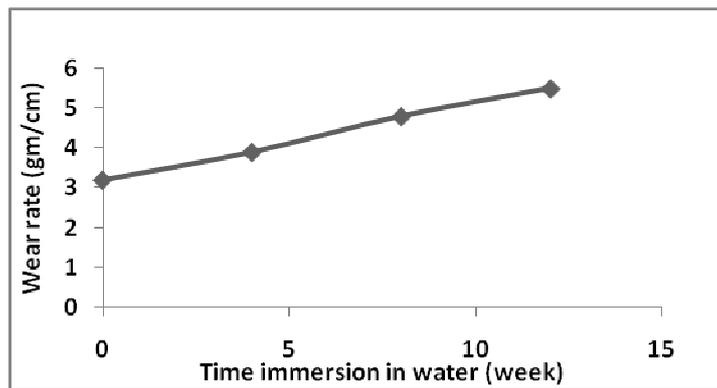


Figure (1-a): Wear rate for Ep+NBR blend.

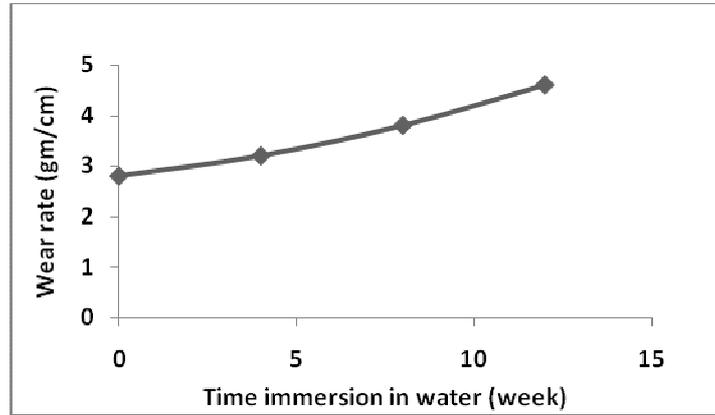


Figure (1-b): Wear rate for Ep+NBR+SiO₂ blend.

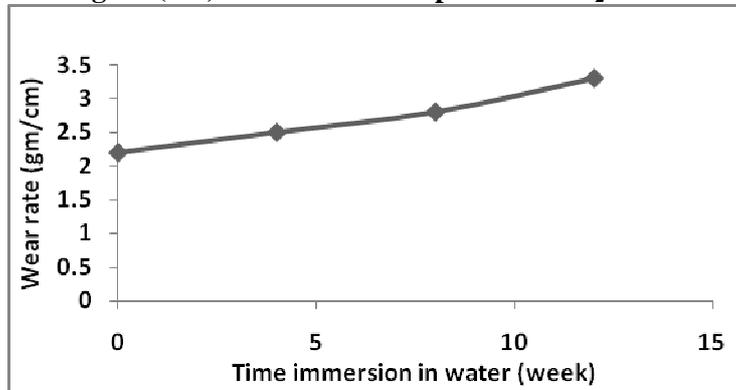


Figure (1-c): Wear rate for Ep+NBR+Al₂O₃ blend.

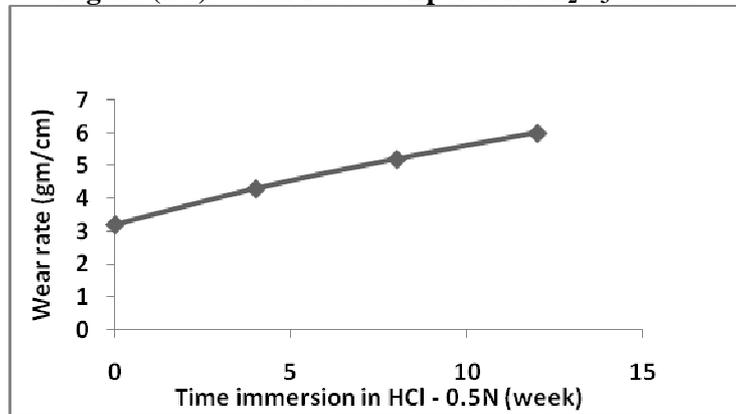


Figure (2-a): Wear rate for Ep+NBR blend.

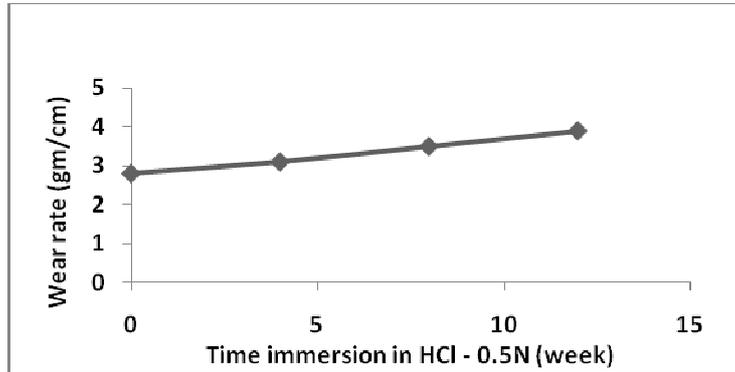


Figure (2-b): Wear rate for Ep+NBR+SiO₂ blend.

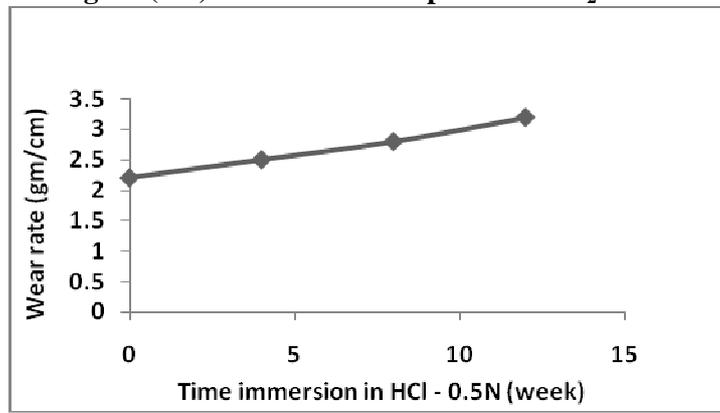


Figure (2-c): Wear rate for Ep+NBR+Al₂O₃ blend.

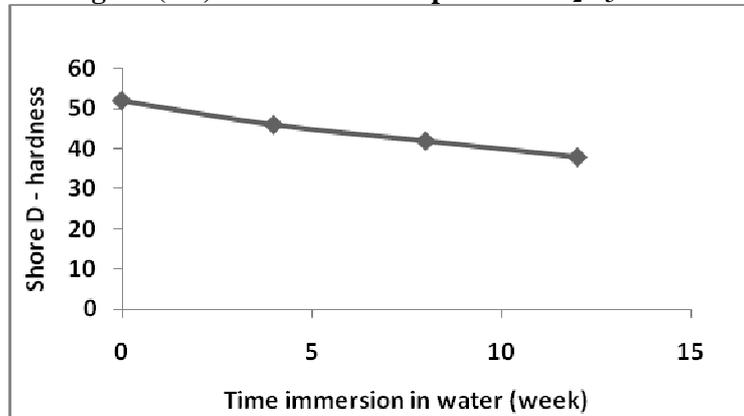


Figure (3-a): Shore D – hardness for Ep+NBR blend.

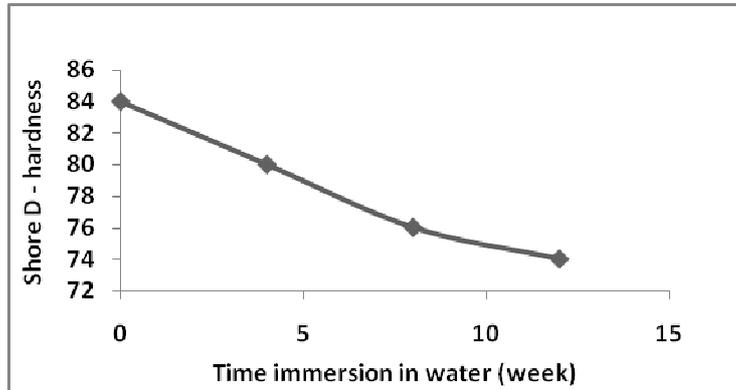


Figure (3-b): Shore D – hardness for Ep+NBR+SiO₂ blend.

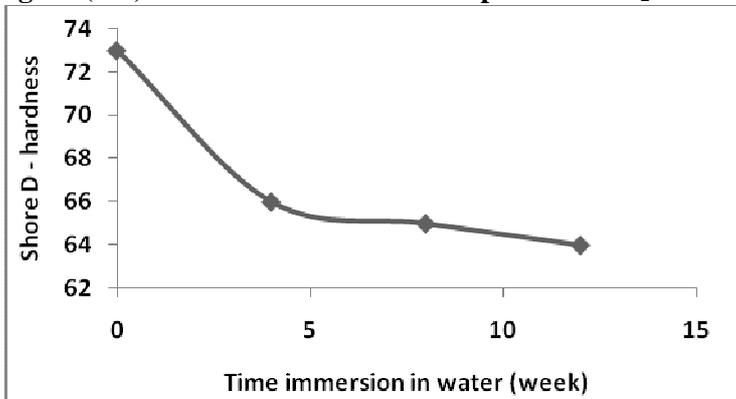


Figure (3-c): Shore D – hardness for Ep+NBR+Al₂O₃ blend.

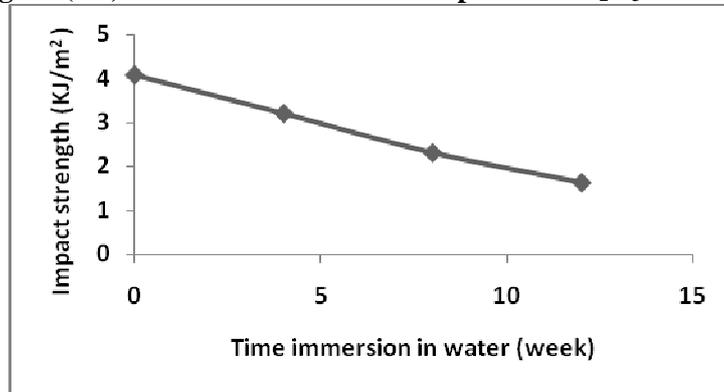


Figure (4-a): Impact strength for Ep+NBR blend.

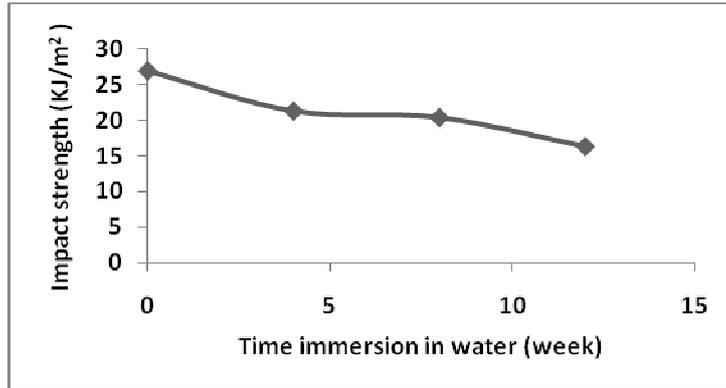


Figure (4-b): Impact strength for Ep+NBR+SiO₂ blend.

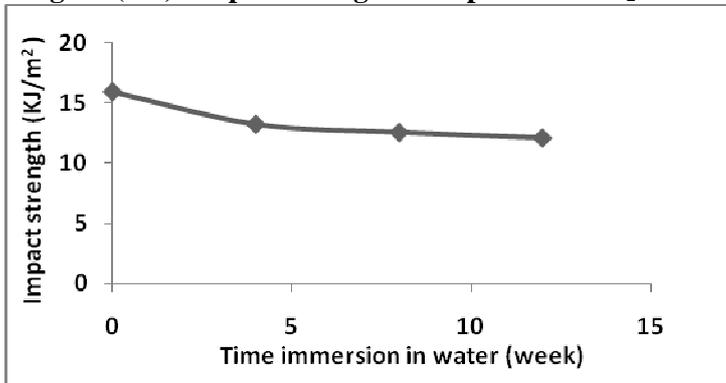


Figure (4-c): Impact strength for Ep+NBR+Al₂O₃ blend.

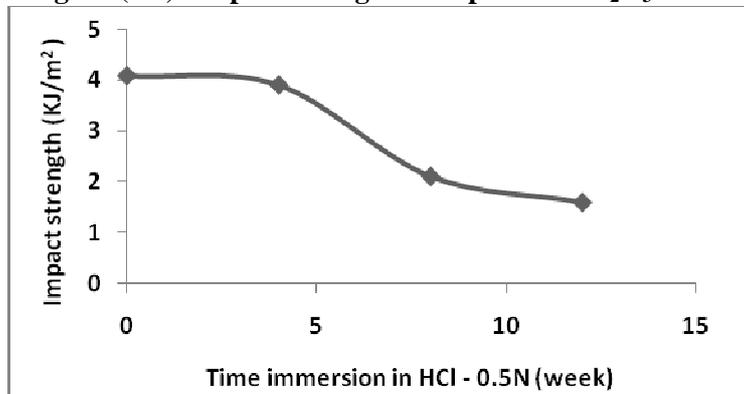


Figure (5-a): Impact strength for Ep+NBR blend.

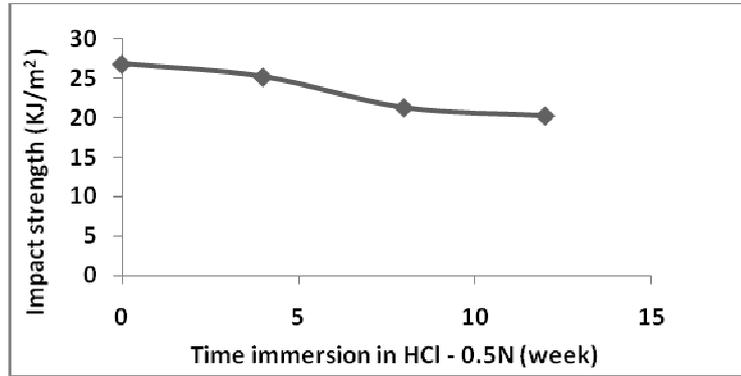


Figure (5-b): Impact strength for Ep+NBR+SiO₂ blend.

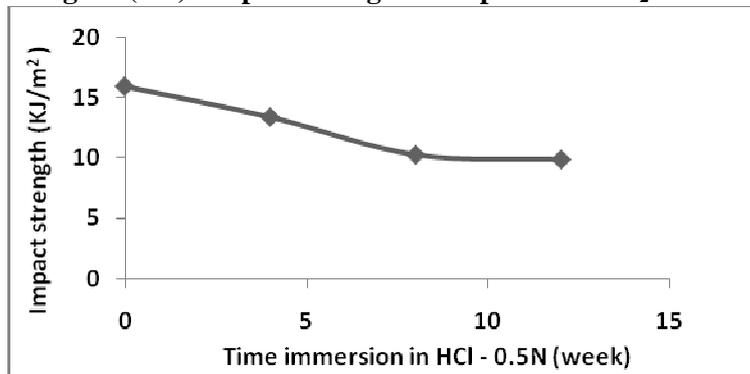


Figure (5-c): Impact strength for Ep+NBR+Al₂O₃ blend.