

دراسة تأثير اختلاف درجة الحرارة على بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية لمتراكب من البولي اثيلين عالي الكثافة المدعم بألياف الزجاج

مزهري علي صاحب

الجامعة التكنولوجية ، قسم الهندسة الكهروميكانيكية.

الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة تحضير مادة متراكبة من البولي اثيلين عالي الكثافة (High density polyethylene) المدعم بألياف الزجاج بكسر وزني يقدر بـ (28%) وأن مواد التقوية هذه عبارة عن ألياف (غير محاكاة) بهيئة حصىرة من ألياف مقطعة (Chopped strand mat)، وقد استعملت ماكينة البثق الأحادية اللولب في تحضير هذه المادة البوليمرية، تبعتها عملية كبس عدة طبقات من الصفائح البوليمرية الموثوقة باتجاهات متعاكسة مضافاً بينهما مواد التقوية باستخدام المكبس الحراري لأعداد المادة المتراكبة الخاصة بهذه الدراسة.

ومن ثم تمت مقارنة خواص هذه المادة المتراكبة المتمثلة بـ (معامل المرونة، مقاومة الصدمة، الصلادة السطحية والموصلية الحرارية) مع خواص مادة البولي اثيلين عالي الكثافة غير المقواة وذلك لملاحظة تأثير عملية التقوية على خواص المادة المتراكبة عند درجات حرارية مختلفة ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ ، 30°C ، 50°C).

لقد وجد بأن معامل المرونة (E) والصلادة السطحية قد تحسنا في حالة التقوية لينخفضان مع زيادة درجة الحرارة. أما مقاومة الصدمة والموصلية الحرارية فأنهما يزدادان في التقوية بالألياف وتزدادان مع زيادة درجة الحرارة أيضاً.

المقدمة

التقوية وهو عبارة عن دقائق أو ألياف أو شعيرات أو صفائح محاطة بطور آخر يتمثل بالمضيف وتكون هذه الأطوار للمستخدمة عبارة عن مواد بوليمرية أو معدنية أو سيراميكية، بغية الحصول على مواد جديدة ذات خواص مناسبة تجمع بين خواص المواد الأولية الداخلة في تحضير المادة المتراكبة وتتجاوز السيئ من الخواص لتكون أكثر ملائمة للتطبيقات الصناعية، [٣]، [٤].

ونظراً لكون موضوع هذه الدراسة مرتبطاً بالمواد المتراكبة البوليمرية وعليه سوف يتم تسليط الضوء على هذا النوع من المتراكبات.

تتصف هذه المواد بكثافة واطئة نسبياً وذات قوة وجساءة عاليتين مع امكانية تصنيعها بأشكال معقدة [3]، حيث تتكون المادة الرابطة من مادة بوليميرية (Thermosetting، Thermoplastic)، [٣]، [٥]، أما طور التقوية فيتألف من مادة سيراميكية أو فلزية أو لدائنية تمتاز بالمقاومة العالية (High strength) أما مطلبتها فهي متنوعة فقد تكون عالية أو منخفضة اعتماداً على نوع مادة التقوية والغرض المستعملة لأجله. وعليه سوف تنقسم المواد

أستقطب راتنج البولي اثيلين الذي يعد من اقدم المواد اللدائنية المطاوعة للحرارة الاولييفينية، وأحد المواد قليلة الكلفة اهتماماً واسعاً من قبل الباحثين لما يتمتع به من مميزات كثيرة ومهمة فعلى سبيل المثال البولي اثيلين ذو قابلية جيدة للانعطاف، ومقاومته الصدمية جيدة، ومعامل احتكاكه قليل، ومقاومته للكيميائيات جيدة، وشدة عازليته عالية وتختلف مواصفاته باختلاف كثافته، وعلية أدخل البولي اثيلين كمواد أساسية في الكثير من متطلبات حياتنا اليومية. لذا تنافست الكثير من الشركات والمراكز البحثية في تحضير هذا النوع من المواد البوليمرية بمواصفات خاصة باستعمال تقنية التدعيم (التسليح Reinforcement) وبذلك يمكن الحصول على مواد صناعية جيدة ذات خواص ومميزات أكثر شمولية يطلق عليها المواد المتراكبة (Composite materials)، [١]، [٢].

عموماً، فإن المواد المتراكبة تعرف على أنها تلك الأنظمة الصلبة الناتجة من اشتراك مادتين أو أكثر بحيث تمثل كل مادة طوراً منفصلاً في النظام، والتي منها طور

يكون الكسر الحاصل من نوع الكسر المطيلي (fracture Ductile)[13].

وفي عام (1994) أجريت دراسة من قبل (Sond.A.W) تم فيها دراسة الخواص الميكانيكية لمادة متراكبة مكونة من الايبوكسي المدعم بألياف النخيل وبنسب تدعيم مختلفة و تحت تأثير درجات حرارية مختلفة، حيث استنتج الباحث بأن متانة الكسر تزداد بزيادة درجة الحرارة و بزيادة نسبة التدعيم [14].

وفي عام (2002) قام الباحث (Nora) بدراسة الخواص الفيزيائية لمتراكب بوليمرية، فقد استعملت في هذه الدراسة راتنج الايبوكسي نوع (CY233) بوصفها مادة اساس للمادة المتراكبة الهجينة المكونة من ألياف الزجاج نوع (E-glass) وألياف النايلون -66 واسلاك الحديد وبعد تحضير عينات المواد المتراكبة الهجينة (Hybrid) بكسر حجمي (26%) تمت دراسة الخواص الميكانيكية والحرارية في درجات حرارية مختلفة ($60 \pm 2^{\circ}C$, 40, 20) للتعرف عليها وتمثلت هذه الخواص ب اختبار الانحناء والصدمة والانضغاطية والصلادة السطحية ومتانة الانحناء والزحف والموصلية الحرارية و فقد أظهرت النتائج أن إضافة أسلاك الحديد تحسن من قيم الموصلية الحرارية ومعظم الخواص الميكانيكية (الصلادة ومعامل يونك ومتانة الانحناء ومعدل الزحف). كما أن زيادة درجة الحرارة تسبب زيادة قيم الموصلية الحرارية ومقاومة الصدمة وفي الوقت نفسه تؤدي إلى انحدار قيم باقي الخواص الأخرى [15].

وفي عام (2007) قام الباحث (Rula) بدراسة معامل يونك ومتانة الانحناء ومقاومة القص الداخلية ومقاومة الصدمة السطحية ومعامل التوصيلية الحرارية لمادة متراكبة هجينة مكونة من مادة الايبوكسي المدعمة هجيناً بألياف (الزجاج + الكاربون) وألياف (الكاربون + الكلفر) ومن ثم تمت مقارنة خواص هذه المواد عند درجات حرارية مختلفة ($60, 40, 20 \pm 2^{\circ}C$). وقد كانت نسبة الكسر الحجمي المستعملة (30%)، وان مواد التدعيم المستعملة هي عبارة عن ألياف محاكة بشكل حصيرة (Woven roven). ولقد توصل الباحث أن معامل المرونة والصلادة السطحية تزداد في حالة التدعيم بالألياف وتقل عند زيادة درجة الحرارة. أما متانة الانحناء ومقاومة القص فقد وجد أنها تزداد في حالة

المتراكبة البوليمرية طبقاً لأشكال مواد التدعيم الشائعة كـ (الألياف Fibers، أو الدقائق Particles، أو القشور Flakes، أو بهيئة شبكة من هذه المواد (التهجين مابين الأنواع) [6]، [7] إلى أربعة أقسام وهي: المواد المتراكبة البوليمرية المدعمة بالقشور، والمواد المتراكبة البوليمرية المدعمة بالحشوات، والمواد المتراكبة البوليمرية المدعمة بالطبقات، والمواد المتراكبة البوليمرية المدعمة بالألياف [8]، [9].

ومن المعروف أن مواصفات ونوعية المواد المتراكبة ليست مطلقة بل تتأثر وتعتمد على عدة عوامل متعلقة بتركيب البوليمر ونوع مواد التسليح. وتوزيع طور التسليح، وكمية مواد التسليح وطبيعة المنطقة الفاصلة (Interface) ما بين الطورين الأساسين (طور التقوية و طور المضيف) [10] وبالطبع تتأثر المواد البوليمرية ومتراكباتها بالظرف البيئية الخارجية (Out door environment) على اختلاف أنواعها ويظهر هذا التأثير واضحاً في معظم الخواص ومنها الخواص الميكانيكية. الا أن تسليح البوليمرات بالألياف الصناعية كالزجاج والكلفر والكاربون وغيرها يساعد على زيادة مقاومة المادة للظروف البيئية وتحسين الخواص الميكانيكية بشكل واضح بتقليل التصدع بالإجهاد [11]. ويعني ذلك أن دراسة تأثير الظروف البيئية من درجة حرارة وتأثير المحاليل والتعرض للإشعاع على الخواص الميكانيكية للبوليمر ومتراكباته، أصبح ضرورياً لقياس مدى تحملها لمثل هذه الظروف والتي تمثل عوامل التحلل (Degradation) مع مرور الوقت [12].

واستناداً إلى ذلك قام العديد من العلماء والباحثين بتوجيه أفكارهم وجهودهم لدراسة خواص هذه المواد الميكانيكية والفيزيائية بشكل عام تبعاً لخواص المواد الداخلة في تحضيرها وظروف التجوية المحيطة بها وغيرها من العوامل. ففي عام (1982) قام الباحث (Agarwl) بدراسة تأثير الحرارة على متانة الكسر لعينات من مادة متراكبة مؤلفة من الايبوكسي المقوى بألياف الزجاج الكسر لعينات من مادة متراكبة مؤلفة من الايبوكسي المقوى بألياف الزجاج، واستنتج الباحث انه بدرجات حرارية منخفضة (أقل من الصفر المئوي) يكون الكسر الحاصل للعينة هو من نوع الكسر الهش (Brittle fracture)، بينما في درجات حرارية عالية

تعتمد طريقة القولية بالبتق على امرار المادة البوليمرية (الحبيبات) إلى حجرة التسخين في الآلة عن طريق القمع (Hopper) ليصار إلى تلدينها بالحرارة بواسطة لولب الدفع الحلزوني (Screw) حيث يتحرك اللولب دورانياً داخل اسطوانة مسخنة بواسطة مسخنات حرارية (Heaters) ونتيجة لحركة اللولب يندفع البوليمر تدريجياً إلى الإمام ومن خلال اندفاعه داخل أسطوانة البثق ترتفع درجة الحرارة وتبدأ الحبيبات البوليمرية بالتجانس، وعندما يبلغ مقدمة الباتقة ليأخذ الشكل المحدد له. علماً أن جهاز البثق المستخدم ذات لولب واحد (One – screw) وان ضغط الصاقلة يقدر بـ (6bar) و أن درجة المسخن الأول قيست بـ (463⁰k) بينما درجة حرارة المسخن الثاني قيست بـ (483⁰k) وأن سرعة دوران اللولب (Screw) الحلزوني تقدر بـ (39rpm) ولجميع النماذج المحضرة. وبذلك يتم الحصول على قطعة مقولبة بوليمرية على شكل صفيحة (Sheet) تخرج من جهاز البثق. **المرحلة الثالثة: (القولبة بمكابس الضغط).**

يتم قولبة الصفائح المتكونة في المرحلة السابقة بمكابس الضغط وذلك بغية التخلص من اتجاهية السحب المتولد فيها والتي تصاحب عملية القولبة بالبتق كما أن بالقولبة بمكابس الضغط يمكن الحصول على النماذج المترابكة.

علماً بأن القالب المستخدم ذو طول (12cm) وعرض (5cm) وأن الصفائح الناتجة من عملية البثق تم تقطيعها بطول (10cm) وعرض (4.5cm) بغية تلافي التمدد الخارجي للمنصهر من القالب.

أما عملية التحضير للقولبة فتتم بالشكل الآتي:

أ- فتح القالب، تنظيفه، تشحيمه ببعض المواد المزلقة والمتمثلة هنا بسائل البرافين من نوع (Paraffin flussing Art 7162) تم تعبئة القالب باليد وذلك بوضع طبقة من المادة البوليمرية المتكونة باتجاه معاكس ويزاوية (180⁰) بحيث يبقى وجه الصفيحة نحو الأعلى هذا بالنسبة لأعداد (PHE) النقية إما لإعداد مترابكات (PHE) فأنه يوضع طبقة من ألياف الزجاج المحاكاة بهيئة حصيرة من ألياف مقطعة بين طبقتين من المادة البوليمرية المقولبة معاكس ويزاوية (180⁰) بحيث وجه الصفيحة نحو الأعلى وهكذا نستمر

التدعيم بالألياف على اختلاف أنواعها وتزداد أيضاً مع زيادة درجة الحرارة، أما مقاومة الكسر فأنها تزداد في حالة التدعيم بالألياف ومع زيادة درجة الحرارة أيضاً [16].

أما هذه الدراسة الحالية فأنها تهدف إلى التعرف على دور الية التدعيم بالألياف الزجاجية على بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية لراتنج البولي أثيلين عالي الكثافة وذلك بالنتشكيل بالبتق.

كما تهدف هذه الدراسة إلى معرفة مدى الانحراف الحاصل في الخصائص الميكانيكية والحرارية للنماذج المحضرة مع ارتفاع درجة الحرارة لتقدير حساسية هذه المواد للتأثر بهذا الارتفاع بدرجة الحرارة نظراً لاستخدامها في البيئة الخارجية.

الجانب العملي

1- (المواد المستعملة)

أ- (المادة الأساس (Matrix material).

استعملت في هذه الدراسة مادة بوليمرية من النوع المطاوع للحرارة (Thermoplastic) وهي البولي أثيلين عالي الكثافة (HPE) (High density poyethlene) المنتج من قبل شركة سابك السعودية على شكل حبيبات.

ب- (مواد التدعيم (Reinforcing material).

استعملت ألياف الزجاج نوع (E) غير محاكاة بهيئة حصيرة من ألياف مقطعة (Chopped strand mat) كمادة تدعيم لتقوية راتنج البولي أثيلين عالي الكثافة.

٢- (تقنية التحضير (Preparation technique)

اعتمدت طرائق القولبة بالبتق (Extrusion) لأن هذا النوع من التصنيع يختص بقولبة الراتنجات المطاوعة للحرارة وتقسم مراحل القولبة بالبتق إلى ثلاث مراحل وكما يلي:-

المرحلة الأولى: (تهيئة المادة البوليمرية (HPE)

تتطلب هذه المرحلة التحضير الابتدائي بغية الحصول على مادة تكون جاهزة للقولبة بوزن كمية من المادة المختارة في الدراسة تقدر بـ (500gm).

المرحلة الثانية: (عملية القولبة بالبتق)

مزه علي صاحب

اختبار الموصلية الحرارية قطعت بالإبعاد القياسية التي تلائم جهاز قرص لي (Lee's diss) ذو قطر (40 mm) وسمك (4 mm).

3- الأجهزة المستخدمة (Instruments)

أ- جهاز الانحناء (Bending) لحساب معامل يونك (المرونة) المصنع من قبل شركة (phywe) الألمانية والذي تثبت فيه العينة من طرفيها على مرتكزين وتعلق الكتل (Masses) بصورة تدريجية على الحامل المثبت عند منتصف العينة مما يسبب انحنائها تدريجياً ومن خلال مؤشر مقياس الانحراف يمكن قراءة مقدار الانحراف (Deflection) الحاصل للعينة ذات الإبعاد المعلومة.

ب- جهاز الصلادة السطحية (Durometer hardness) نوع (Shore-D) والمصنع من قبل شركة (Time Group Inc).

ج- جهاز قياس مقاومة الصدمة (strength) (Impact).

لقد تم استخدام جهاز الصدمة نوع جاري (Charpy impact test instrument) لغرض إجراء اختبار الصدمة على العينات المحضرة. أما تقنية الفحص في الجهاز جاري فتتم برفع المطرقة إلى أقصى ارتفاع وتثبيت جيداً وتوضع العينة في الموقع المخصص لها، تتبعها عملية تصفير مقياس الطاقة أولاً ثم يحرر البندول باستخدام العتلة المثبتة على المقياس وبحركة تأرجحية تتحول الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية يفقد جزء منها في كسر العينة فيقرأ مؤشر المقياس قيمة طاقة الكسر.

د- جهاز قياس الموصلية الحرارية (Thermal conductivity test instrument)

لحساب معامل التوصيلية الحراري لجميع النماذج استخدام قرص لي المصنع من قبل شركة (Griffen and George) وفيه يتم انتقال الحرارة من المسخن إلى القرص الذي يليه حتى يصل إلى القرص الأخير. وبالإمكان تحديد درجة حرارة الأقراص الثلاثة (Ta, Tb, Tc) باستخدام المحارير الموضوعة داخلها.

4- فحص المتراكبات المحضرة:

في وضع مواد التدعيم المتبقية للحصول على الكسر الوزني (Ψ) الذي يقدر بـ (28 wt%) وذلك بالاعتماد على المعادلة التالية [10]:

$$\phi = \frac{W_f}{W_c} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

وأن (W_c) تعطى من المعادلة التالية [10]:

$$W_c = W_f + W_m \dots\dots\dots (2)$$

حيث أن (Ψ): الكسر الوزني للألياف في المتراكب. (W_f, W_m, W_c): كتلة الألياف والمادة الأساس والمتراكب على التوالي.

ب- إغلاق قالب ويوضع تحت ضغط خفيف حيث يلامس الجزء العلوي من القالب المواد الموجود في التجويف، تتوقف حركة مكبس الضغط قليلاً قبل أن يهبط ليسلط الضغط الأقصى حين يبدأ سيولة الراتنج في التجويف. أن زمن التوقف القليل لا ضرورة له في حالة التسخين الأولى المسبق أما إذا لم تسخن المواد قبل وضعها بالتجويف وكانت رطبة قليلاً فتترك برهة محدودة قبل ضغط المكبس للحد الأقصى وينتظر خلال إغلاق القالب عملية إتمام النضج النهائي.

علماً بأن الضغط المستخدم في تحضير النماذج هو (85bar) وأن درجة حرارة المكبس المسلط هي بحدود $423-428^0k$ وأن الوقت المستغرق للنماذج هو بحدود (15) دقيقة.

ج- تتم عملية فتح القالب يدوياً في مكبس الضغط المستخدم في تحضير النماذج.

د- بعد استخراج القالب من المكبس وقبل الشروع في استخراج العينة من القالب تجرى عملية تبريد للقالب بالماء وبدرجة حرارة (298^0k) يجرى بعدها عملية نزع القطعة المقولبة من القالب.

والواقع أن هذه النماذج قطعت حسب المواصفات (ASTM) وكمايلي: عينات اختبار الانحناء لحساب معامل يونك تم تقطيعها حسب المواصفات القياسية (ASTM /ASTM-D790)، وعينات اختبار الصلادة (Shore-D) تم تقطيعها حسب المواصفات القياسية (ASTM-D2240)، وعينات اختبار الصدمة تم تقطيعها حسب المواصفة (ISO-179) هذا بالإضافة إلى أن عينات

رابعاً: اختبار الموصلية الحرارية
Thermal conductivity

الموصلية الحرارية لمادة ما ممكن أن تعرف على أنها مقياس لقابلية المادة لتوصيل الحرارة. ففي المواد العازلة κ (البوليمرات) تنتقل الحرارة عبرها بالية مختلفة عما هو عليه في بقية المواد، حيث تتم بموجات مرنة (Elastic waves) ناتجة عند تذبذب الجزيئات، وذلك بانتقال هذه الذبذبة إلى الجزيئات التي تجاورها نتيجة ارتباطها معاً بالأواصر.

وبذلك يمكن حساب الموصلية الحرارية باستخدام قرص لي (Lee's disk method) باستخراج قيمة (k) من المعادلة التالية [10]:

$$K \left(\frac{T_B - T_A}{d_s} \right) = e \left[T_A + \frac{2}{r} \left(d_A + \frac{1}{4} \times d_s \right) T_A + \frac{1}{2r} \times d_s \times T_B \right] \dots \dots \dots (6)$$

حيث أن (e) تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة مادة القرص لكل ثانية $(w/m^2 \cdot ^\circ C)$ وتحسب من العلاقة الآتية [10]:

$$IV = \pi \times r^2 (T_A + T_B) + 2\pi \times r \times e \left[d_A \times T_A + d_s \times \frac{(T_A + T_B)}{2} + d_B \times T_B + d_C \times T_C \right] \dots \dots \dots (7)$$

حيث أن (T_A, T_B, T_C) : درجة حرارة القرص $(^\circ C)$
 (A, B, C) على التوالي.

(d): سمك القرص (mm).

(r): نصف قطر (mm).

(I): التيار المار (Amper).

(V): الفولتية المجهزة (Volt).

النتائج والمناقشة

1- اختبار الانحناء (Test Bending) لحساب معامل يونك.
أن الهدف الرئيسي من اختبار الانحناء هو التعرف على السلوك الخطي أو ما يدعى أحيانا (behavior Hookran) للمادة الواقعة تحت تأثير الحمل المسلط بالاتجاه العمودي على المستوي السطحي لها [16].

بعد تحضير المتراكبات وتحديد الأجهزة المستخدمة أجريت على هذه المتراكبات الفحوصات التالية:
أولاً: اختبار الانحناء (لحساب معامل يونك).

يعد هذا الاختبار من الاختبارات المهمة والمعقدة لكونه يتضمن التعرض لنوعين من القوى الأولى قوة الضغط (Compression) والثانية قوة الشد (Tension). فمن خلال هذا الفحص يمكن معرفة التغير في الانحراف تحت تأثير حمل متغير وبذلك يمكن حساب معامل يونك باستخدام العلاقة التالية [16]:-

$$E = \left(\frac{\text{Mass}}{\text{Deflection}} \right) \left(\frac{gL^3}{48I} \right) \dots \dots \dots (3)$$

حيث أن (E) : معامل يونك والذي يقاس (N/m^2) .

$\left(\frac{\text{Mass}}{\text{Deflection}} \right)$: تمثل الميل (slope) المحسوب من منحنى (Mass - deflection).

(L) : البعد بين نقطتين التحميل (m) .

(I) : يمثل عزم الانحناء الهندسي (m^3) والذي يعطى بالمعادلة [16]:

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots \dots \dots (4)$$

حيث (d) : سمك العينة (m) .

(b) : عرض العينة (m) .

ثانياً: اختبار الصلادة بطريقة (Shore-D).

أن مفهوم الصلادة يمكن اعتبار مقياساً للتشوه اللدن الذي تعاني منه المادة تحت تأثير الإجهاد الخارجي.

تم إجراء اختبار الصلادة بطريقة (Shore-D) باستخدام أداة غرز نقطية ويتغلغل أداة الغرز النقطية داخل سطح المادة تحت حمل معين حيث تنتقل المقاومة رأساً إلى عداد القياس لتحديد قيمة الصلادة لتقرأ مباشرة من الشاشة الجهاز مباشرة.

ثالثاً: اختبار مقاومة الصدمة بطريقة جاريبي.

من هذا الاختبار تم حساب مقاومة الصدمة باستخدام العلاقة التالية [10]:

$$\dots \dots \dots (5) \text{ طاقة الكسر (J)} = \frac{\text{مقاومة الصدمة (Impact strength)}}{\text{مساحة المقطع العرضي للعبوة عند الكسر (m^2)}} \text{ (J/m^2)}$$

اجهادات الصدمة وعند تسليح المادة البوليمرية بالألياف نلاحظ أن الطاقة اللازمة لكسر البوليمر تزداد. فقبل حدوث الفشل في المادة المتراكبة تمر المادة بمرحلتين الأولى هي كسر المادة الأساس (Matrix) والثانية هي الفشل الحاصل في الألياف وهي نوعان فأما أن تتمزق الألياف أو تعاني انسلاخاً (Pullout) من المادة الأساس، وفي المرحلة الثانية يكون مقدار الطاقة المصروفة لكسر العينات اكبر من المرحلة الأولى [10].

أن تدعيم مادة البولي أثيلين عالي الكثافة بالألياف الزجاجية يزيد من مقاومة الصدمة حيث أن (I.S.) لراتنج البولي أثيلين عالي الكثافة عند درجة حرارة الغرفة ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) تقدر بـ 20 KJ/m^2 (220.4) في حين قيمتها للراتنج المدعم بالألياف 412 KJ/m^2 . حيث أن استعمال الألياف الغير محاكة بشكل حصيرة من ألياف مقطعة (C.S.M.) يؤدي إلى منع الشقوق وزيادة عمقها في المادة حيث تعمل الألياف كمصدات للكسر [10][18] وكما هو مبين في الأشكال (4)، (5).

ومن المخطط البياني في الشكل (6) والجدول (3) نلاحظ أن طاقة الكسر تعتمد على درجة الحرارة، إذ تزداد طاقة الكسر للمترابك المحضر بزيادة درجة الحرارة، وقد يعزى سبب ذلك إلى حقيقة أن راتنج البولي أثيلين عالي الكثافة في درجات الحرارة المرتفعة يتصرف تصرفاً لئناً [19].

3- اختبار الصلادة (Hardness Test) بطريقة (Shore-D).

لقد وجد أن قيم الصلادة السطحية المحسوبة بدرجة حرارة الغرفة ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) قد تحسنت بعد تدعيم راتنج البولي أثيلين بالألياف من (49.5No.) إلى (56.9No.) وكما هو مبين بالجدول (4) ويعود سبب ذلك إلى خواص هذه الألياف التي تتمتع بالصلادة العالية بالإضافة إلى قابليتها على تحمل الجزء الأكبر من الاجهادات [16].

ومن خلال الشكل (7) لوحظ حدوث الانحدار في قيم الصلادة لجميع النماذج المحضرة مع ارتفاع درجة الحرارة، ويعزى سبب ذلك إلى حقيقة أن الصلادة هي مقياس للتشوه اللدن الذي يمكن أن تعاني منه المادة تحت تأثير اجهاد خارجي مسلط عليها وبذلك زيادة درجة الحرارة أدت زيادة

لقد تبين من الأشكال (1) و(2) أن الانحراف يتناسب طردياً مع الحمل المحدث له، فعند زوال تأثير الحمل المسلط سوف تسترجع المادة حالتها الأولى، أي ضمن حد التشوه المرن حيث يتناسب الانفعال طردياً مع الإجهاد المحدث له ويستنتج من ذلك أن المادة تخضع لقانون هوك (Hook's) وأن النسبة بين (Mass/Deflection) مقدراً ثابت [10] وهنا يمثل الميل (Slope) المحسوب من الإشكال سابقة الذكر حيث من اختبار الانحناء تم حساب قيم معامل المرونة (E) باتباع المعادلتين (3) و(4).

أن الأشكال (2) و (3) يتوضح لنا عند تعريض النماذج المحضرة لدرجات حرارية مختلفة ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ ، 30°C ، 50°C) لمدة ساعة واحدة بأن قيم معامل المرونة قد انخفضت وبشكل ملحوظ من درجة حرارة ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) وحتى درجة حرارة ($50 \pm 2^\circ\text{C}$) وقد يعزى سبب ذلك إلى حقيقة أن زيادة درجة حرارة النموذج تؤدي إلى ضعف قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة الأساس وبالتالي تصبح لينة ويحدث فيها انفعال كبير مما يؤدي إلى انخفاض قيم معامل المرونة [10][17].

أما الجدول (1) فيبين أن قيمة (E) لراتنج البولي أثيلين عالي الكثافة عند درجة حرارة الغرفة ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) تقدر بـ 1.6557 GPa في حين قيمتها لراتنج البولي أثيلين عالي الكثافة المدعم بالألياف 3.442 GPa وهذا يعني أن الانحراف قد انخفضت قيمته في المادة المتراكبة مقارنة براتنج البولي أثيلين عالي الكثافة غير المدعم نظراً لوجود المواد المسلحة الليفية، فعند تسليط الإجهاد على المادة المتراكبة سوف يتوزع الإجهاد على كل من المادة الأساس والألياف [10]، [17].

وجديرًا بالذكر أن الألياف تتحمل الجزء الكبير من الإجهاد المسلط علاوة على ذلك فإن هذه الألياف تمتاز بمعامل مرونة عالي نسبياً إذ تمتلك ألياف الزجاج نوع (E-glass) معامل مرونة يقدر بـ ($7.3 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$) وكما هو مبين في الجدول (2) [16].

2 اختبار مقاومة الصدمة (Impact strength Test).

بصورة عامة يحدث الفشل في المادة الراتنجية غير المدعمة الخاضعة لفحص الصدمة بتحطيم الارتباطات أو القوى في البوليمر وذلك بنمو الشروخ الأولية المحدثه بفعل

حجم أكبر وتقلل من احتمالية تركيز الإجهاد عند منطقة معينة.

ب- لوحظ أن معظم الخواص الميكانيكية والحرارية التي تتميز بها مادة البولي أنثيلين قبل وبعد التدعيم تعتمد على درجة الحرارة التي ينفذ عندها الاختبار ويضاف إلى ذلك تأثير آخر يتمثل بالفحص وطبيعة الهندسية وكما يلي:

- 1- يقل معامل يونك كلما ارتفعت درجة حرارة الفحص.
- 2- إن الطاقة اللازمة لكسر تزداد بزيادة درجة الحرارة.
- 3- أن ارتفاع درجة الحرارة يساعد على زيادة مقاومة الصدمة.
- 4- تفقد المادة الراتنجية ومتراكبها مقاومتها للغرز بارتفاع درجة الحرارة.
- 5- تزداد الموصلية الحرارية بزيادة درجة الحرارة.

المصادر

- [1]. المهندس سليمان خليفة والمهندس جمال عمران، "البلاستيك تصميم وإنتاج"، مطبعة الشام، دمشق- سوريا، (1991).
- [2]. د. محمد زهير الحمصي، "موسوعة اللدائن"، مطبعة الهندي، دمشق- سوريا، (1981).
- [3]. P. A. Thomson, V. J. Colangelo, "Fundamentals of Engineering Materials", Prentice-Hall, Inc., (1985).
- [4]. M. Grayson, "Encyclopedia Materials and Components", John Wiley and Sons, New York, (1983).
- [5]. د. كوركيس عبد الادم و د. حسين علي كاشف الغطاء، "تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات"، كلية العلوم- جامعة البصرة، (1983).
- [6]. R. J. Crawford, "Plastics Engineering", 2nd Edition, Pergmon Press, New York, (1987).
- [7]. R. P. Sheldon, "Composite Polymeric Material", School of Material Science Publishing, London, (1982).
- [8]. رولا عبد الخضر عباس، "دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراكباتها"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، (2001).

ليونة المادة بسبب حركة الوحدات الابتدائية وارتخاء الأواصر بينها مما يؤدي إلى إضعاف مقاومتها للتخددش والغرز [6][19].

4- اختبار الموصلية الحرارية (Thermal Conductivity Test).

لقد تم حساب الموصلية الحرارية لجميع النماذج المهيأة بتتابع العلاقتين (6)، (7) ومن خلال النتائج المستخلصة والمتمثلة بالجدول (5) وجد أن تدعيم مادة البولي أنثيلين بالألياف يؤدي إلى زيادة قيم الموصلية الحرارية (k)، قيمة (k) للبولي أنثيلين عالي الكثافة الغير مدعم بحدود (0.2009w/m. °C) عند درجة حرارة الغرفة (20±2 °C) في حين قيمتها قد تغيرت مع تدعيم راتنج البولي أنثيلين عالي الكثافة بألياف الزجاج لتبلغ حوالي (0.3799w/m.°C) وهذا قد يعود إلى حقيقة أن ألياف الزجاج لا تمتلك خواص ميكانيكية تفوق تلك للمادة الأساس فقط ولكن في كل الحالات كانت تمتلك خصائص حرارية أعلى حيث تقدر الموصلية الحرارية للألياف الزجاجية بحوالي (1w/m.°k) كما هو مبين في الشكل (2) [16].

هذا وقد أوضحت هذه الدراسة أن الموصلية الحرارية تزداد مع زيادة درجة الحرارة الشكل (8). وقد يعزى التحسن في قيم (k) مع ارتفاع درجة الحرارة لجميع النماذج المحضرة إلى حقيقة أن جزيئات المادة دائمة الحركة وتزداد هذه الحركة إذا ارتفعت درجة الحرارة لأن جزيئات المادة بامتصاصها الطاقة الحرارية سوف تزيد من سعة ذبذباتها حول موضع الاتزان ويتصادمها مع ما يجاورها من الجزيئات تكسب تلك الجزيئات المجاورة لها طاقة تجعلها تتذبذب بسعة أكبر مما كانت عليه ويتصادم هذه الجزيئات بدورها مع ما يجاورها من الجزيئات الأخرى تكسبها طاقة وهكذا نرى أن الحرارة تنتقل عن طريقة ذبذبة الجزيئات من دون انتقالها من موضع الاتزان [20].

الاستنتاجات

أن أهم ما توصلت إليه هذه الدراسة الحالية هو ما يلي:
أ- أن ألياف الزجاج قد لعبت دور المادة المدعمة في عملية تشكيل راتنج البولي أنثيلين وزيادة خواصه الميكانيكية إذا تقوم الألياف بعملية توزيع الإجهاد على

Abstract

The project involved the preparation of composite material of high density polyethylene (HPE) reinforced with (28%) ratio of glass fiber. The reinforcement materials were chopped strand mat.

For purpose, a single – screw extruder is used in test – sample preparation, followed by use the hot – press several plates extruded along opposite direction.

A comparison is made between the properties (Elastic modulus (E), surface indentation, impact strength and thermal conductivity) of the composites with those of unreinforced high density polyethylene to find out the effect of reinforcement on the composites at varying temperatures (20,30,50 \pm 2⁰C).

It was found that elastic modulus for (HPE) increases when the material reinforced with fibers, where material hardness with reinforcement increases where as it decreases when temperature increases.

Impact strength and thermal conductivity increases with reinforcement and temperature rise.

الجدول (1)

يستعرض قيم (E) لجميع النماذج وعند درجات حرارية مختلفة.

نوع المادة	E(GPa)		
	20 \pm 2 °C	30 \pm 2 °C	50 \pm 2 °C
HPE	1.6558	1.2496	0.21869
HPE+(G+F)	3.442	2.97	0.27

[9].J. A. Jacobs, "Engineering Material Technology", Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, (1985).

[10].M. M. Schwatz, "Composite Materials Handbook", McGraw-Hill Company, New York, (1984).

[11].M. Bikales, "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering", John and sons, Vol.4, (1985).

[12].Anthony Davis and David Sims, "Weathering of Polymers", Applied Science, (1983).

[13].B. D. Agarwal, "Crack growth Resistance of Short fiber composites", fiber science and Technology, Vol.(16), PP.(19-28), (1982).

[14]. وفاء عبد سعود، "الخواص الميكانيكية للمواد المركبة باستخدام ألياف النخيل"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية - الجامعة التكنولوجية، (1994).

[15]. نورا طيب الذهبي، "دراسة الخواص الفيزيائية لمتراكبات بوليمرية"، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية، (2002).

[16]. رولا عبد الخضر عباس، "التأثير الحراري على الخواص الميكانيكية لمتراكب هجين"، مجلة جامعة النهرين - العلوم، (1) حزيران، صفحة (11-23) لسنة (2007).

[17].M. P. Stevens, "Polymer Chemistry An Introduction", Addison - Wesley Publishing company, Inc. London, (1975).

[18].E. Owen Gwilym, "Polymer Engineering Sci", Vol. 21, No.8, P. (467), (1981).

[19].D. Hull, "An Introduction to Composite Material", Cambridge University Press, First Published in (1981).

[20]. ابراهيم ابراهيم شريف، "الفيزياء (1) الحرارة وخواص المادة والصوت"، منشورات دار الراتب للابحاث الجامعية، بيروت - لبنان (1983).

الجدول (2)

يبين خواص الألياف الزجاجية المستخدمة في البحث.

Fiber	Density g/cm ³	Tensile Strength Mpa	Modulus of elasticity Gpa		Elongation at break %	Coefficient of thermal expansion × 10 ⁻⁶ K ⁻¹		Thermal conductivity w/m ^o k	Dielectric constant	Water Absorption %
				⊥			⊥			
E-glass	2.6	2400	73	37	3.8	5	5	1	6.1-6.7	<0.1

الجدول (3)

يستعرض قيم الصدمة لجميع النماذج قبل التدعيم وبعد التدعيم وعند درجات حرارية مختلفة.

نوع المادة	Impact Strength (KJ/m ²)		
	20 ± 2 °C	30 ± 2 °C	50 ± 2 °C
HPE	220.4	830.032	930.732
HPE+(G+F)	412.37	504.289	521.095

الجدول (4)

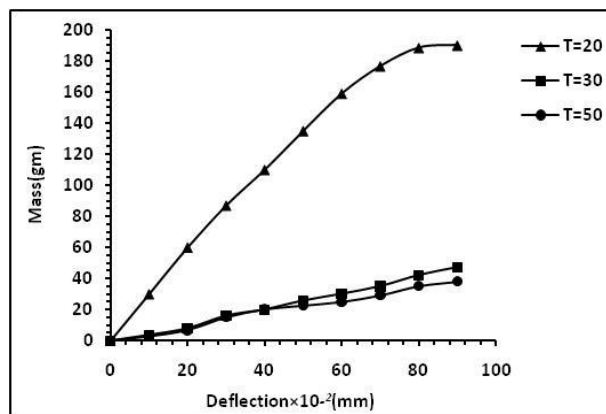
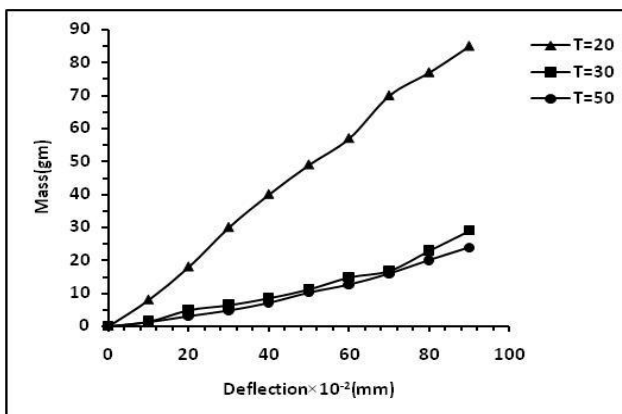
يستعرض قيم صلادة (Shore -D) لجميع النماذج مع تغير درجة الحرارة.

نوع المادة	(Shore - D) Hardness No.		
	20 ± 2 °C	30 ± 2 °C	50 ± 2 °C
HPE	49.5	41.3	37.1
HPE+(G+F)	56.9	48.7	42

الجدول (5)

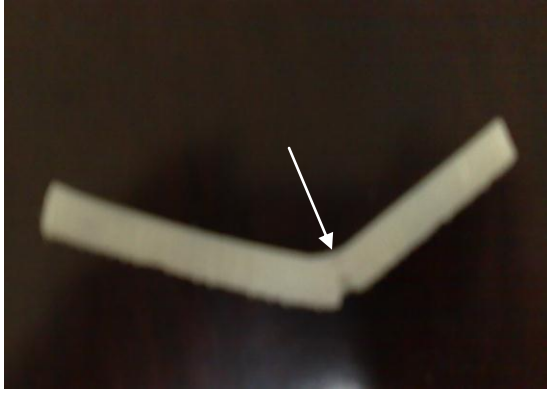
يستعرض قيم معامل التوصيل الحراري (K) لجميع النماذج قبل التدعيم بالألياف وبعده مع درجة الحرارة.

نوع المادة	K-Value (w/m ^o C)		
	20 ± 2 °C	30 ± 2 °C	50 ± 2 °C
HPE	0.2009	0.399	0.4165
HPE+(G+F)	0.3799	0.392	0.411

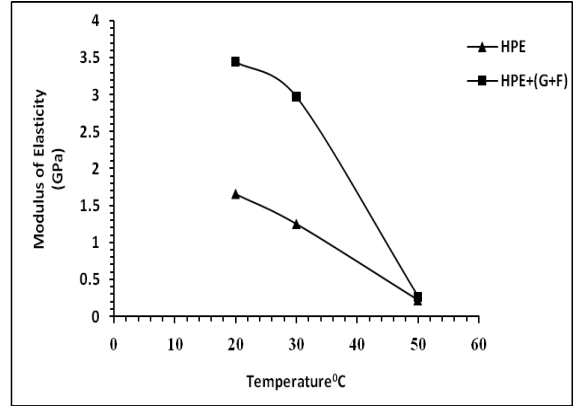


الشكل (2) يوضح العلاقة بين الكتلة والانحراف لنماذج الراتنج قبل التدعيم (HPE) عند درجات حرارة مختلفة.

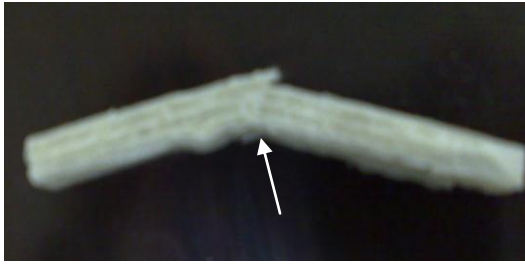
الشكل (1) يوضح العلاقة بين الكتلة والانحراف لنماذج الراتنج قبل التدعيم (HPE) عند درجات حرارة مختلفة.



الشكل (4) يوضح يبين طبيعة منطقة الكسر لعينة من البولي اثيلين الغير المدعمة بعد خضوعها لفحص الصدمة عند درجة حرارة $(20 \pm 2^\circ\text{C})$.



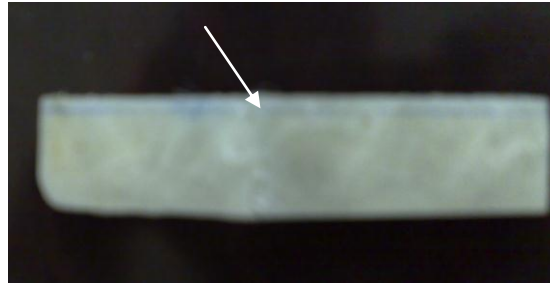
الشكل (3) يوضح تأثير اختلاف درجة الحرارة على قيم معامل المرونة لنماذج (HPE) ومترابه المدعم بألياف الزجاج.



b

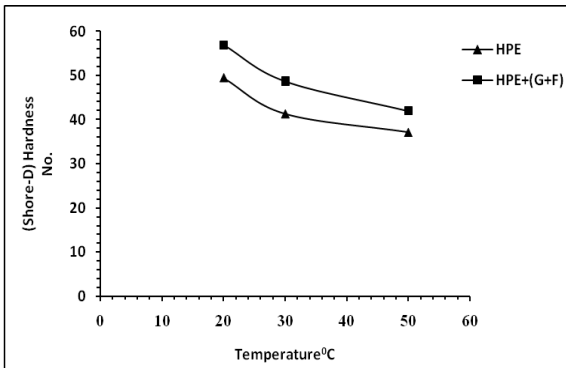


a

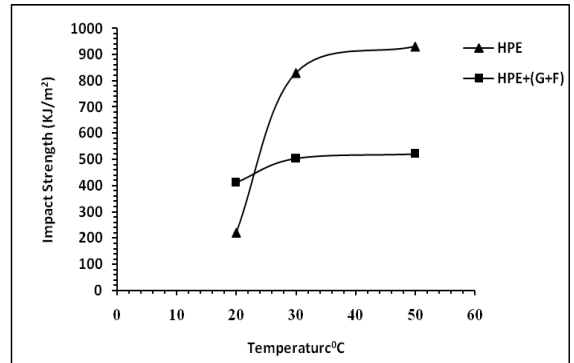


c

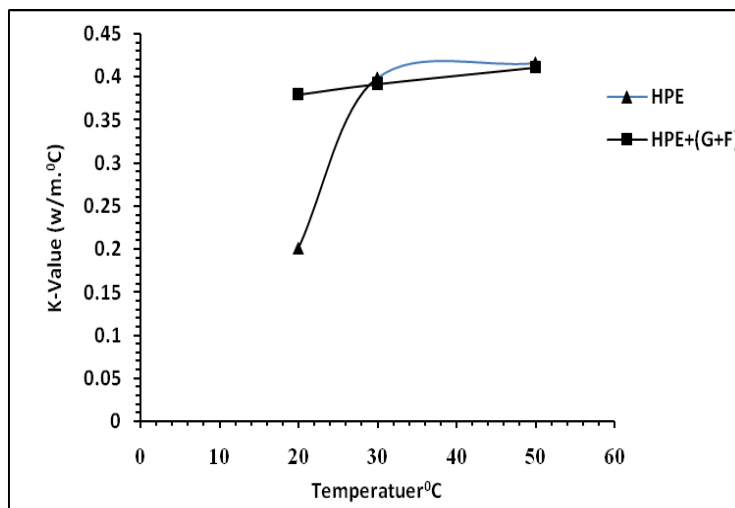
الشكل (5) يوضح طبيعة منطقة الكسر لعينات البولي اثيلين بعد تدعيمه بالألياف الزجاجية بعد خضوعها لفحص الصدمة عند درجة حرارة الغرفة $(20 \pm 2^\circ\text{C})$.



الشكل (7) يوضح تأثير اختلاف درجة الحرارة في قيم الصلادة لجميع النماذج المحضرة.



الشكل (6) يوضح العلاقة بين مقاومة الصدمة ودرجة الحرارة لجميع النماذج المدعمة وغير المدعمة بالألياف.



الشكل (8) يوضح قيم معامل التوصيل الحراري (K) مع درجة الحرارة لجميع النماذج (قبل التدعيم بالألياف وبعده).