

## دراسة الخواص الفيزيائية لراتنج البولي استر غير المشبع مدعم بطور مطاوي

رفاه علوان نصيف

الجامعة التكنولوجية / قسم العلوم التطبيقية

بغداد-العراق

### الخلاصة

يتمتع راتنج البولي استر غير المشبع (UP) بخواص جيدة وكلفة رخيصة حيث تم خلطه مع مطاط التراتيل (NBR) بنسب (UP70/ NBR 30) % و (UP80/ NBR20) % بعد ذلك دعم الخليط الاول بمسحوق الزجاج (Glass Powder) ويكسر حجمي (12%). تمت دراسة بعض الخصائص الفيزيائية مثل اختبار معامل الاحتكاك واختبار التوصيلية الحرارية وظهرت نتائج البحث ان للمادة البوليمرية المدعمة بمسحوق الزجاج اعلى قيم للتوصيلية الحرارية اما الخليط البوليمري بنسبة (UP70/ NBR30) % فقد امتلك اعلى قيمة لمعامل الاحتكاك. وظهرت النتائج ان قيم الموصلية الحرارية (K) لجميع النماذج قد ارتفعت عن مستوياتها قبل الغمر للمحلول الملحي بتركيز (N0.3) والماء الاعتيادي، اما المادة المترابطة المدعمة بمسحوق الزجاج والخليط البوليمري (UP 70/NBR30) % فقد اظهرا انخفاضا في قيم (K) بعد مرور 28 يوما في المحلول المائي.

**الكلمات المفتاحية:** راتنج البولي استر غير المشبع ومطاط التراتيل ومعامل الاحتكاك والتوصيلية الحرارية.

## Study the Physical Properties of Unsaturated Polyester Modified with Rubber Phase

Rafa Alwan Nasif

University of Technology /Applied Science Department

Baghdad-Iraq

E\_mail: [rafah.a.nasif@uotechnology.edu.iq](mailto:rafah.a.nasif@uotechnology.edu.iq)

### Abstract

Unsaturated polyester resin widely separated because of its low cost and its good physical properties. To get higher impact resistance, it has been blended with nitrile rubber (NBR), for the weight ratios (UP 70/ NBR 30) % and (UP 80 / NBR 20) %. The first blend was reinforced with (12 %) of glass powder. Physical properties were carried out on these samples like friction coefficient (F.C) and thermal conductivity. The results showed that the composite material reinforced with glass powder has showed higher thermal conductivity and the polymer blend (UP 70 / NBR 30) % has showed higher friction coefficient. The thermal conductivity results showed that the thermal conductivity values (K) for all samples increased from their levels before immersion of the salt solution with a concentration of (0.3N) and normal water. As for the composite material reinforced with glass powder and the polymeric blend (UP 70 / NBR 30) %, they showed a decrease in (K) values after 28 days of immersion in the normal water.

**Keywords:** Unsaturated Polyester, Nitrile Rubber, Friction Coefficient, and Thermal Conductivity

## المقدمة

تتضمن مجالات الفضاء والسيارات والبناء .... الخ. لذا فالمواد المتراكبة عبارة عن مزج مادتين أو أكثر وتكون بشكل اطوار منفصلة وتمزج للحصول على تراكيب مرغوبة وللحصول على خواص معينة ومحددة لكل من المكونات شرط ان لا يذوب او يتفاعل اي من المركبات مع بعضها، ويمكن ان تكون المركبات عضوية او غير عضوية او معدنية (مصنعة او طبيعية) بشكل دقائق (Particles) او قضبان (Rods) او الياف (Fibers) او صفائح (Plates) او رغوة (Foams) (Keya واخرون 2019) و (Rajak واخرون 2019). تعد البوليمرات ومنها المواد المتراكبة اكثر المواد عرضة للظروف البيئية المختلفة كأجزاء المباني او الطائرات او اجزاء الصواريخ، وكذلك القوارب وحاويات المياه الطبيعية، لذا فان دراسة تأثير الظروف البيئية في خواص هذه المواد اصبح ضروريا لقياس مدى تحملها لهذه الظروف التي تمثل عوامل لتحلل المادة مثل الرطوبة والحرارة والضوء وكذلك الاشعاعات بأنواعها التي تعمل على تكسير اواصر البوليمر مما يجعل العديد من الباحثين القيام بإجراء بحوث في هذا المجال، ففي عام 2011 قامت الباحثة رنا زياد بدراسة تأثير درجة الحرارة والسلك والظروف البيئية على الخواص الحرارية للبولي استر غير المشبع النقي والمطعم (أل فليح 2011). وفي عام 2012 ركز Dewan واخرون على دراسة معامل الاحتكاك ومعدل الاهتراء للبوليمر والمواد المتراكبة بسرعات انزلاق مختلفة، في هذه الدراسة، تم فحص الاختلاف في معامل الاحتكاك ومعدل التآكل مع سرعة الانزلاق بشكل تجريبي عندما ينزلق دبوس الفولاذ المقاوم للصدأ 304 (SS 304) على أنواع مختلفة من المواد المركبة والبوليمر مثل الإبنيت المقوى بالقماش (المعروف تجاريًا باسم ألياف

تمثل الخلائط البوليمرية مجالًا مهمًا جدًا في معالجة مواد جديدة، والتي تتمتع بخصائص أفضل مقارنة بالبوليمرات النقية. كما أنها مهمة من وجهة نظر بيئية واقتصادية. وهكذا، على سبيل المثال، يمكن إعادة تدوير النفايات البلاستيكية الممزوجة البلدية، المكونة من بوليمرات مختلفة غير قابلة للامتزاج، عن طريق الخلط في الحالة المنصهرة، وبالتالي يمكن تحويلها إلى مادة ترضي التطبيق ذي الصلة (Ibrahim و Kadum 2010). تُظهر البوليمرات عالية الوزن الجزيئي إنتروبيا منخفضة للخلط لذلك، تُظهر معظم خلطات البوليمر أنظمة غير قابلة للامتزاج، لا تعد خصائصها مجرد دالة لتركيبية الخليط ولكنها تعتمد أيضًا بشكل حاسم على درجة حجم جسيم طور التشتت، وتفاعل الطور بين مكونات الخليط. كذلك يؤدي التحكم في مورفولوجيا الخليط البوليمري إلى إمكانية التحكم في خصائص الخليط. العديد من أزواج البوليمر ليست فقط غير قابلة للامتزاج ولكن أيضًا غير متوافقة وهذا يعني أنها تظهر توترًا بينيًا عاليًا يؤدي إلى بنية طور خشنة، وضعف التصاق في السطح البيني، وبالتالي خصائص ميكانيكية ضعيفة. ينشأ التوافق من التفاعل الديناميكي الحراري بين مكونات الخليط، والتي هي دالة لتركيبها الفيزيائي والكيميائي. يمكن تلخيص الاسباب لرئيسية المؤدية إلى إنشاء أنظمة غير متوافقة على النحو التالي: عدم وجود أي تفاعل محدد بين مكونات مزيجها، والاختلاف في هيكلها، والاختلافات الواسعة في لزوجته (Singh و Prakash 2011) و (Justo واخرون 2011). اما في مجال المواد المتراكبة فقد اصبحت المواد المتراكبة أكثر اندماجًا في الصناعات الحديثة وتستخدم في العديد من الصناعات التي

ان الهدف الرئيس من البحث هو دراسة الخصائص الفيزيائية والحرارية مثل اختبارات الموصلية الحرارية ومعامل الاحتكاك للبولي استر بإضافة طور مطاطي. حيث تم استخدام مطاط صناعي نوع (NBR) لما يتمتع به من خصائص فيزيائية جيدة وينسب مختلفة ومن ثم تم تدعيم الخليط بمسحوق الزجاج (G.P) كمادة متراكبة. كما يتضمن البحث تأثير المحاليل الكيميائية حامض الكبريتيك ( $H_2SO_4$ ) وملح كلوريد الكالسيوم ( $CaCl_2$ ) وبتراكيز (0.1 و 0.2 و 0.3) N لمدة ثلاث شهور في بعض الخصائص للنماذج المحضرة.

### المواد وطرائق العمل

#### المواد المستخدمة

تم في هذا البحث استعمال راتنج البولي استر غير المشبع (UP) كمادة اساس وهو احد الراتنجات غير المطاوعة للحرارة يستعمل راتنج (UP) في مدى واسع من التطبيقات الصناعية وخصائصه موضحة في جدول (1). وهو بشكل عام سائل شفاف متصلد حرارياً قابل للمعالجة الى الحالة الصلبة عند تصليده باستعمال محلول مصلد (Hardener) شفاف اللون وهو مركب من بيروكسيد مثيل اثيل كيتون (MEKP) بشكل سائل شفاف بنسبة (2 غم) لكل (100غم) من الراتنج بكونه لزجاً في درجة حرارة الغرفة. ولزيادة سرعة عملية التصلب للراتنج يتم استعمال مادة محفزة اضافية غامقة اللون بشكل سائل على هيئة قطرات وهي مادة الكوبلت (Co - Catalyst) كعامل مساعد محفز وبنسبة اضافة (0.2غم) لكل جزء من (100 غم) جزء من الراتنج. واستخدم مطاط النتريل NBR المبينة خصائصها في جدول (2) كمادة ثانية في تكوين الخليط البوليمري، وهو مادة صلبة تم اذابتها

(التروس)، والزجاج البلاستيك المقوى بالألياف (الألياف الزجاجية) والنايلون وبولي تترافلورو إيثيلين (PTFE) (Nuryzzaman وآخرون 2012). وفي عام 2014 أجرى Gun-Ho وآخرون دراسة الموصلية الحرارية العالية لخلائط بوليمرية غير متبلورة عن طريق التفاعل بين السلاسل الهندسية (Gun-Ho وآخرون 2015)، وفي عام 2016 اهتم الباحث Hongyu وآخرون بالموصلية الحرارية للمركبات القائمة على البوليمر. في عام 2018 ركز مجموعة من الباحثين على دراسة تأثير الشبخوخة والتجوية على الخصائص الفيزيائية للمطاط الصناعي للوجه والفكين (Nafij وآخرون 2018). وفي نفس العام قامت الباحثة سهامة وعدد من الباحثين دراسة بعض الخصائص الفيزيائية للخلائط البوليمرية (PMMA/SR) وقد اظهرت النتائج ان هناك علاقة متقاربة صفي فحص FTIR لمطاط السليكون النقي والخليط البوليمري (PMMA/SR) وهذا يمنح توافق جيد بين مادة الاساس مطاط السليكون و PMMA كذلك اظهرت الخصائص الفيزيائية ان افضل نسبة مئوية من PMMA هي 10% والتي تتميز بخاصية مثالية (Sihama وآخرون 2018) وفي نفس العام أجرى Gordana وفريقه دراسة آلية احتكاك البوليمرات ومركباتها واستعرضت مقالته العوامل الرئيسية التي تؤثر على خصائص التآكل والاحتكاك للبوليمرات اللدائن الحرارية والبوليمرات الحرارية، والمركبات القصيرة المقواة بالألياف والمركبات أحادية الاتجاه عالية الأداء (Gordana وآخرون 2018) وفي عام 2019 قام الباحث Zhen Zhang وفريقه بتحسين التوصيل الحراري/الكهربائي لخلائط (PVDF/PA6) عن طريق توزيع MWCNTs-NH<sub>2</sub> الانتقائي عند السطح البيني (Zhen وآخرون 2019).

السليكا بحيث يحقق الاثنان معا الكسر الحجمي (12%). بعدها يتم تحضير الخليط البوليمري كما ذكر سابقا وبنفس النسب ويتم اضافة مسحوق الزجاج بالتدريج الى الخليط البوليمري مع الخلط المستمر وبعدها يصب المزيج في القالب المهيا مسبقا ثم يوضع اللوح المعدني على المصبوبة لغرض انتظام سمك المادة البوليمرية. يترك الانموذج بعدها بدون تحريك حتى يتم تصلبه بصورة نهائية، يتم بعدها ازالته من القالب وادخاله الى الفرن الذي يكون بدرجة حرارة (50-60 م°) مدة ساعتين لتتم عملية المعالجة (Curing) وذلك لإتمام التفاعلات الكيميائية، ومن ثم يتم تقطيع القوالب حسب مواصفات عينات الجهاز الخاص بكل اختبار، حسب المواصفات القياسية ثم تجرى عملية التنعيم والصلق باستعمال اوراق كاربيد السليكون بدرجات نعومة مختلفة.

جدول (1) يوضح خصائص البولي استر غير المشبع (1997 Bucknall و Mccrum)

Property	UP
Density (gm/cm <sup>3</sup> )	1.4
Service Temp (°C)	70-80
Elongation at Break (25°C)	1.5-2%
Stability Temp(°C)	220
Young`s Modulus (Gpa)	2-4.5

بوساطة التلوين مدة يوم واحد حيث يصبح في النهاية مادة سائلة لزجة. تم في هذا البحث استعمال مسحوق زجاجي بحجم حبيبي مقداره (35 ميكرون) وبتركيب موضح في الجدول (3) ولمنع حدوث ترسيب مسحوق الزجاج حيث تم خلط نسبة قليلة من رغوة السليكا وبنسبة (1%) من الكسر الحجمي الكلي. استعمل في هذا البحث رغوة السليكا المسماة تجاريا بالايروسيل (Aerosial 200) ذات كثافة مقدارها (2 cm<sup>3</sup>/mg) وحجم حبيبي (0.12 μm) ومساحة سطحية (200 gm<sup>2</sup>).

### تحضير العينات

استعملت تقنية القولبة اليدوية (UP – Hand Lay Molding) في عملية تحضير العينات لأنها من الطرائق الشائعة والناجحة في تحضير المتراكبات البوليمرية، وتتم عملية تحضير العينات بطريقة القولبة اليدوية بعدة خطوات وهي كالاتي:

يتكون الخليط البوليمري الاول من البولي استر غير المشبع (UP) ومطاط النتريل (NBR) بنسبة (80%) من (UP) الى (20%) من مطاط (NBR)، حيث يتم اولا خلط راتنج البولي استر ومصلده خلطا جيدا ويضاف اليه قليل من الكوبلت الذي يعمل كمعجل للتصليد ثم يضاف اليه مطاط (NBR) تدريجيا مع الاستمرار بعملية الخلط الى ان يتم الحصول على خليط متجانس وبعد ذلك يصب الخليط في القالب المهيا مسبقا ثم يوضع اللوح المعدني على المصبوبة لغرض انتظام سمك المادة البوليمرية. وبنفس الطريقة يحضر الخليط لبوليمري الثاني ولكن بنسبة (70 UP/30NBR) اما المادة المتراكبة فتتكون من (UP) ومطاط النتريل (NBR) بنسبة (70%) من (UP) و(30%) من (NBR) المدعم بمسحوق الزجاج . حيث يتم في البداية وزن مسحوق الزجاج مع رغوة

جدول (2) يوضح خصائص مطاط النترال (Awham، 2006)

Property	NBR
Density (gm/cm <sup>3</sup> )	1
Tg (°C)	-22
Tensile Strength (Mpa)	20.68
Elongation (%)	650

جدول (3) يوضح النسب الوزنية للأكاسيد الداخلة في تركيب مسحوق الزجاج (Bushra، 2014)

Components	Wt. %
SiO <sub>2</sub>	71.30
Na <sub>2</sub> O	11.30
CaO	8.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.24
MgO	0.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.43
Other Oxides	6.25

الاجهزة المستخدمة

جهاز اختبار الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity Test Instrument)

يمكن حساب معامل التوصيل الحراري للعينات الخاصة بالاختبار وذلك باستعمال جهاز قرص لي (Lee's Disc) والمصنع من قبل شركة (Griffen و George)، وفيه يتم انتقال الحرارة من المسخن الى القرص الذي يليه حتى يصل الى القرص الأخير. وبالإمكان تحديد درجة حرارة الاقراص الثلاثة (T<sub>a</sub> و T<sub>b</sub> و T<sub>c</sub>) باستخدام المحارير الموضوعة داخلها. يتم حساب قيمة التوصيلية الحرارية (k) من المعادلة الاتية:

$$K \left[ \frac{T_B - T_A}{d_S} \right] = e \left[ T_A + \frac{2}{r} \left( d_A + \frac{1}{4} d_S \right) T_A + \frac{1}{2r} d_S T_B \right] \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان (e): تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة مادة القرص لكل ثانية (W/m<sup>2</sup>. k) وتحسب من العلاقة الاتية:

$$IV = \pi r^2 e (T_A + T_B) + 2\pi r e \left[ d_A T_A + d_S \frac{1}{2} (T_A + T_B) + d_B T_B + d_C T_C \right] \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان:

IV: الطاقة الحرارية المارة عبر ملف التسخين لوحدة الزمن

T<sub>a</sub> و T<sub>b</sub> و T<sub>c</sub>: تمثل درجة حرارة القرص (A و B و C) على التوالي

d: سمك القرص (mm)

r: نصف قطر القرص (mm)

جهاز اختبار معامل الاحتكاك (Friction Coefficient Test Instrument)

يتكون جهاز معامل الاحتكاك من جسم بشكل متوازي مستطيلات تسمى الزلاقة والتي توضع عليها العينة وتكون الزلاقة موضوعة على سطح افقي وتحوي كلابا يربط به خيط يمر على بكرة وتتدلى من الجهة الثانية منه كفة ميزان. في البداية تكون الزلاقة وكفة الميزان كلا على انفراد ويجب ان يكون الخيط الذي يسحب الزلاقة بشكل افقي. توضع الزلاقة على اللوح ويعين موضع حافتها بوساطة قلم رصاص. بعد ذلك توضع الاثقال بصورة تدريجية على الكفة الى ان يبدأ الجسم بالحركة ويتم استخراج معامل الاحتكاك من القانون الاتي:

$$\zeta = \frac{M}{m} \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان

M: وزن الاثقال

m: وزن العينة مع القاعدة (الزلاقة)

## النتائج والمناقشة

## اختبار الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity Test)

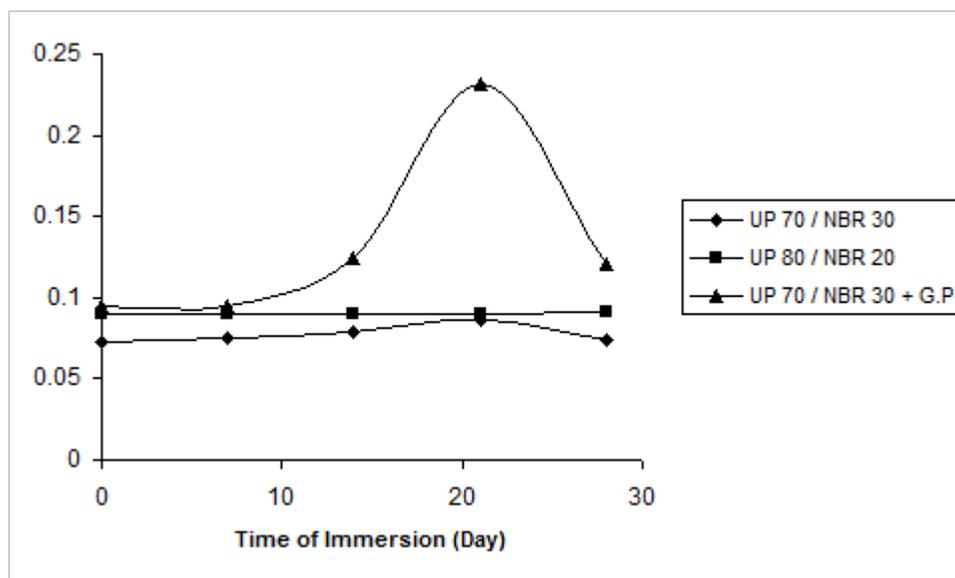
ونتيجة لارتداء الاواصر تزداد قابلية السلاسل الجزيئية على الحركة مما يزيد من قابلية التوصيل الحراري (Xian واخرون 2018). اما المادة المتراكبة المدعمة بمسحوق الزجاج والخليط البوليمري (UP 70 NBR 30) فقد اظهرنا انخفاضاً في قيم (K) بعد مرور (28 يوماً) على الغمر في المحلول المائي وهذا بسبب انتشار الماء داخل المادة الذي يعمل على تكسير الاواصر مما يؤدي الى فشل المادة وتحللها (Shu واخرون 2010).

ومن خلال الجدول (4) يمكن ملاحظة ان معدل القيمة التوصيلية الحرارية للنماذج المستخدمة في البحث اقل من ( $0.45 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ) وهذا يعكس المقاومة العالية لهذه المواد لاننتقال الحرارة وهذا يعني من المناسب استخدام هذه المواد كعوازل حرارية وهذه الموصلية الحرارية الواطئة هي نتيجة كون هذه البوليمرات لا تمتلك الكترولونات حرة وسرعة فونون واطئة واثبتت (Piokowska و Galeski 1985) بان هذه البوليمرات ذات معامل انتقال حرارة لا تتجاوز ( $0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ) تعد كموصلات رديئة للحرارة (اي عوازل حرارية جيدة).

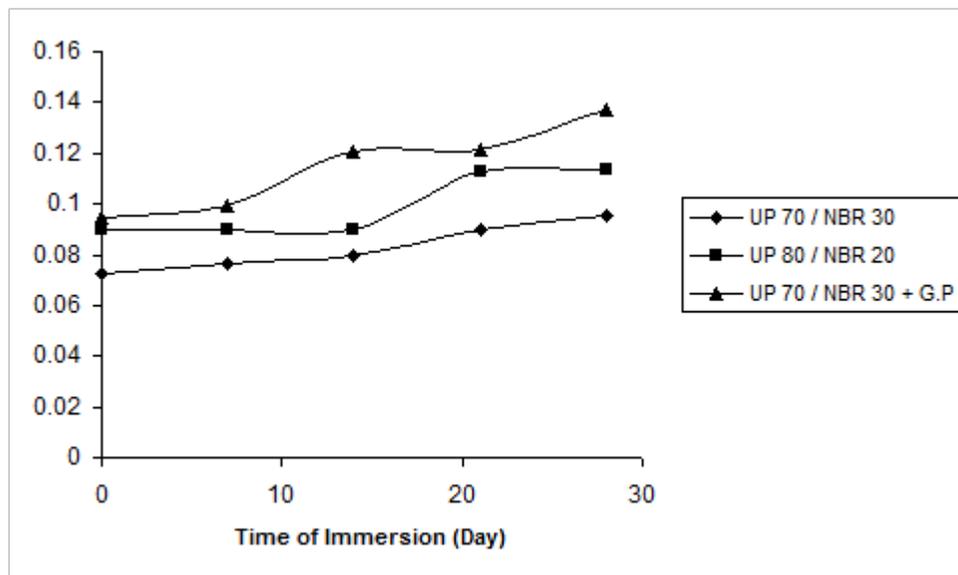
يوضح الجدول (4) الذي يستعرض قيم التوصيل الحراري الى ان اعلى توصيلية حرارية كانت للمادة المتراكبة المدعمة بمسحوق الزجاج ويليهما الخليط البوليمري (UP80/ NBR 20) ثم الخليط البوليمري (U 70 / NBR 30) والسبب في ذلك يعود الى كثافة التراص العالية لهذه المسحوق وبذلك تقل عدد الفراغات الموجودة اصلا في المادة المتراكبة (خلال التصنيع) وهذا يؤدي الى تقليل الفراغات الهوائية التي تكون كوسط عازل وبذلك تحسن التوصيلية الحرارية (Song واخرون 2013) حيث تعتمد (K) على كثافة العوازل وربما كان للمطاط دور كبير في سد الفراغات للمادة المتراكبة. اما بالنسبة للخلائط البوليمرية فنلاحظ ان الخليط (UP 70/NBR 30) له توصيلية حرارية اقل من الخليط (UP 70/NBR 20) وذلك لأن مطاط (NBR) يمتلك مقاومة ممتازة لانتشار الغازات وهو مادة عازلة للحرارة (Zhou واخرون 2010). اظهرت نتائج الموصلية الحرارية والمبينة في الجدول (4) ان قيم (K) لجميع النماذج قد ارتفعت عن مستوياتها قبل الغمر للمحلول الملحي بتركيز (0.3 N) والماء الاعتيادي فقط وكما موضح في الشكلين (1 و2) وهذا يعود الى دخول المحاليل الكيميائية عن طريق منطقة السطح البيني والشقوق الموجودة اصلا في المادة حيث تعمل على تقليل قوى الربط الجزيئي للمادة الاساس وارتداء الاواصر نتيجة الزيادة في لدونة المادة الاساس حيث يكون انتقال الحرارة فيها بوساطة الحركة الدورانية والاهتزازية للسلاسل الجزيئية

جدول (4) قيم الموصلية الحرارية لجميع النماذج قبل وبعد التعرض لمختلف المحاليل الكيميائية

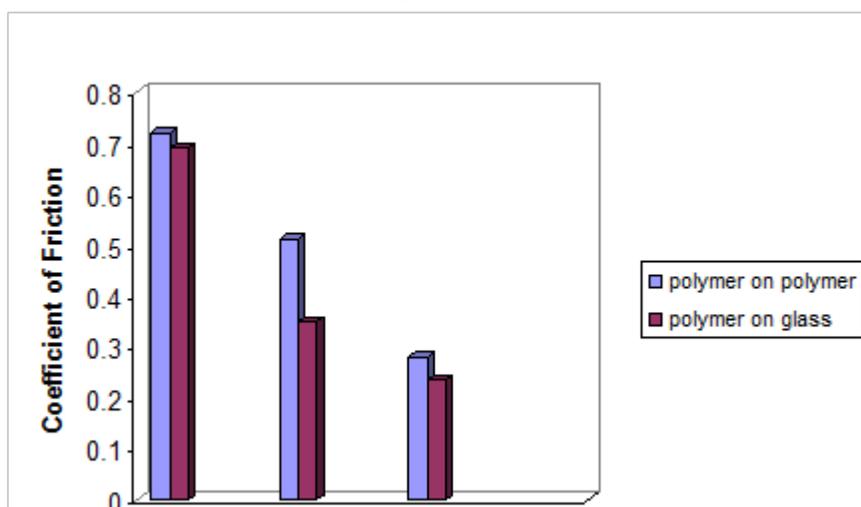
Weathering Condition		K-value (w/m <sup>2</sup> c)		
		UP/NBR 80/20	UP/NBR 70/30	UP/NBR 70/30 + G. P
L.C.		0.08957	0.0723	0.09461
CaCl <sub>2</sub> (0.3N)	7 Days	0.0899	0.07652	0.09932
	14 Days	0.0902	0.0793	0.1203
	21 Days	0.113	0.09017	0.12106
	28 Days	0.1138	0.09541	0.137
L.C.		0.08957	0.0723	0.09461
H <sub>2</sub> O	7 Days	0.08966	0.0753	0.09521
	14 Days	0.09027	0.07933	0.124
	21 Days	0.08948	0.08626	0.2315
	28 Days	0.09059	0.07359	0.1206



شكل (1) تغير قيم الموصلية الحرارية لمختلف النماذج على وفق النسب المبينة قبل وبعد الغمر في الماء الاعتيادي (H<sub>2</sub>O) في فترات مختلفة



شكل (2) تغير قيم الموصلية الحرارية لمختلف النماذج على وفق النسب المبينة قبل وبعد الغمر في المحلول الملحي (CaCl<sub>2</sub>) عند التركيز (N0.3) في فترات مختلفة



الشكل (3) تغير قيم معامل الاحتكاك للنماذج على وفق النسب المبينة في الظروف الاعتيادية

الاحتكاك (بوليمر- زجاج) لجميع النماذج. ويمكن تفسير النتائج على النحو الاتي:

ان معامل الاحتكاك هو جمع لحددين: الجزيئي والميكانيكي، تحدث عمليات التفاعل الجزيئي غشاء (Film) في السطح ويؤثر في طبقات السطح الى عمق مئات قليلة من المايكروونات، بينما تشارك التفاعلات الميكانيكية في طبقات بسمك عشرات قليلة من المايكرون وعندما تحدث هذه العمليات على مستويات مختلفة فانها تكون منفصلة

اختبار معامل الاحتكاك (Coefficient of Friction Test)

شكل (3) يوضح ان الخليط البوليمري (UP 70/NBR 30) % امتلك اعلى معامل احتكاك ويلييه الخليط البوليمري (UP 80/NBR 20) % بينما ابدت المادة المتراكبة المدعمة بمسحوق الزجاج اقل قيمة لمعامل الاحتكاك. وكذلك يبين الشكل نفسه ان معامل احتكاك (بوليمر - بوليمر) اعلى من معامل

- 2- ان للمادة البوليمرية المدعمة بمسحوق الزجاج اعلى قيم لمعامل الاحتكاك.
- 3- ارتفاع قيم التوصيلية الحرارية لجميع النماذج بعد غمرها في الماء والمحلل الملحي.

#### المصادر

رنا زياد آل فليح، (2011). تأثير درجة الحرارة والسمك والظروف البيئية على الخواص الحرارية للبولي استر غير المشبع النقي والمطعم، مجلة التربية والعلم، المجلد (24) العدد (3).

Ahmed M., Nafij.; Grad D.; Md M., Yanti, J.; Adam, H. and Mohammad, K. (2018). Effect of Aging and Weathering on the Physical Properties of Maxillofacial Silicone Elastomers: A Systematic Review and Meta-analysis, Journal of Prosthodontics 00,1-12 C \_ 2018 by the American College of Prosthodontists.

Awham, M. H., (2006), Development and Study of Blend-base Polymer Composites, Ph.D. Thesis, School of Applied Science, University of Technology.

Benabdallah, H. (2003). Friction and Wear of Blended Polyoxymethylene Sliding Against Coated Steel Plates, Wear, 254(12), 1239-1246.

Bushra, H., (2014). Effect of Glass Powder on Some Mechanical Properties of Polymer Matrix Composite Material Journal of Al-Nahrain University, 17 (2), 108-115.

Buthaina, A.; Ibrahim and Karrer, M., Kadum, (2010). Influence of Polymer Blending on Mechanical and Thermal Properties, Modern Applied Science, 4(9).

(Benabdallah، 2003). تكون التفاعلات الجزيئية مسؤولة عن الالتصاق في الاجسام الصلبة وعموما فان كل نظريات الاحتكاك الحديثة تهتم بالتفاعلات الجزيئية حيث ان قوى الالتصاق لا تعمل فقط عند نقاط الالتصاق الحقيقي ولكن ايضا على المناطق المجاورة حيث لا يوجد هناك تلامس مباشر لكن المسافة بين سطوح الاجسام المتلامسة لا تتجاوز نصف قطر تأثير التفاعل الجزيئي. وهذا يكون خلاصة ما يسمى بالالتصاق شديد التلامس ( Extra Contact Adhesion -) وهو نتيجة حركة قوى فاندر فالز. اما المواد المترابطة ذات الاساس البوليمري فان التفاعلات الكيميائية تبدأ بوساطة الحشوة التي يمكن ان تنفصل كنتيجة لتولد درجة حرارة الاحتكاك (Cho واخرون 2005). وقد لوحظ ان معظم خسائر التشوه تكون واضحة عند الانزلاق على السطوح الخشنة والالتصاق على السطوح الناعمة حيث تجهز فقدان الطاقة للزج المرن (Viscoelastic Energy Losses) مساهمة رئيسة للاحتكاك. وبما ان قوى الاحتكاك تعتمد بشكل كبير على المواد الداخلة في صنع السطحين. فبعض المواد تميل الى ان ترتبط مع بعضها وبذلك تمتلك قوى احتكاك عالية وبعض المواد لا ترتبط جيدا مع مواد اخرى وبهذه الحالة فان قوى الاحتكاك سوف تكون صغيرة (Nuruzzan واخرون 2011) وهذا يفسر سبب كون معامل احتكاك (بوليمر-بوليمر) اعلى من معامل الاحتكاك (بوليمر-زجاج).

#### الاستنتاجات

- 1- معامل احتكاك (بوليمر - بوليمر) اعلى من معامل الاحتكاك (بوليمر - زجاج).

- Cho**, M. H.; Bahadur, S., and Pogosian, A. K. (2005). Friction and Wear studies Using Taguchi Method on Polyphenylene Sulfide Filled with a Complex Mixture of MoS<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Other Compounds, *Wear*, 258, (11–12) 1825–1835.
- Nuruzzaman**, D. M.; Rahaman, M. L.; and Chowdhury, M. A. (2012). Friction Coefficient and Wear Rate of Polymer and Composite Materials at Different Sliding Speeds. *International Journal of Surface Science and Engineering*, 6(3), 231-245.
- Rajak**, D. K.; Pagar, D. D.; Menezes, P. L., and Linul, E. (2019). Fiber-reinforced Polymer Composites: Manufacturing, Properties, and Applications. *Polymers*, 11(10), 1667.
- Gordana B.; Dimko D. and Viota S., (2018). Friction Mechanism of Polymers and Their Composites. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 37(1), 1-11.
- Gun-Ho**; Lee, D.; Shanker, A.; Shao, L.; Kwon, M. S.; Gidley, D., ... and Pipe, K. P. (2015). High Thermal Conductivity in Amorphous Polymer Blends by Engineered Interchain Interactions. *Nature Materials*, 14(3), 295-300.
- Hongyu**, C.; Ginzburg, V. V.; Yang, J., Yang, Y., Liu, W., Huang, Y., ... & Chen, B. (2016). Thermal Conductivity of polymer-based Composites: Fundamentals and Applications. *Progress in Polymer Science*, 59, 41-85.
- Justo**, L, Ximena B. and Yanina X., (2011). Thermal and Mechanical Properties of Wood Flour-polysyrene Blends from Postconsumer Plastic Waste, *Journal of Applied Polymer Science*, 119(1), 443-451.
- Kamrun** N. Keya.; Kona, N. A.; Koly, F. A.; Maraz, K. M.; Islam, M. N., and Khan, R. A. (2019). Natural Fiber Reinforced Polymer Composites: History, Types, Advantages and Applications. *Materials Engineering Research*, 1(2), 69-85.
- Mccrum** N. G. and Bucknall C. B., (1997), *Principle of Polymer Engineering*, 2<sup>nd</sup> ed.
- Nuruzzaman**, D.M.; Chowdhury, M. A., and Rahaman, M. L. (2011) Effect of Duration of Rubbing and Normal ILoad on Friction Coefficient for Polymer and Composite Materials', *Ind. Lubr. Tribol.*, 63(5), 320–326.
- Piorkowska**, E. and A. Galeski, (1985). *International Polymer Science and Technology*, 12(10), 102-107.
- Sihama**, I.; Oleiwi, J. K., and Ali, H. M. (2018). Study Some Physical Properties of Polymeric Blends (Sr/Pmma). *The Iraqi Journal for Mechanical and Materials Engineering*, 18(4), 538-549.
- Singh**, A. K., and Rajiv Prakash, (2011). Effect of Organoclay on Compatibilization, Thermal and Mechanical Properties of Polycarbonate/Polystyrene Blends.
- Song**, S. H.; Park, K. H.; Kim, B. H.; Choi, Y. W.; Jun, G. H.; Lee, D. J.; ... and Jeon, S. (2013). Enhanced Thermal Conductivity of Epoxy–graphene Composites by Using Non-oxidized Graphene Flakes with Non-covalent Functionalization. *Advanced Materials*, 25(5), 732-737.
- Xiao**, C.; Leng, X.; Zhang, X.; Zheng, K., and Tian, X. (2018). Improved Thermal Properties by Controlling Selective Distribution of AlN and MWCNT in Immiscible Polycarbonate (PC)/Polyamide 66 (PA66) Composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 110, 133-141.

Zheng, Z.; Ming, C.; Chen, P.; Yang, B.; Wu, B.; Miao, J., ... and Qian, J. (2019). Improvement of the Thermal/Electrical Conductivity of PA6/PVDF Blends Via Selective MWCNTs-NH<sub>2</sub> Distribution at the Interface. *Materials & Design*, 177, 107835.

**Zhou**, T.; Wang, X.; Liu, X., and Xiong, D. (2010). Improved Thermal Conductivity of Epoxy Composites Using a Hybrid Multi-walled Carbon Nanotube/Micro-sic Filler. *Carbon*, 48(4), 1171-1176.