

## دراسة التأثير الحراري على الخواص الميكانيكية لمتراكب هجين

رولا عبد الخضر عباس

الجامعة التكنولوجية، قسم العلوم التطبيقية.

## الخلاصة:

تم دراسة معامل يونك ( E ) ومتانة الانحناء (F.S.) ومقاومة القص للطبقات الداخلية (  $\tau$  ) ومقاومة الصدمة ( I.S. ) والصلادة السطحية ومعامل التوصيلية الحرارية ( K ) لمادة متراكبة هجينة مكونة من مادة الايبوكسي المقواة هجيناً (ألياف الزجاج، ألياف الكربون ، وألياف (الكربون+الكفلر) ) .ومن ثم تمت مقارنة خواص هذه المواد عند درجات حرارية مختلفة هي  $20 \pm (2, 40, 60, 23) ^\circ C$  . وقد كانت نسبة الكسر الحجمي المستخدمة (30%) وأن مواد التقوية المستخدمة هي عبارة عن ألياف محاكاة بشكل حصيرة (Woven Roven).

لقد وجد أن معامل المرونة ( E ) والصلادة السطحية تزداد في حالة التقوية و تقل عند زيادة درجة الحرارة. أما متانة الانحناء (F.S.) وقوة القص (  $\tau$  ) فقد وجد بأنها تزداد في حالة التقوية بالألياف على اختلاف أنواعها وتزداد أيضاً بزيادة درجة الحرارة، أما مقاومة الكسر (I.S.) فأنها تزداد في حالة التقوية بالألياف ومع زيادة درجة الحرارة أيضاً.

## المقدمة:

ونظراً لاستعمال البوليمرات المدعمة بكافة أنواعها في العديد من الصناعات الهندسية والكيميائية كما هو مذكور سابقاً لذا فإن دراسة تأثير ظروف التجوية المختلفة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية لهذه المواد، أصبحت ضرورية لمعرفة مدى تحمل هذه المواد لتلك الظروف التي أهمها: درجة الحرارة العالية والمحاليل الأكلة كالحوامض والقواعد والأشعة فوق البنفسجية (4).

أن تأثير ظروف التجوية وعمليات التحليل للبوليمرات والمواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري ممكن أن تحدث خلال أي مرحلة من مراحل عمر البوليمر والمادة المتراكبة ذات الأساس البوليمري، حيث أنه يكن أن يحدث خلال :عمليات التصنيع ( Synthesis)، عمليات القولية والتشكيل ( Processing)، أخيراً خلال الاستعمال (use) (5).

نظراً للأسباب أنفة الذكر فقد قام العديد من العلماء والباحثين بتوجيه أفكارهم وجهودهم لدراسة المواد المتراكبة وبالأخص ذات الأساس البوليمري وذلك لما تتمتع به من مميزات وأهمها نسبة متانة إلى وزن عالية (High Strength To Weight Ratio).

وجاءت بحوثهم العلمية لتسليط الضوء قدر الإمكان على أهمية هذه المواد ودراسة خواصها الميكانيكية والكيميائية والفيزيائية المختلفة بأوسع المجالات تبعاً

أن التطور الصناعي الكبير فرض على الباحثين في تكنولوجيا المواد إيجاد بدائل لمواد تدخل في صناعات مهمة ومقاومة للصدمة ولا تتآكل لسهولة ورخيصة التكاليف ولها صفات نوعية أخرى تجعلها المرتكز الأساسي في تحقيق التطور المنشود (1).

ومن هنا ظهرت أهمية المواد المتراكبة (Composite Materials) التي تمتلك خصائص و صفات متميزة هي مزيج لجزأين من المواد أحدهما يسمى الحاضن أو الأساس (Matrix) والآخر يدعى بالمدعم (Reinforced) كما وتسمى المادة الأساس (الطور المستمر) أما الألياف المدعمة فتسمى (الطور الموزع distributed phase) و يطلق على المنطقة التي تحيط بها المادة الأساس بالليف أسم الطور البيني.

أن الاهتمام بنوع ومواصفات كل من المواد الأساس و المواد المدعمة ومعرفة خصائصها جعلنا نحدد نوع المادة المطلوب أنتاجها والمجال الذي من الممكن أن تستعمل فيه فمثلاً في حقل الفضاء استحدثت مواد متراكبة تتحمل درجات الحرارة العالية وذات كثافة واطئة وفي مجال الطب ولغرض التعويض عن أجزاء جسم الإنسان صنعت مواد متراكبة بمواصفات وتقنيات عالية ضد التآكل والانكسار (2)، (3).

وأن هذه المواد المقوية مرتبة داخل المادة المتراكبة بالشكل التالي:

(Glass Fiber Fiber / Glass Fiber / Kevlar Fiber / Polypropylene Kevlar Fiber / Glass Fiber / Fiber / Glass)

ويكسر حجمي قدرة (30%)، وقد استنتج الباحثان

بأن درجة الحرارة تؤثر سلباً على الخواص الميكانيكية كعامل المرونة والصلادة إلا أن قيم طاقة الصدمة ومتانة الانحناء والموصلية الحرارية تتحسن بارتفاع درجة الحرارة (9).

#### الهدف من الدراسة:

تهدف هذه الدراسة للتعرف على دور آلية التجهين

على بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية لمترابك هجيني يتألف من راتنج الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج نوع (E-Glass) والكفلر و الكربون والتي جميعها محاكاة بهيئة حصيرة (Woven Roven)، وأن هذه المواد المقوية مرتبة داخل المادة المتراكبة بالشكل التالي:

(Glass Fiber Fiber /Carbon Fiber /Carbon Fiber/ + Kevlar) (Carbon Carbon Fiber /Carbon Fiber / Glass Fiber)

ومعرفة مدى الانحراف الحاصل في الخصائص

الميكانيكية والحرارية للنموذج المحضر مع ارتفاع درجة الحرارة.

#### الجانب النظري:

##### (المترابكات):

المترابكات بصورة عامة هي عبارة عن مزج مادتين

أو أكثر للحصول على مادة جديدة ذات خواص تختلف عن خواص المواد الداخلة في تكوينها في كونها أحسن جودة ومميزه فيزيائيا وكيميائيا(2).

تصنف المواد المتراكبة إلى عدة أنواع اعتماداً

على:

أ. طور المضيف (Matrix) إلى المترابكات المعدنية والسيراميكية والبوليميرية.

ب. طور التقوية (Reinforcement) إلى المترابكات

المدعمة بالشعيرات (Whisher)، المترابكات المدعمة

بالدقائق (Particle) والمترابكات المدعمة بالألياف

(Fiber) (1) (10) (11).

لخواص المواد الداخلة في تحضيرها وظروف التجوية المحيطة بها وغيرها من العوامل.

ففي عام (1977) قام العالم (B.Lin Lee)

بدراسة اعتمادية الخواص الميكانيكية الحركية على درجة الحرارة لبوليمرات محشوة (مطاط النتريل nitrile rubber المحشو بكسور حجميه مختلفة من كريات الزجاج ذات أقطار تتراوح بين (20µm) و (30µm).

فقد وضعت نظرية لتوضيح حالة الزيادة الفجائية في مقدار معامل المرونة النسبي لبوليمرات محشوة عند اقترابها من حالة التحول الزجاجي (Tg) والنقصان لمقدار معامل المرونة النسبي لدرجات حرارة فوق درجة التحول الزجاجي (Tg).

الاختلاف في معاملات التمدد يسمح ببعض

الحركة في نقاط التماس ويمكن حصول انزلاق في السطوح البينية للبوليمر - دقائق ولذلك يقل معامل المرونة (6).

وفي عام (1990) قام الباحث (Cantwell)

وزملاؤه بدراسة اختبار التشوه والكسر في راتنج الايبوكسي المدعم بدقائق السليكا (SiO<sub>2</sub>) حددت العديد من ميكانيكيات التشوهات غير المرنة والكسر مع حجم المادة. وجد أن القيم النسبية لكل من الخواص السابقة تعتمد على سرعة الاختبار ودرجة حرارة الاختبار(7).

وفي العام (2000) أجريت دراسة من قبل

(Deya'a) وزملاؤه حول تأثيرات الحرارة، الرطوبة

والإشعاع على الخصائص الميكانيكية والحرارية للفينيل استر قبل وبعد تدعيمه بألياف الزجاج مرة وألياف الكربون مرة أخرى، وقد استنتج الباحثون بأن الحرارة والرطوبة والإشعاع تؤثر سلباً على الخواص الميكانيكية كمتانة الانحناء والصلادة ولجميع النماذج (8).

وفي عام (2005) أجريت دراسة من

قبل (R.A.Abbas) و (R.M.Sallah) حول تأثير درجة الحرارة على الخصائص الميكانيكية والحرارية لراتنج الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج والكفلر المحاكة بشكل حصيرة (Woven Roven) وألياف البولي بروبيلين بهيئة حصيرة من ألياف مقطعة (Chopped Strand Mat)

وموضوع هذه الدراسة يرتبط بالمتراكبات التي يكون فيها الوسط المضيف هو البوليمر ووسط التسليح من ألياف مختلفة.

هذا النوع المتراكبات واسع الاستعمال في الكثير من التطبيقات وذلك لسهولة تصنيعه، وكلفته القليلة ولخصائصه الميكانيكية الجيدة (3).

### (وسط التسليح (الألياف) أو عناصر التدعيم):

الألياف عبارة عن تراكيب خيطية منتظمة الشكل تتميز بخواص فيزيائية وميكانيكية جيدة وهي على نوعين أساسيين وهما الألياف الطبيعية مثل القطن والألياف الصناعية مثل ألياف الزجاج والكرتون والكفلر، وتكون ألياف التدعيم ذات أشكال مختلفة منها الحزم المستمرة (Continuous) والألياف المحاكاة بشكل حصيرة (Woven Roven) أو ألياف (غير محاكاة) بهيئة حصيرة من ألياف مقطعة (Chopped Strand Mat) أو ألياف قصيرة (Short Fibers) بأطوال مختلفة (11).

أن من أهم المميزات التي تمتاز بها الألياف هي:

1. سطوحها وأقطارها منتظمة بحيث تجعل المادة المتراكبة المصنعة ذات صفات متجانسة من حيث توزيع الإجهاد.
2. امتلاكها معامل مرونة عالية لكي تعطي كفاءة في التدعيم.
3. احتفاظها بقوتها وممانتها أثناء التشكيل وبعده.
4. مقاومتها القصوى عالية.

### العوامل المؤثرة على المتراكبات المدعمة بالألياف:

1. طول الليف المؤثرة (Effective Fiber Length) عندما تكون الألياف الموجودة في المتراكب من النوع القصيرة أو غير المستمرة لأنها ستتعرض إلى الكسر أثناء تحميل المتراكب إلى حمل ما، عندئذ سيكون التسليح غير فاعل دون اعتماد طول الليف الذي لا بد أن يكون أكبر من طول معين يسمى الطول الحرج (Critical Length) وهذا الطول يمكن أن يحسب من العلاقة الآتية (13):

$$L_c = \frac{d_f \sigma_{f \max}}{2\tau_{mv}} \dots\dots\dots(1)$$

حيث: ( $L_c$ ) طول الليف الحرج، ( $d_f$ ) قطر الليف ( $\sigma_{f \max}$ ) أقصى إجهاد للألياف ( $\tau_{mv}$ ): منانة القص للمادة الأساس.

### 2. توجيه الألياف (Orientation of Fibers)

أن قصر الألياف الموجودة في المتراكب و رقتها قد يكون سبباً في عدم ترانصفاها أثناء التصنيع، كما هو معروف

فأن اتجاه الألياف بنسبه للحمل المسلط يؤثر كثيراً على مقاومة الشد وقد لوحظ أن مقاومة المتراكب تكون في قيمتها العظمى عندما يصنع الحمل مع اتجاه محور الليف زاوية مقدارها ( $0^\circ-8^\circ$ ) فعند زاوية توجيه أكبر من الدرجة ( $8^\circ$ ) تبدأ مقاومة المتراكب بالانخفاض لذا تسمى هذه الزاوية بالزاوية الحرجة (Critical angle) (13)، (14).

### 3. الكسر الحجمي (Volume Fraction):

أن مقاومة التسليح ومعامل مرونتها مهمان جدا في تحديد مقاومة المتراكب لتحمل الإجهاد ولهذا من الممكن الحصول على أحسن مقاومة بالاعتماد على الكسر الحجمي لألياف التسليح. أن كمية الليف داخل المتراكب أساسية جداً في تحديد سلوكيته، فعند زيادة الكسر الحجمي إلى مقدار معين تزداد مقاومة الشد للمتراكب ويكون بخواص مطلوبة وعندما يكون الكسر الحجمي قليلاً فأن خواص المتراكب تخضع لتأثير الوسط الأساس بالسلوك ولكن زيادة الكسر الحجمي للألياف أكبر من الحد المعين يجعل سلوك المتراكب خاضعاً لخواص الألياف. فعندما يتجاوز الكسر الحجمي للألياف المقدار (80%) فأن الترابط بين الألياف والمادة الأساس والليف مع الليف الأخر سيضعف وستزداد الفجوات كلما زادت نسبة التسليح عن هذه النسبة وتبدأ خواص المتراكب الميكانيكية بالانخفاض (13).

### 4. الترابط بالسطوح البينية (Interfacial Bonding).

المتراكبات الليفية قادرة على تحمل الاجهادات العالية أكثر من غيرها من مواد التدعيم وذلك لأن الألياف والمادة الأساس يرتبطان ويعيدان توزيع الاجهادات. قابلية هاتين المكونين (المادة الأساس والألياف) لتغير الاجهادات يعتمد بصورة حرجة على فاعلية الترابط فيما

1. ألياف زجاجية نوع (E) محاكاة بهيئة حصىرة (W.R.).
2. ألياف الكربون (HST) محاكاة بهيئة حصىرة (W. R.).
3. ألياف (الكربون + كفلر) محاكاة بهيئة حصىرة (W. R.). ويمكن ملاحظة المواصفات الفيزيائية لهذه المواد من الجدول (1).

#### - (تحضير النماذج):

- تضمنت عملية تحضير النماذج ثلاث مراحل وهي:
- أ. تهيئة القالب (Mold Preparation)  
ضمن هذه المرحلة تم تهيئة قالب خاص لعملية الصب مصنوع من الحديد المغلون وبأبعاد (25×25)، بعد تهيئة القالب أجريت له عملية تنظيف دقيقة ثم تبعتها عملية تجفيف، ثم بعد ذلك ولضمان عدم التصاق الراتنج على القالب وسهولة استخراج المصبوبات بعد اكتمال عملية التصلب تم وضع الفابلون اللاصق على الجدران الداخلية للقالب كمادة عازلة بعدها أصبح القالب جاهزاً لعملية الصب بعدها قطعت القوالب الخاصة بالفحوصات الميكانيكية والحرارية حسب المواصفات القياسية العالمية (ASTM) أو (ISO) وكما يلي:

1. عينات اختباري الانحناء ومثانة الانحناء تم تقطيعها حسب المواصفات القياسية العالمية (ANSI / ASTM-D790).
  2. عينات اختبار الصدمة تم تقطيعها حسب المواصفات القياسية العالمية (ISO-197).
  3. عينات اختبار التوصيلية الحرارية تم تقطيعها على شكل أقراص دائرية بقطر (4mm) وسمك (3mm) لكي تلائم اختبار قرص لي (Lee's Disc).
- ب. الأجهزة المستخدمة (Instruments)
1. جهاز الانحناء لحساب معامل المرونة المصنع من قبل شركة (Phywe) الألمانية.
  2. جهاز اختبار مثانة الانحناء - الثلاثي النقاط لحساب مثانة الانحناء وإجهاد القص باستعمال المكبس الهيدروليكي من نوع (Ley Bold Harris No.36110) وذلك بتسليط الحمل بصورة تدريجية بالرأس المدبب عند منتصف العينة المثبتة من طرفها

بينهما، مثل هذا الترابط ممكن أن نحصل عليه بواسطة التماس المباشر للطورين، ولكن يجب استعمال ألياف معاملة مسبقاً لضمان التصاقية جيدة ما بين الطورين (14).

#### 5. خواص الألياف

#### (Properties of Reinforced Fiber)

هناك العديد من الألياف التي تستخدم في تسليح المتراكبات كألياف الزجاج وألياف الكربون والكفلر والبورون وهي تختلف في طريقة تصميمها ونسجها والاهم اختلافها في خواصها. أن مواصفات الألياف وطريقة توزيعها داخل الوسط تحدد كثيراً خواص المتراكب فمعامل المرونة ومقاومة الشد لهما دور مهم في هذه الخواص كما أن بعض الألياف تستخدم بسبب مقاومتها العالية لدرجة الحرارة (1)، (10).

#### 6. خواص المادة الأساس:

أن لمثانة المادة الأساس تأثير كبير على الخواص النهائية للمادة المتراكبة المنتجة ولكافة أنواع التدعيم حيث أنها تقوم بربط مادة التدعيم إضافة إلى أنه في حالة تسليط حمل على المادة المتراكبة فأنها تنتشوه وتوزع الاجهادات على مادة التدعيم. في أغلب الأحيان تكون المادة الأساس مفتاحاً لتدعيم المواد المتراكبة وذلك من خلال محافظتها على التدعيم من الظروف الجوية المختلفة (1)، (15).

#### الجزء العملي:

#### - (المواد المستعملة):

- أ. المادة الأساس (Matrix Material): المادة الأساس المستعملة في البحث هي راتنج الأيبوكسي المحتوى على مجاميع الايبوكسايد نوع كونبكسترا (Ep-10) (Conbextra Ep-10) أما المصلد المستعمل فهو (Metapheny lene Diamine) (MPDA) حيث يضاف المصلد إلى الراتنج بنسبة (3:1) ويحدث التفاعل بينهما عند درجة حرارة الغرفة وهو من نوع تفاعل الإضافة (Addition Reaction).
- ب. مواد التدعيم (Reinforcing Materials) استعملت ثلاث أنواع من مواد التدعيم لتقوية راتنج الأيبوكسي وهي:

(Curing) بدرجة حرارة (50°C) ولمدة ثلاث ساعات، وذلك لإتمام التفاعلات الكيميائية ولتقليل الاجهادات الداخلية المتكونة إثناء عملية الصب. بعد تحضير المتراكب أجريت عليه الفحوصات التالية:

أولاً: اختبار الانحناء ومثانة الانحناء

(Flexural Strength and Bending Tests)

أ.اختبار الانحناء (Bending Test)

يعد هذا الاختبار من الاختبارات المهمة والمعقدة لكونه يتضمن التعرض لنوعين من القوى الأولى قوة الضغط (Compression) والثانية قوة الشد (Tension) (16).

فمن خلال هذا الفحص يمكن معرفة التغير في الانحراف تحت تأثير حمل متغير وبذلك يمكن حساب معامل يونك باستخدام العلاقة التالية (15):

$$E = \left[ \frac{Mass}{Deflection} \right] \left[ \frac{gL^3}{48I} \right] \dots \dots \dots (2)$$

حيث:

(Mass / Deflection): تمثل الميل (Slope)

المحسوب من منحنى (Mass - Deflection)

(L): البعد بين نقطتي التحميل (m).

(I): يمثل عزم الانحناء الهندسي والذي يعطى بالمعادلة التالية (15):

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

حيث (b): عرض النموذج (m).

(d): سمك النموذج (m).

ب. اختبار مثانة الانحناء

(Flexural Strength and (F.S))

تم حساب مثانة الانحناء (F.S) اعتماداً على الاختبار الثلاثي النقطة (Three – Point Test) لتحديد أقصى أجهاد ثني تتحمله المادة تحت تأثير اجهادات مسلطة بصورة عمودية على امتداد المستوي الأفقي لها (16).

فهناك أنواع مختلفة من الآليات تحدث في مواقع مختلفة وبنفس الوقت تكون مسئولة عن حدوث هذا النوع من الفشل في المادة المتراكبة وكمايلي (17): 1. الفشل

على مرتكزين ويستمر تسليط الحمل حتى يحصل الكسر أو الفشل العينة.

3.جهاز اختبار الصدمة لحساب مقاومة الصدمة باستعمال جهاز الصدمة نوع جاري، والمصنع من قبل شركة

(Testing Machines Inc, AMIT YVILLE).

4.جهاز اختبار قياس الموصلية الحرارية لحساب

الموصلية الحرارية استعمال جهاز قرص لي المصنع من قبل شركة (Griffen and George).

ج. تقنية تحضير المتراكبات

(Preparation Technique) تم تحضير المتراكبات

باستخدام تقنية التشكيل اليدوي

(Hand Lay –up Molding) بالخطوات التالية:

1.قطعت طبقات الألياف لكل الأنواع بالإبعاد cm (25×25) ووزنت بحيث تحقق الكسر الحجمي (30%) ثم بعد ذلك تم وضعها في المجفف الكهربائي (oven) بدرجة حرارة (50°C) لمدة ساعة واحدة لغرض إزالة الرطوبة منها لضمان عدم تكون سطح فاصل مابين المادة الأساس ومادة التدعيم.

2.تم وزن كمية من الراتنج الايبوكسي ثم أضيف لها كمية من المصلد ونسبة وزنيه تقدر بـ (3:1)، بعدها تم خلط المحتويات داخل وعاء بلاستيكي حيث تم الخلط بصورة تدريجية لضمان عدم تكون الفقاعات بواسطة قضيب زجاجي ثم بعد ذلك تم الخلط ميكانيكياً علماً أن الراتنج يضاف إلى مواد التدعيم ويخلط قبل تصلبه.

3.بعد تحضير الراتنج المطلوب أضافته، يتم توزيع طبقة خفيفة من الراتنج على سطح قاعدة القالب بشكل متساوي ومنتظم ثم أضيفت طبقة واحدة من حصى

الألياف على طبقة الأيبوكسي وضغطت بصورة عمودية على مستوي قاعدة القالب بأسطوانة مسننه من الألمنيوم لغرض طرد الفقاعات، و للوصول للسمك المطلوب يمكن تكرار العملية عدة مرات. وبعد الانتهاء من عملية الصب وضع اللوح المعدني (غطاء القالب) على المادة المتراكبة لغرض انتظام السمك. بعد اكتمال عملية التصلب ولجميع القوالب والتي هي مدة (24 ساعة) يتم استخراج المصبوبات من القوالب، بعدها تتم عملية معالجة

المرحلة الثانية: باستمرار التحميل يتحول التشوه

المرن (Elastic) إلى تشوه مرن - لدن

(Elastic - Plastic) و عندئذ تكتمل المرحلة الثانية.

المرحلة الثالثة: تحدث بعد رفع الحمل من النموذج

الذي يعاني من اثر متبقي

(Residual Impression) عند سطحه، ويقاس قطر

الأثر الدائري (الغرز) عند سطح العينة بأخذ معدل القطر

بعد ذلك تحسب صلادة برينل من المعادلة الآتية (15):

$$H.Br = \frac{2F}{\pi D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \dots\dots (7)$$

حيث (F) الحمل المسلط (N). (D): قطر أداة الغرز

(m), (d): قطر الأثر على النموذج (m).

رابعاً: اختبار الموصلية الحرارية

(Thermal Conductivity Test)

الموصلية الحرارية لمادة ما ممكن أن تعرف على

أنها مقياس لقابلية المادة لتوصيل الحرارة (20). ففي المواد

العازلة كـ (البوليمرات) تنتقل الحرارة عبرها بآلية مختلفة

تتم بموجات مرنة (Elastic Waves) ناتجة عن تذبذب

الجزيئات، التي تنقل هذه الذبذبة إلى الجزيئات التي

تجاورها نتيجة ارتباطها معاً بالأواصر (19).

وبذلك يمكن حساب الموصلية الحرارية باستخدام

قرص لي (Lee's Disk Method) وذلك باستخراج قيمة

(K) من المعادلة التالية (19):

$$K \left( \frac{T_B - T_A}{ds} \right) = e \left[ T_A + \frac{2}{r} \left( d_A + \frac{1}{4} ds \right) T_A + \frac{1}{2r} ds T_B \right] \dots\dots\dots (8)$$

حيث أن (e) تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة

مساحة مادة القرص لكل ثانية (W/m<sup>2</sup>. °C) وتحسب

من العلاقة الآتية (19):

$$IV = \pi.r^2 e (T_A + T_B) + 2\pi.re \left[ d_A + T_A + ds \frac{1}{2} (T_A + T_B) + d_B + T_B + dcTc \right] \dots\dots\dots (9)$$

حيث (T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub>, T<sub>C</sub>): تمثل درجة حرارة القرص

(A, B, C) على التوالي وتقاس بوحدة (°C) (d): سمك

القرص (mm), (r) نصف قطر القرص (mm) (I), (mm)

التيار المار (Amper), (V): الفولتية المجهزة (Volt).

بسبب الاجهادات الشدية. 2. الفشل بسبب الإجهاد

الانضغاطية. 3. الفشل بسبب الاجهادات القصية.

حيث يمكن حساب متانة الانحناء من العلاقة

التالية (15):

$$(F.S) = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots (4)$$

حيث (L): البعد بين نقطتي التحميل (m).

(P): الحمل المسلط (N), (b): عرض النموذج (m),

(d): سمك النموذج (m).

وكما هو مذكور أعلاه فهناك قوى قصية (Shear

Forces) علاوة على قوى الشد والانضغاط وعليه يمكن

حساب أجهاد القص

(Shear Stress) (τ) للنموذج الخاضع للفحص من

العلاقة الآتية (15):

$$\tau = \frac{3P}{4bd} \dots\dots\dots (5)$$

حيث (b) عرض النموذج (m), (d) سمك النموذج (m).

ثانياً: اختبار مقاومة الصدمة

(Impact Strength Test) (I.S.)

من هذا الاختبار تم حساب مقاومة الصدمة

باستخدام العلاقة التالية (18):

طاقة الكسر (J)

$$(I.S.) = \dots\dots\dots (6)$$

مساحة المقطع العرضي للعينة

عند الكسر (m<sup>2</sup>)

ثالثاً: اختبار الصلادة بطريقة برينل

(Brinell Hardness Test) (H.Br)

أن مفهوم الصلادة يمكن اعتباره مقياساً للتشوه

اللدن الذي تعاني منه المادة تحت تأثير الإجهاد الخارجي.

تم إجراء اختبار الصلادة بطريقة برينل باستخدام

(أداة غرز) وهي عبارة عن كرة فولاذية صلدة قطرها

(2.5mm) فعند تسليط حمل مقداره (1KN) لمدة

(60sec) فيحصل غرز عند سطح العينة بواسطة أداة

الغرز من خلال حدوث تشوه لسطح المادة بثلاث مراحل

وكمايلي (19):

المرحلة الأولى: يحصل فيها تشوه مرن (Elastic)

وذلك عند بداية تغلغل أداة الغرز داخل سطح النموذج.

## النتائج والمناقشة

1. اختبار الانحناء ومثانة الانحناء

## (Flexural Strength and Bending Tests)

## أ. اختبار الانحناء (Bending Test)

أن الهدف الرئيسي من اختبار الانحناء هو التعرف على السلوك الخطي أو ما يدعى في أغلب الأحيان (Hooken Behavior) للمادة الواقعة تحت تأثير الحمل المسلط باتجاه العمودي على المستوى السطحي لها (15) حيث يلاحظ من الشكل (1) أن الانحراف (Deflection) يتناسب طردياً مع الحمل المحدث له، فعند زوال تأثير الحمل المسلط تسترجع المادة حالتها الأولى أي ضمن حد التشوه المرن يتناسب الانفعال طردياً مع الإجهاد ويستنتج من ذلك أن المادة تخضع لقانون هوك (Hook's Law) وأن النسبة بين

(Mass / Deflection) مقدار ثابت ويمثل هنا

الميل (Slope) المحسوب من الشكل السابق الذكر.

والشكل (2) يبين عند تعرض النموذج المحضر لدرجات حرارية مختلفة  $^{\circ}\text{C} (23,40,60 \pm 2)$  لمدة ساعة واحدة بأن قيم معامل المرونة قد انخفضت وبشكل ملحوظ من درجة

حرارة  $^{\circ}\text{C} (23 \pm 2)$  و حتى درجة حرارة

$^{\circ}\text{C} (60 \pm 2)$  لأن زيادة درجة حرارة النموذج تؤدي الى ضعف قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة الأساس وبالتالي تصبح لينه ويحدث فيها انفعال كبير مما يؤدي إلى انخفاض قيم معامل المرونة (21)، هذا ما أثبتته (Christopher) في بحثه حين وجد أن معامل المرونة يقل بحوالي (1000) مرة عندما ترتفع درجة الحرارة فوق (Tg) بينما تحت هذه الدرجة تكون البوليمرات هشّة

وصلدة (22) والمادة المستخدمة لها

$^{\circ}\text{C} (Tg = 62.61)$  والتي أوجدها الباحث

(Azhdar) (23) ويحصل عند هذه الدرجة تغير في

الخواص الميكانيكية كإلا أن عملية التقوية بالألياف تلعب دور إيجابياً في تقليل نسبة الزيادة في معدل

الانفعال لمادة الايبوكسي مع ارتفاع درجة الحرارة كما

مبين في الجدول (2) و ذلك لما تمتاز به الألياف

المستخدمة في الدراسة من خواص جيدة وهذا

ما يوضحه الجدول (1). أن قيمة (E) لراتنج

الايوكسي عند درجة حرارة الغرفة  $^{\circ}\text{C} (23 \pm 2)$  تقدر

بـ  $(0.550)\text{GPa}$  في حين قيمتها لراتنج الايبوكسي المدعم

بالألياف يبلغ  $(21.692)\text{GPa}$  وهذا يعني أن الانحراف قد

انخفضت قيمته في المادة المترابطة مقارنة براتنج

الايوكسي غير المدعم نظراً لوجود المواد المسلحة الليفية،

فعند تسليط الإجهاد على المادة المترابطة سوف يتوزع

الاجهاد على كل من المادة الأساس والألياف (1)، إضافة

الى استعمال مخاليط من مواد التقوية توفر الفرصة

للحصول على خواص ميكانيكية و فيزيائية فريدة قد لا

تتوفر في المادة المترابطة عند استعمال نوع واحد

بمفرده من الألياف (15)، ومن خلال دراسة أليه

الفشل لراتنج الايبوكسي فقد وجد (Gary و Mai) (24)

أن الخواص الميكانيكية الجيدة لراتنج الايبوكسي تعود

لقيمة (E) له، وتزداد اعتماداً على نوع مادة التدعيم ودرجة

الربط التقاطعي (Cross-Linking) وكلما قلت الاستطالة

زادت قيمة (E).

## ب. اختبار مثانة الانحناء

## (Flexural Strength and (F.S))

يظهر الجدول (3) والشكل (3) العلاقة بين مثانة

الانحناء (F.S) كدالة للتغير في درجات الحرارة. ويلاحظ

من الجدول والشكل أن مقاومة الانحناء (F.S.) تتغير تبعاً

لظروف التسخين، فقد وجد أن ارتفاع درجة الحرارة يؤثر

بشكل ايجابي حيث أدت إلى تحسين في مثانة الانحناء

وقد تعزى الزيادة في قيم المثانة الانحناء إلى ارتخاء

الأواصر بين جزيئات المادة وزيادة حركتها الانزلاقية، مما

يؤدي إلى زيادة الطاقة اللازمة للكسر وبالتالي زيادة المثانة

(25).

أن استخدام مبدأ التسليح أدى إلى تجاوز أهم

المشكلات المتأصلة في الراتنج غير المسلح ذو الطبيعة

الهشة التي تنمو فيه الشقوق بصورة سريعة جداً عند

التعرض لهذا النوع من الاجهادات مما يقوده الى الفشل

عند اجهادات واطنة فقيمة (F.S.) لراتنج الايبوكسي بدون

تدعيم يقدر بـ  $(740)\text{MPa}$  عند درجة حرارة الغرفة

$^{\circ}\text{C} (23 \pm 2)$  في حين قيمتها للراتنج المدعم بالألياف تبلغ

$(1377.4)\text{MPa}$ .

أن استعمال الألياف متنوعة ومحكمة بشكل حصيرة (W.R.) يؤدي إلى منع الشقوق وزيادة عمقها في المادة حيث تعمل الألياف كمصدات للكسر ومن المخطط البياني في الشكل (5) نلاحظ أن طاقة الكسر (I.S.) تعتمد على درجة الحرارة (T), إذ تزداد طاقة الكسر للمترابك ألهجيني بزيادة درجة الحرارة. إذ أن راتنجات الايبوكسي تتصرف بصورة صلدة وهشة في درجات الحرارة الأقل من الصفر المنوي وفي درجات الحرارة المرتفعة القريبة من درجة انتقالها الزجاجية  $62.61^{\circ}\text{C}$  تتصرف تصرفاً لدنا.

وهذا ما أكده الباحث (Dya'a) (10) إلا أن استعمال الألياف بمختلف أنواعها يقلل من تأثير درجات الحرارة العالية على مقاومة الصدمة.

3. اختبار الصلادة بطريقة برينل

(Brinell Hardness Test)(H.Br)

يظهر الجدول (6) والشكل (6) تأثير ارتفاع درجة الحرارة على صلادة المادة المترابكة حيث يلاحظ عند تعرض النماذج لدرجات حرارية مختلفة  $23,40,60 \pm 2^{\circ}\text{C}$  لمدة ساعة واحدة بأن قيم الصلادة قد انحدرت وبشكل متباين لأن زيادة درجة الحرارة أدت الى زيادة ليونة المادة بسبب حركة الوحدات الابتدائية و ارتخاء الأواصر بينها مما يؤدي إلى أضعاف مقاومتها لتخدش والغرز (17).

إلا أن آلية التهجين تؤثر بشكل ايجابي على

صلادة المادة الراتنجية حيث أن قيمة الصلادة لراتنج الايبوكسي عند درجة حرارة الغرفة ( $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) تقدر (0.135No.) في حين قيمتها للراتنج المدعم بالألياف (52No.).

هذا النوع من المترابكات الهجينة تمتلك جساءة

وصلادة أفضل من المترابكات الليفية من نوع واحد و الدقائقية كل على حده نتيجة للتفاعل الميكانيكي بين مواد التقوية المتعددة مما يقلل من مرونتها ومن ثم تزداد صلادة المادة وهذا ما أثبتته العديد من الباحثين منهم (Sharm Pand and) (28).

4. اختبار الموصلية الحرارية

(Thermal Conductivity Test)

أن سبب زيادة متانة الانحناء في حالة المواد المترابكة مقارنة براتنج الايبوكسي غير المدعم يعود إلى حقيقة أن الألياف تكون بمثابة حواجز تعمل على إعاقة نمو الشروخ بالاتجاه المستعرض والاتجاه الطولي (17). ومن الجدول (4) والشكل (4) يتبين أن مقاومة القص للطبقات الداخلية تسلك سلوكاً مماثلاً لمتانة الانحناء مما يؤكد حالة التناسب بينهما.

2. اختبار الصدمة (Impact Test)

بصورة عامة يحدث الفشل في المادة الراتنجية غير المدعمة الخاضعة لفحص الصدمة بتحطيم الارتباطات أو القوى في البوليمر وذلك بنمو الشروخ الأولية المحدثة بفعل اجهادات الصدمة والواقع أن هذه الشروخ المتولدة تنمو وتتكاثر بشكل كبير وسريع باتجاه السطوح البنية الفاصلة بين السلاسل البوليمرية لأن القوى بين هذه السلاسل متمثلة بقوى فاندرفال (Waal - Vander) التي تتطلب طاقة قليلة للتغلب عليها، أما الشروخ الممتدة بالاتجاه العمودي على اتجاه السلاسل البوليمرية فسوف تعمل على تحطيم تلك السلاسل خلال عملية الانتشار (Propagation)، أن هذا الأمر يتطلب طاقة اكبر للتغلب على تلك القوى المسؤولة عن ربط الوحدات التركيبية والمتمثلة بالأواصر التساهمية وعند تسليح المادة البوليمرية بالألياف نلاحظ أن الطاقة اللازمة لكسر البوليمر تزداد (26).

فقبل حدوث الفشل في المادة المترابكة تمر المادة بمرحلتين الأولى هي كسر المادة الأساس (Matrix) والثانية هي الفشل الحاصل في الألياف وهو نوعان فإما أن تتمزق (Tear) الألياف أو تعاني انسلاخاً (Pullout) من المادة الأساس، وفي المرحلة الثانية يكون مقدار الطاقة المصروفة لكسر العينات اكبر من المرحلة الأولى وهذا ما وصفه (Gwilym, E.Owen) في بحثهما (27). أن تدعيم مادة الايبوكسي بالألياف الهجينية يزيد من مقاومة الصدمة حيث أن قيمة (I.S.) لراتنج الايبوكسي عند درجة حرارة الغرفة  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  تقدر  $\frac{KJ}{m^2}$  (4.023) في حين قيمتها للراتنج المدعم بالألياف  $\frac{KJ}{m^2}$  (76.2).



حيث أن اغلب الأديبات تشير إلى وجود عوامل رئيسية تؤثر في الموصلية الحرارية (K) نورد منها مايلي(27):

1. تأثير اتجاهية الموصلية الحرارية.
2. كثافة المادة المترابطة
3. تقنيات التصنيع
4. مسامية المادة المترابطة.
5. تأثير درجة الحرارة.

### الاستنتاجات

من النتائج التي تم الحصول عليها تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

- أ. أن تدعيم راتنج الايبوكسي بالألياف قد حسن بشكل كبير جميع خواصه الميكانيكية والحرارية.
- ب. لوحظ أن معظم السلوكيات والخواص التي تتميز بها المادة الراتنجية بعد التدعيم بالألياف تعتمد على درجة الحرارة التي ينفذ عندها الاختبار ويضاف الى ذلك تأثير آخر يتمثل بالفحص وطبيعته الهندسية وكمايلي:

1. يقل معامل المرونة (E) بزيادة درجة الحرارة.
2. الطاقة اللازمة للكسر تزداد بزيادة درجة الحرارة.
3. مقاومة الصدمة تزداد درجة الحرارة.
4. تقل الصلادة السطحية بزيادة درجة الحرارة.
5. متانة الانحناء (F.S.) ومقاومة قص الطبقات الداخلية تزداد بزيادة درجة الحرارة.
6. تزداد الموصلية الحرارية بزيادة درجة الحرارة.
- ج. لوحظ بشكل متميز توحيد الخواص الفيزيائية وبصورة متوازنة في مادة واحدة مما يدل على التأثير الايجابي لعملية التهجين.

أن مقدار الموصلية الحرارية (K) للمادة المترابطة تزداد مع ارتفاع درجة حرارة المحيط وهذا يظهر واضحاً في الجدول (7) والشكل (7)، حيث تتأثر اللدائن بشكل كبير بتغير درجات الحرارة اعتماداً على نوع وتركيب المادة اللدائنية و ذلك لأن جزيئات المادة بامتصاصها الطاقة الحرارية سوف تزيد من سعة ذبذباتها حول موضع الاتزان و بتصادمها مع ما يجاورها من الجزيئات تكتسب تلك الجزيئات المجاورة لها طاقة تجعلها تتذبذب بسعة اكبر مما كانت عليه و بتصادمها هذه الجزيئات بدورها مع ما يجاورها من الجزيئات الأخرى تكسبها طاقة وهكذا نرى أن الحرارة تنتقل عن طريق ذبذبة الجزيئات من دون انتقالها من موضع الاتزان (15).

إلا أن تقوية بالألياف أدت أيضاً إلى زيادة قيم الموصلية الحرارية (K)، فقيمة (K) لراتنج الايبوكسي غير المدعم بالألياف تقدر  $(0.159 \frac{W}{m \cdot C})$  عند درجة حرارة الغرفة  $(23 \pm 2)^\circ C$  في حين قيمتها لراتنج الايبوكسي المدعم بالألياف وكما هو موضح بالجدول (7) تبلغ  $(0.433) \frac{W}{m \cdot C}$  وذلك يعود إلى حقيقة أن الألياف

الزجاج والكربون لامتلك فقط خواص ميكانيكية

تفوق تلك التي للمادة الأساس ولكن في كل الحالات تمتلك خصائص حرارية أعلى كما هو مبين في الجدول (1). كما أن وجود الألياف في المادة الأساس كمتراكب هجيني سوف تعمل على ترانس مكونات المادة المترابطة وتقليل عدد الفراغات التي ممكن أن تتكون خلال تصنيع المادة المترابطة وتوزيعها بشكل منتظم وهذا ما أيده الباحثون: (D.Anuradha, Murthy and Kishore) وبذلك يقل عدد الفراغات (Kulkami)(29) وبذلك يقل عدد الفراغات الهوائية أي تقل نسبة الوسط العازل، وبالتالي من الممكن أن تتحسن الموصلية الحرارية.

### جدول (1)

يبين خواص الألياف المستخدمة في البحث (10)

Fiber	Density $g/cm^3$	Tensile Strength Mpa	Modulus of elasticity Gpa	Elongation at break %	Coefficient of thermal expansion $X10^{-6} K^{-1}$	Thermal conductivity $w/m^{\circ}k$	Dielectric constant	Water Absorption %
-------	------------------	----------------------	---------------------------	-----------------------	--	-------------------------------------	---------------------	--------------------

				⊥			⊥			
E-glass										
Kevlar	2.6	2400	73	37	3.8	5	5	1	6.1-6.7	<0.1
49	1.45	3000	130	5.4	2.1	- 2	1	0.04- 0.05	2.4 - 4.1	~3.5
Carbon	1.75	5000	240	-	2.3	- 0.1	-	17	Conductor	<0.2
HST										

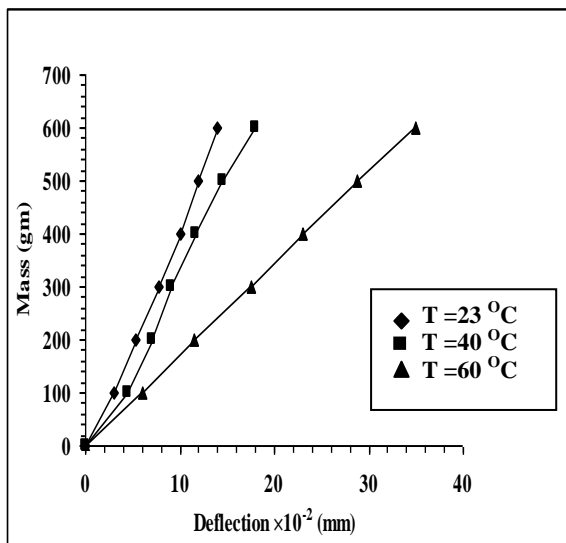
يوضح قيم الصلادة لنموذج المحضر وعند درجات حرارية مختلفة.

صلادة برينل (H.Br) No. Ball is (2.5 mm) in dia; the load is (1KN); 60s	23±2°C	40±2°C	60±2°C
	52	42	34

جدول (7)

يوضح قيم (K-Value) للنموذج المحضر وعند درجات حرارية مختلفة.

K-Value (w/m.°C)	23±2°C	40±2°C	60±2°C
	0.433	0.5018	0.507



الشكل (1) يوضح العلاقة بين الكتلة والانحراف للمادة المحضرة عند درجات حرارة مختلفة.

جدول (2)

يوضح قيم معامل يونك للنموذج المحضر وعند درجات حرارية مختلفة.

E (GPa)	23±2°C	40±2°C	60±2°C
	21.692	15.95	6.38

جدول (3)

يوضح قيم متانة الانحناء (F.S.) للنموذج المحضر وعند درجات حرارية مختلفة.

F.S. (MPa)	23±2°C	40±2°C	60±2°C
	1377.4	1967.7	2360

جدول (4)

جدول يوضح قيم إجهاد القص ( $\tau$ ) للنموذج المحضر وعند درجات حرارية مختلفة.

$\tau$ (MPa)	23±2°C	40±2°C	60±2°C
	22.727	32.467	38.961

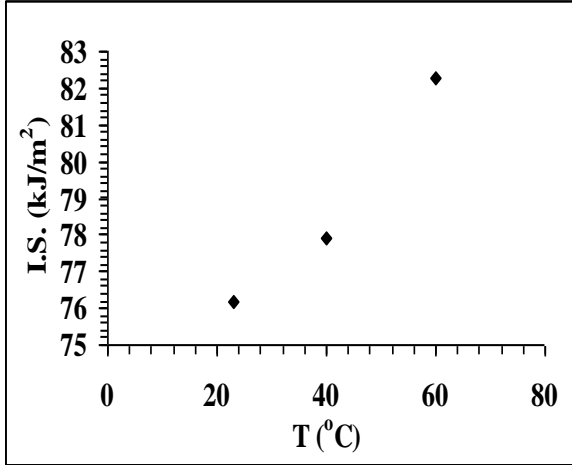
جدول (5)

يوضح قيم مقاومة الكسر للنموذج المحضر وعند درجات حرارية مختلفة.

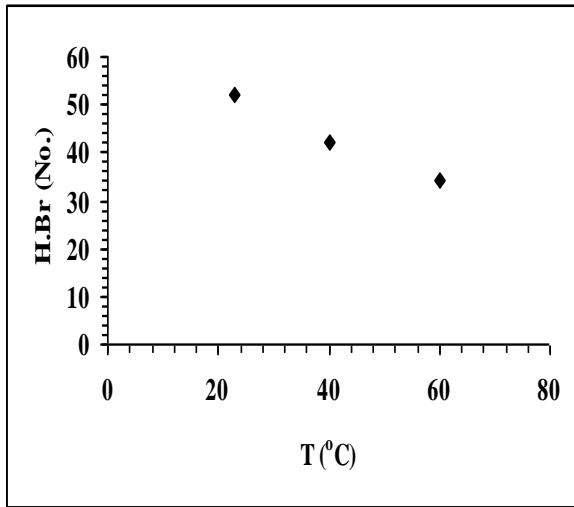
Impact strength (KJ/m <sup>2</sup> )	23±2°C	40±2°C	60±2°C
	76.2	77.9	82.25

جدول (6)

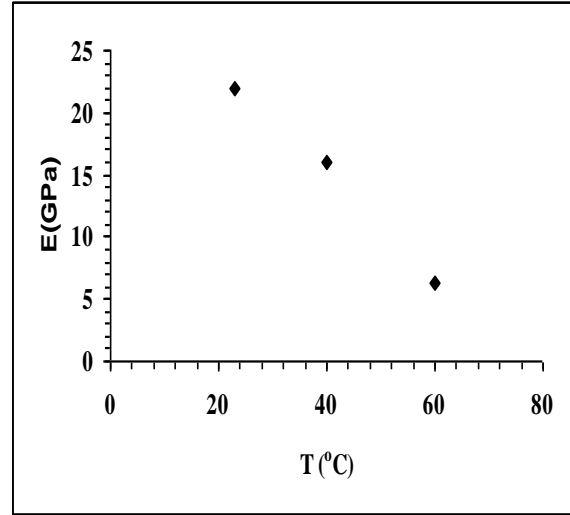
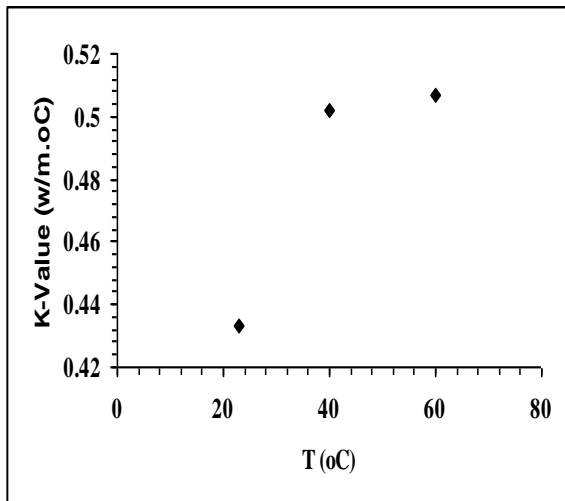
الشكل (4) يوضح العلاقة بين قيم إجهاد القص ( $\tau$ ) ودرجة الحرارة للنموذج المحضر.



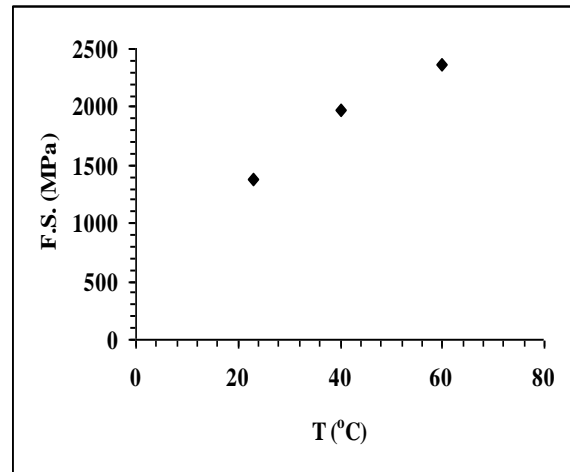
الشكل (5) يوضح العلاقة بين قيم مقاومة الصدمة ودرجة الحرارة للنموذج المحضر.



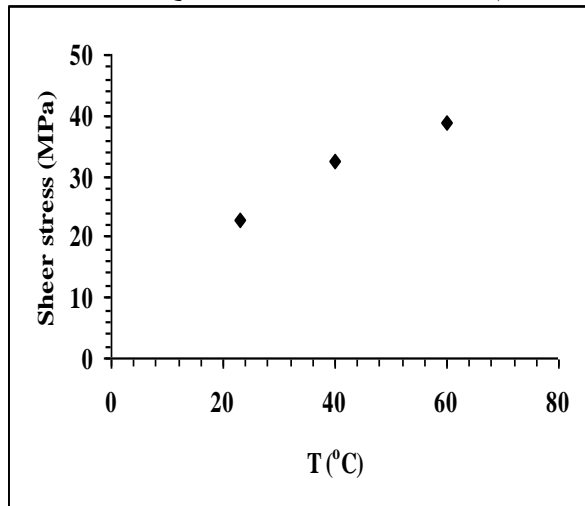
الشكل (6) يوضح تأثير اختلاف درجة الحرارة في قيم الصلابة للمواد المستخدمة.



الشكل (2) يوضح تأثير اختلاف درجة الحرارة على قيم معامل المرونة للنموذج المحضر.



الشكل (3) يوضح تأثير تغير درجة الحرارة في اختلاف قيم متانة الانحناء المرونة للنموذج المحضر.



12. M.M. Bever, "Encyclopedia of Materials Science and Engineering ", Vol.3, Pergamon Press, New York (1986).
13. P. A. Thomton, Colengelo J.V. Fundamentals of Engineering materials", Prentice – Hall, Inc. (1985).
14. M.M. Schwartz," Composite Materials Handbook", McGraw Hill Company, New York, (1984).
15. رولا عبد الخضر عباس, دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراكباتها رسالة ماجستير، العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية (2001).
16. M. A. Meyers. and. K.K Chawla, "Mechanical Behavior of Materials ", Prentice Hall, (1999).
17. G. C. Shin . and L. J. Ebert, "Composite", Vol .17, No. 4, October, PP (309 – 320) (1986).
18. R.J. Craw Ford, "Plastics Engineering " 2<sup>nd</sup> ed, Pergamon Press, U. K, (1987).
19. نجاح كاظم عليان, دراسة تأثير الظروف البيئية في متراكبات البولي اثيلين عالي الكثافة اسود الكربون (2004) رسالة ماجستير, جامعة بابل, قسم العلوم
20. M. O. W. Richardson," Polymer Engineering Composite ", Applied Science pub LTD, London, (1977).
21. M.P. Stevens, "Polyme Chemistry An Introduction", Addition–Wesley Publishing Company, Inc., London (1975).
22. Chritopher Halli; "Polymer Materials an Introduction for Technologists and Scientists", 2- edition (1989) 46.
23. A.R. Azhdar, "Impact Toughness of Fiber Reinforced Epoxy Resiv", Dec.(1992) (M.S.C.).
24. A.C. Gary and Yiu -Wing –Mai, "Composite and Technology", 31(1988) 179.
25. S.M. Tarakali, R.A. Palfrey and M.G. Philips, "Composites", Vol.20, No.20, March (1989), p.p.(159 -165).
26. J.S. Wu, K. Friedrich and M. Grosso, " Composites", Vol.20, No.3, May, (1989), P.P.(223-233).
27. Gwilym E –Owen; "Polymer Engineering Sci.21,8(1981) 467.
28. S. Pand and D. Sharm, "Strenth and Stiffness of Short Fiber/ Glass

الشكل (7) يوضح تغيير قيم معامل التوصيل الحراري (K) مع درجة الحرارة للنموذج المحضر.

المصادر:

1. K. K. Chawla "Composite Material, Springer – Verlag, New York Inc, (1987).
2. M. Grayson," Encyclopedia of Composite Materials and Components ", John Wiley and Sons, New York, (1983).
3. J. A. Jacobs, "Engineering Material Technology" Prentice – Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, (1985).
4. M. Bikales, "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering ", John and Wiley Sons, Vo1.4, (1985).
5. T. Kelen, "Polymer Degradation" Van. No strand Reinhold Company Inc, (1983).
6. B. Lin Lee," Temperature Depending of Dynamic Mechanical Properties of Filled Polymers", Journal of Polymer Science; Physics Edition, Vo1.15, No.4, April, P. (683 - 692), (1977).
7. W. J. Cant well, " Examination of the Processes of Deformation and Fracture in a Silica – Filled Epoxy Resin", Journal of Materials Science, Vol. 25, P. (633 – 648), (1990).
8. B. M. Deya and M. M. Medhat, Fourth Internation Conference of Physics of Condensed Matter, April 18<sup>th</sup>-20, University of Jordan, (2000).
9. رولا عبد الخضر عباس و رنا مهدي صالح, "دراسة تأثير درجة الحرارة على الخصائص الميكانيكية والحرارية لمادة متراكبة هجينة", مجلة كلية التربية, الجامعة المستنصرية , العدد الأول الصفحة (157 - 176) (2005).لسنة.
10. بلقيس محمد ضياء, تصنيع ودراسة خواص مواد بوليمرية متراكبة", رسالة دكتوراه, العلوم التطبيقية, الجامعة التكنولوجية (1997) .
11. R. P. Sheldon, "Composite Polymeric Material", School of Material Science Publishing, London, (1982).

- Particulate Hybrid Composite", Fiber Science and Technology, Vol. 20, No. 3, PP (235-243), (1984).
29. S.M. Kulkarni, D. Anuradha, C.R. L.Murthy and Kishore", Bulletin of Materials Science", Vol. 25, No. 2, April, P. (137-140), (2002).

### Abstract

Elastic Modulus (E), Flexural Strength (F.S.), Shear Forces ( $\tau$ ), Impact Strength (I.S.), Surface Indentation, Thermal Conductivity (k) of Composite materials that Consist of Epoxy reinforced with (30%) ratio of Glass fiber and Kevlar fiber and Carbon fiber have been studied A comparison is made between the properties of Composite at different temperature (23, 40, 60,  $\pm 2$ ) $^{\circ}$ C. Volume fraction for all specimens was (30%) and the reinforcement materials were continuous fibers oriented in Woven Roven It was found that elastic modulus for Epoxy increases when the material is reinforced with different type of fiber, where as it decreases when temperature increases.

Flexural strength increases with Reinforcement and temperature rise; such as shear Forces ( $\tau$ ) increases with reinforcement and temperature rise. Impact strength and thermal conductivity increases with reinforcement and temperature rise.

Surface Indentation for composite material decreases when temperature increases.