

جامعة الانبار

كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم الفيزياء

استخدام مواد صديقة للبيئة (القصب البردي) لتصنيع مقاطع هيكلية باستخدام البولي استر الغير مشبع

بحث تقدمت به الطالبتان

هبة جمعة

هند محمد

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الفيزياء

بإشراف

أ.د.وليد بديوي

2018

المقدمة

التعريف الأكثر شيوعاً للمواد المترابكة أنها تتكون بصورة جوهريّة من ارتباط خاص بين مكونين مختلفين في الشكل والخصائص من دون حصول تفاعل كيميائي فيما بينها، لتحل محلها روابط واضحة بين المكونات مما يتيح فرصة استخدام فوائد المكونين معاً.

إنّ التطور الصناعي والتكنولوجي الذي يشهده العالم يعتمد بشكل كبير وأساسي على التقدم في مجال علم المواد، ونتيجة لهذا التطور الكبير وفي جميع المجالات أدى إلى سعي الباحثين لإيجاد بدائل للمواد ذات الاستعمالات الصناعية المتعددة، بحيث تكون ذات مواصفات ونوعية وهندسة عالية بحيث لا تتوافر في أي مادة أخرى من حيث خفة الوزن والكلفة والخواص الأخرى بصورة عامة، ولغرض استعمالها في التطبيقات الصناعية المتعددة كالمطائرات والسفن والرادارات والسيارات والمباني والصناعات الطبية، وغيرها في العديد من المجالات، مما أدى إلى إهتمام الإنسان بتشكيل وتصنيع المواد للحصول على أعمال ومبتكرات جديدة ومفيدة بنفس الوقت، ولاحظ الباحثون وجود تباين واختلاف في الخواص لتلك المواد من خلال دراسة الخواص الهندسية للمواد (البوليمرات، المعادن، السيراميك) والتي تشمل الصلادة، المتانة، اللدونة، تحمل القوى الخارجية، مقاومة التآكل، التوصيلية الكهربائية والحرارية.

حيث إن البوليمرات (polymers) تتصف بخفة الوزن، والشفافية، والمقاومة على التآكل، وتصنيعها بأشكالها المعقدة، وعدم تحملها القوة العالية والحرارة العالية أيضاً. أما المعادن فتتمثل بالفلزات (Metals) فتتصف بالقدرة العالية على تحمل المقاومة والأثقال والمتانة، وتكون غير مقاومة للظروف الخارجية؛ لأنها معرضة للتآكل. بينما تتصف المواد السيراميكية (Ceramics) بتحملها درجات الحرارة العالية، والصلادة العالية، وقابليتها للعزل الكهربائي والحراري الجيد، وتحملها لقوة الإنضغاط، وتتصف أيضاً بالتصدع (Fracture) والهشاشة (Brittleness) والتشظي (Spalling)، وعدم تحملها لقوتي الشد والصدمة [1].

مما أدى إلى إنتاج ما يُعرف بالمواد المترابكة (Composite Materials) التي يمكن أن تُعرف بأنها (المواد الناتجة عن دمج أو مزج مادتين أو أكثر مختلفتين بالتركيب أو الشكل بشرط أن لا يتفاعلان كيميائياً بل يتأصران فيزيائياً لإنتاج مادة جديدة تختلف في خواصها عن المادة وهي بصورة مفردة) [2]. هذا وتُعد المواد البوليميرية، بالمقارنة مع المواد الهندسية الأخرى، من أهم مجموعات المواد الهندسية التي إزداد وبشكل كبير استعمالها واستخدامها، ويمكن اعتبارها مجموعة من المواد الهندسية التي تمتاز

بتركيب جزيئية كبيرة وتنتج من عملية البناء بالربط للجزيئات الصغيرة . وتقسم إلى نوعين حسب العمل والتطبيق المطلوب ، فتكون إما مواد طبيعية ، وإما مواد مصنعة ، بطرق التصنيع المختلفة . وتمتاز المواد البوليميرية المصنعة بسهولة في تصنيعها، وكثافتها الواطئة ، ومقاومة عالية للتآكل ، وكلفتها الواطئة جداً . ولكن خواصها الميكانيكية تكون واطئة عند درجتي الحرارة العالية وفي إطار ما يشهده عالمنا اليوم من تطور تكنولوجي وصناعي كبير في جميع الميادين أبدت التطبيقات والصناعات الحديثة تتطلع وبصورة كبيرة إلى أنواع جديدة من مواد غير تقليدية تسمى بالمواد المتقدمة (Advanced Materials)؛ لأنها مواد حديثة يتم توظيفها في تطبيقات تكنولوجية متقدمة لم تكن معروفة في السابق .

ولهذا فإن هذه التطبيقات المتقدمة والصناعات الحديثة تتطلب مواد تجتمع فيها خواص نادرة كثيرة قد لا تكون مجتمعة في مادة واحدة. وتُعد المواد المترابكة النانوية الحبيبات والتي تعرف باسم المترابكات النانوية (Nanocomposite Materials) هي إحدى أهم فئات المواد المتقدمة التي ظهرت في نهاية القرن السابق وازدهرت في مجالات إنتاج الفلزات والمواد الهندسية ولتفتح اتجاهات مستقبلية مشرقه وعديدة مع حلول العالم لألفيته الثالثة لإنتاج تطلعات كبيرة في حل مشاكل مستعصية وفي جميع المجالات الحياتية والصناعية . ونظراً لإملاك المواد المترابكة بعض الخواص التي تتناسب مع العديد من التطبيقات الصناعية ، فإنها حصلت على مكانة عالية وكبيرة من بين

المواد الهندسية المختلفه ، حيث أن المواد المترابكة تجمع بين خواص مادتين أو أكثر تتخطى مساوئ كل مادة ، وفضلاً عن ذلك فإنها تتحكم بخواصها سواءً كانت نسب ونوع المواد المكونة لها، أو من خلأط تصميمها وطرق تصنيعها ، ففي المجالات الكهربائية نلاحظ هناك رغبة كبيرة في إنتاج دوائر متكاملة مثلاً تكون عوازل جيدة للكهربائية وتحمل فولطية عالية ، ومفاتيح الحاسوب اللحظي، أما في مجال صناعة السيارات فقد استعملت مواد خفيفة الوزن وعالية المتانة(3). إذن هنا يمكن القول: بأن المادة المترابكة تتكون من مادة كتلية (Bulk Material) والتي تدعى بالمادة الأساس (Matrix) أو الطور المستمر (Continuous Phase) ومادة التدعيم (Reinforcement Material) والتي يمكن استعمالها بأشكال مختلفة منها الدقائق (Particles) ، أو الحشوات (Fillers) ، أو القشور (Flakes) ، أو الألياف (Fibers) حسب مجال ونوع إستخدامها، وتعمل مادة التدعيم في الأغلب على تحسين أو زيادة المقاومة (Strength) والصلابة (Stiffness) للمادة الأساس. ومن الجدير بالذكر إن المادة الأساس ومادة التدعيم لا تؤدي وظيفتها الأساسية بشكل كبير إن لم يكن هنالك بينهما روابط قوية ، ونظراً للمتطلبات في مجال

الصناعة فقد برزت الحاجة إلى استعمال مواد متراكبة تمتاز بخواص ميكانيكية عالية جداً ؛ وذلك بطريقة دمج مادتين أو نوعين أو أكثر من مواد التقوية , مثلاً نوعين أو أكثر من الألياف أو الدقائق في مادة أساس واحدة , أو دمج مادتين مختلفتين أو أكثر من نفس النوع من مادة الأساس كما في حالة الخلائط البوليمرية (polymer Blends) لتتكون مادة تُعرف بالمادة المتراكبة الهجينة (Composite Hybrid Materials). وتعد المواد المتراكبة الهجينة من أهم المواد المستعملة حديثاً وبصورة نسبية للمواد المتراكبة(4). وبالنظر للتقدم العلمي في صناعة البوليمرات فقد أصبح بالإمكان أن نحصل على مواد بوليميرية جديدة ذات صفات عالية ومرغوبة جداً عن طريق خلط البوليمرات فيما بينها, وتكون الخلائط (ثنائية , ثلاثية , رباعية) بالاعتماد على عدد المركبات البوليميرية المكونة للخليط , أو تشكيل ما يسمى كوبوليمرات (Copolymers) عن طريق بلمرة مونيمرات (Monomer) مختلفة والتي تمتلك تركيباً كيميائياً مختلف (5).

إن سكان المجتمع القديم كانوا يستخدمون مبدأ المادة المتراكبة في صناعة الطابوق, حيث كانوا يصنعون هذا الطابوق من الطين المقوى بالقش أما المصريون القدماء (1500) ق. م فقد إستخدموا مبدأ تحنيط المومياء بألياف القطن والكتان المشبعة بالراتجات الطبيعية وما طريقة لف الخيوط التي تستخدم في إنتاج أنابيب البلاستيك المسلحة الحديثة إلا إقتباساً لفكرة تحنيط المومياء القديمة. إن المواد المتراكبة يمكن تعريفها بشكل مبسط على إنها مادة مكونة من عنصرين على الأقل مرتبطان معاً ربطاً فيزيائياً على أن لا يكون هنالك تفاعلاً كيميائياً شاملاً فيما بينهما, والمادة الناتجة ستتمتع بخواص تختلف عن خواص العناصر المكونة لها فيما لو أستخدمت كلاً على إنفراد, فالمادة المتراكبة يمكن القول بأنها تتكون من مادة كتلية (Bulk Material) والتي تدعى بمادة الأساس (Matrix) أو الطور المستمر (Phase Continuous) ومادة التدعيم (Material Reinforcement) والتي طالما أستخدمت بأشكال مختلفة فمنها المساحيق, الألياف, الحبيبات البيضوية أو الكروية حسب التطبيق المطلوب أنجازه, وتعمل مادة التدعيم عادةً على تحسين أو زيادة مقاومة (Strength) وصلابة (Stiffness) مادة الأساس, ومن الجدير بالذكر إن مادة الأساس ومادة التدعيم لا تؤدي وظيفتها الأساسية إن لم يكن هنالك بينهما رابطة قوية وفيما يخص مواد التقوية فتنخذ أشكالاً مختلفة منها الدقائق (Particles) أو الحشوات (Fillers) أو القشور (Flakes) أو الألياف (Fibers). ونظراً للمتطلبات الصناعية فقد برزت الحاجة إلى إستخدام مواد متراكبة ذات خواص

ميكانيكية عالية جدا" وذلك عن طريق دمج نوعين أو أكثر من مواد التقوية في المادة الأساس أو دمج مادتين مختلفتين لتكوين المادة المترابطة الهجينة (6) Hybrid Composite .

دراسات سابقة

• في عام (2006) قام الباحث (SN مصطفى) بتحضير مزيج البولييمر من مادة البولي بروبيلين (PP) والبولي مثيل ميثا أكريليك (PMMA) مع حشو الكاولين بكسر وزني % (5 , 10 , 15) أجريت وبعد حشو (Kaoline) تضاف إلى (PP/ PMMA) العديد من الإختبارات الميكانيكية والفيزيائية من قبل) . وتشير النتائج إلى تحسين معظم الخواص الميكانيكية مثل (قوة الشد والصلابة والمرونة) (7)

• وفي نفس العام قامت الباحثة زينة بدراسة تأثير إضافة الياف الزجاج إلى البولي مثيل أكريليك على بعض الخصائص الميكانيكية وبنسب مختلفة فوجد عند إضافة الياف الزجاج إلى (PMMA) بنسبة (1.5) % تحسين في مقاومة الصدمة وعند إضافة الياف الزجاج (12.7) % تحسين مقاومة الصلادة ولا تأثير يذكر على خشونة السطح [8] .

• في عام (2007) قام الباحث عبد اللطيف بدراسة خاصية الإنثناء للبولي مثيل ميثا أكريليك (PMMA) المدعمه بالإلياف وقد أظهرت النتائج بعد الفحوصات المختبرية للعينات المدعمة بالألياف الزجاجية ذات الإتجاهية (0-90) وجود زيادة في معامل المرونة كلما زاد عدد الطبقات وزيادة في قيم الحمل مقابل زيادة بنسبة مقدار الانحراف وبالتالي زيادة في الإجهاد المسلط على العينات. كما أظهرت النتائج بعد الفحوصات المختبرية للعينات المدعمة بالألياف الزجاجية العشوائية، وجود زيادة في معامل المرونة كلما زاد عدد الطبقات وزيادة في قيم الحمل مقابل زيادة بنسبة مقدار الانحراف وبالتالي زيادة في الإجهاد المسلط على العينات ما عدا العينة ذات الطبقتين التي يقل الإجهاد المسلط مقارنة مع العينات ذات الطبقة الواحدة والثالثة [9] .

• وفي نفس العام درس الباحث سعد ميخائيل الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمادة مترابطة بوليمرية متكونة من مادة البولي استر غير المشبع والمقوى بدقائق الألمنيوم (Al) مرة ودقائق الألومينا (Al_2O_3)

مرة أخرى وبنفس الحجم الدقائقي ومن ثم إجراء مقارنة بين الخصائص الميكانيكية والحرارية لهاتين المادتين المترابطتين، وقد أظهرت نتائج اختبار الشد بأن مقاومة الشد تقل مع زيادة الكسر الوزني عند التقوية بدقائق أكسيد الألمنيوم بينما تزداد مع زيادة الكسر الوزني عند التقوية بدقائق الألمنيوم أما عند إجراء اختبارات مقاومة الانحناء والصدمة فأظهرت النتائج بأن كل من مقاومة الانحناء (F.S) وإجهاد القص () ومقاومة الصدمة (GC) ومتانة الكسر (KC) تزداد مع زيادة الكسر الوزني وكذلك الحال بالنسبة لاختبار التوصيلية الحرارية ولكلا النوعين من الدقائق [10].

استخدام مخلفات البيئة من نبات القصب البردي لتدعيم مادة البولي استر والتي تستخدم في تصنيع مقاطع هيكلية سهلة القولية وذات كلفة واطئة لها تطبيقات صناعية كثيرة منها صناعة الاثاث وبناء مقاطع جدارية واطئة الكلفة واستخدامها في تزيين الديكورات المنزلية .

الفصل الثاني الجزء النظري

تمتلك المواد المترابكة البوليميرية مكانه مرموقة ومهمة جداً بين المواد المترابكة؛ نظراً لما تتميز به من العديد من الخصائص، التي تتناسب مع العديد من التطبيقات الصناعية، والإنشائية. حيث أصبحت مادة أساسية في العديد من هذه التطبيقات بسبب ما تمتلكه هذه المواد من جودة ومتانة عالية في الاداء (11). حيث شهد النصف الأخير من القرن العشرين إتساع كبير في إنتاج واستعمال المواد المترابكة البوليميرية وعلى مدى واسع جداً، حيث شملت إستعمالاتها من الأدوات الرياضية إلى المواد الهندسية التي تستعمل في صناعات عديدة والصناعات النووية والحربية وغيرها من الكثير الصناعات المهمة، حيث انها قد بدأت تكتسب قبولاً متزايداً في الصناعة؛ بسبب خصائصها المحددة التي تمتلكها، وهذا بدوره أدى إلى إنتشارها واستعمالها في السيارات والقوارب والصناعات الكيميائية وصناعة الأثاث والصناعات قليلة الكلفة، حيث أنها تمتلك خصائص (ميكانيكية وفيزيائية) جيدة جداً تجذب المصنعين كخفة الوزن، والقوة العالية، ومقاومة التآكل، ولها القدرة أيضاً على أن تكون مصنعة خصيصاً لتطبيقات هندسية محددة؛ ولهذا السبب نلاحظ زيادة كبيرة في استعمال البوليميرات في الصناعات الحديثة أكثر من جيل المترابكات السيراميكية والمعدنية؛ لأنها لا تترك عناصر غير مرغوبة فيها وخاصة في الجسم حتى عندما تزرع الانسجة العظمية (12).

ومن هذه الأنظمة نظام البولي أستر غير المشبع ونظام وكاربيد البورون، حيث تمتلك هذه الأنظمة مميزات تجعل ارتباطها يهيئ خصائص ميكانيكية فريدة وبالأخص رواد الفضاء، الذين يبقون لزمن طويل لاستكشاف الفضاء، والذين يتعرضون للأشعة الكونية والإشعاعات النيوترونية الثانوية والنتيجة من إشعاعات الفضاء والتي تشكل خطراً كبيراً على رواد الفضاء من خلال رحلات طويله الامد لاستكشاف الفضاء (13).

ولم يقف التطور العلمي والتكنولوجي للمواد عند هذا الحد، بل تطور أكثر وبدأ علم التشويب للمواد بمواد نانوية ذات مواصفات مختارة تعمل على تحسُّن الخواص للمادة الرئيسية للحصول على أفضل الخواص للمواد المصنعة، حتى وصل إلى تصنيع خلطات وبنسب مختلفة للحصول على التجانس والتوافق الجيد للخليط بمواصفات عالية تُدعم هذه الخلطات لكسب المتانة للخليط، لتساهم في سد الاحتياجات والمتطلبات العلمية، وكذلك متطلبات الحياة البشرية وأيجاد البدائل العلمية للمواد الاحتياطية للمصانع والمكائن وغيرها، حتى وصلت في تحضير الخلطات البوليميرية من مواد متعددة مختلفة في نفس الوقت. (14)

البوليمرات (Polymers)

يمكن أن يُعرف علم البوليمر: بأنه علم الجزيئات الكبيرة وتسمى المونومرات (Monomers) , كل واحدة تمثل الوحدة الأساسية لبناء البوليمر , ترتبط هذه الوحدات البسيطة جميعها بعضها مع بعض بأواصر كيميائية مكونة سلاسل جزيئية طويلة ؛ ولذلك فإنها عادة ما تتمتع بوزن جزيئي عالي عند مقارنتها بالمركبات الكيميائية المعروفة (15)

وإن البوليمر هي كلمة لاتينية تتكون من مقطعين الاول: (بولي) (poly) وتعني (متعدد) , والمقطع الآخر: (مير) (mer) ويعني (الجزء) أي تُصبح (متعدد الاجزاء) . (16).

تتحد هذه الوحدات الصغيرة بعضها مع البعض بأواصر تساهمية (Covalent Bonds) مكونة جزيئات كبيرة تسمى بالسلاسل البوليمرية , وترتبط هذه السلاسل فيما بينها مكونة أشكالاً متعددة للجزيئة الكبيرة فتكون إما خطية (Linear) ترتبط مع بعضها بأواصر ثانوية (Secondary Bonds) المتمثلة بقوة فاندر فالز (Van der Waal's) , وإما متفرعة (Branched) , وإما متشابكة (Cross-Linked) , كما مبينة في الشكل (1-2) , حيث ترتبط السلاسل فيما بينها بأواصر تساهمية (Covalent Bonds) ويمكن تحديد طول السلسلة البوليميرية عن طريق عدد الوحدات البنائية الداخلة في تركيب السلسلة وهذا ما يطلق عليه بدرجة البلمرة (Degree of Polymerization) ومنه يمكن تحديد الخواص الفيزيائية والميكانيكية للبوليمر, حيث كلما كانت السلسلة طويلة كلما كان البوليمر أقوى . ومن أهم وأفضل مميزات البوليمرات هو مقاومتها العالية بالنسبة الى الكثافة (High strength to density or weight) , بالإضافة على إنها قليلة الكلفة وجماليتها وتألّق مظهرها (17)

وتُعتبر البوليمرات من المواد المهمة في التطبيقات الصناعية وذلك بسبب :-

- 1- البوليمرات تكون أوطأ كلفة بكثير عن باقي المواد .
- 2- الطاقة المستعملة لتصنيعها واللازمة لها تكون أقل اذا ما قارناها بالمواد الهندسية الأخرى ؛ وذلك لأنها تُشكل أصلاً في درجات حرارة منخفضة .
- 3-سهولة إمكانية تشكيلها بالقولبة ، حتى بالنسبة للأجزاء المعقدة هندسياً ، حيث انها لا تتطلب معالجات لاحقة .

4-يمكن اعتبارها مادة مهمة جداً بالنسبة للتطبيقات التي لا تحتاج الى مقاومة ميكانيكية عالية جداً؛ بسبب ما تتميز به من الكثافة القليلة , ومقاومة عالية للتآكل الكيميائي , ومقاومة نوعية عالية . هذا ويمكن تصنيف البوليمرات بالاعتماد على خواصها التطبيقية التكنولوجية وإستخداماتها العلمية الى الأصناف التالية(18).

- 1- البوليمرات المطاوعة حرارياً Thermoplastics
- 2- البوليمرات المتصلدة حرارياً Thermosetting
- 3- البوليمرات المطاطية Elastomers
- البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermoplastic)

البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermoplastics)

يتضمن هذا الصنف البوليمرات التي تتغير صفاتها بتأثير الحرارة ، فبتأثير الحرارة تتحول إلى منصهرات ، فعندما تقترب درجة الحرارة من درجة الانتقال الزجاجي (Glass Transition) (T_g) تصبح مرنة ولينة ثم تزداد مرونتها بتحولها إلى منصهرات ذات لزوجة ؛ وسبب ذلك يعود لكون السلاسل البوليمرية في المنصهر تصبح حركتها حرة ، وعند انخفاض درجة حرارة المنصهر تمر المادة بجميع المراحل السابقة فتسترجع حالتها الصلبة القوية ؛ بسبب تقييد حرية الحركة الانتقالية للسلاسل البوليمرية ، وتصبح مقتصرة على الحركة الموضعية (Local Motion) فقط (19). وبصورة عامة إن خواص البوليمرات المطاوعة للحرارة يمكن أن تتغير؛ وذلك بتغير طول السلاسل المفردة (Individual Chains) ، أي بمعنى تغيير هيئة وشكل هذه السلاسل ، المجاميع الجانبية على السلاسل ، والحلقات الجزيئية للعمود الفقري للسلسلة وقوى فاندرفالز (Vander Waals Forces) القوية ما بين السلاسل جميعها تزيد من درجة حرارة الانصهار، ومن الأمثلة على بوليمرات هذا الصنف البولي أثيلين (polyethylene) والبولي بروبيلين (polypropylene) والبولي ستايرين (polystyrene)، والبولي مثيل ميثا أكرليت (PMMA)

البوليمرات المتصلدة حرارياً (Thermosetting)

هي البوليمرات التي في حالة تعرضها للحرارة؛ فإنها تواجه تفاعلات غير معكوسة ؛ ولذلك فإنَّ تعرضها الى الحرارة أو الضغط لا يتسبب في تليينها ؛ لان الحرارة تؤدي الى التشابك الكيميائي للراتنج البوليمري والحصول على التصلد الحراري ؛ وبذلك لا يمكن إعادة الراتنج الى وضعه الاصلي بصورة معكوسة سواءً اكانت بالحرارة أو بالتبريد (20). وترتبط الجزيئات في هذا النوع من البوليمرات بأواصر تساهمية قوية ضمن خاصية الربط التقاطعي (Cross-linking) ، مما يؤدي إلى تكون سلاسل بوليمرية ذات تركيب شبكي ثلاثي الأبعاد (Three_ Dimensional Network) ، وتكون هذه السلاسل مرتبطة ومتشابكة بعضها مع بعض بأكثر من موقع ، وتنتج من هذه العملية أي التقاطع هذه بعض الجزيئات المتفرعة (Branched Molecules) وهي لا تزال قابلة للذوبان ، ولكن باستمرار التفاعل لمدة زمنية أطول يبدأ البوليمر بالتصلد تدريجياً ، إذ يكتسب بعدها خاصية الجساءة (Rigidity) (21).

هذا وتعتمد الخواص الميكانيكية للبوليمرات أو الراتنجات المتصلدة بالحرارة على طول وكثافة الربط التقاطعي (كثافة التشابك) وعلى الوحدات المكونة للشبكة ، حيث كلما كانت هذه الروابط قصيرة وكثيفة كلما إزداد البوليمر صلابة وقوة ، ويؤدي إستطالة قليلة ومعامل مرونة عالي (22) . ويمكن أن يحصل ترابط عن طريق استعمال عوامل ربط (Cross-linking Agents)، والتي تحتوي جزيئاتها على اثنين أو أكثر من المجاميع الفعالة والقابلة للتفاعل مع المجاميع الوظيفية على السلسلة البوليمرية (23)

ومن الأمثلة على بوليمرات هذا النوع وأهمها هي راتنجات البولي أستر غير المشبع (Unsaturated Polyester Resins)، وراتنجات الفينول فورمالديهايد (PF) بنوعيتها (النوفولاك) (Novolac) والريسول (Resol)، وراتنج الأيبوكسي (Epoxy Resin) (24).

البوليمرات المرنة المطاطية (Elastomers)

هي البوليمرات التي تُعاني إنفعالاً كبيراً عندما تخضع للإجهاد ، ثم تسترجع شكلها وأبعادها الاصلية بعد زوال الإجهاد المسلط عليها، وهي أساساً بوليمرات عشوائية التركيب (Amorphous Polymers) ، ولها درجة أنتقال زجاجي (T_g) (وهي الدرجة الحرارية التي يتحول فيها البوليمر من مادة زجاجية إلى مادة لينة)، أوطأ من درجة الحرارة التي يستخدمها (25). يبدأ تركيب هذه البوليمرات بتكوين سلاسل خطية طويلة جداً ، تكون ملتوية وملتفة ومتداخلة مع بعضها البعض ، يتبعها حدوث تشابكات خلال بعض

المجاميع الفعّالة ، وهذا الترتيب الغير المنتظم يسمح بحدوث الاستطالة العكسية (Reversible Elongation) " المرونة " في درجات الحرارة الاعتيادية فعند تسليط قوة كافية لجعل المادة مطاطة ، فإن السلاسل الجزيئية سوف تتفكك وتستقيم جزئياً وتصبح موجهة باتجاه القوة المسلطة ، وبينما أن الجزيئات للسلسلة أصبحت متراصة (Alligned) ، فإن قوى التجاذب (Attractive Forces) بين الجزيئات في السلاسل المتجاورة سوف تزداد ، مما يؤدي الى جعل المادة المطاطية أكثر صلابة وجساءة (Stiffness) ؛ ولذلك عندما يزول الإجهاد فإن السلاسل الجزيئية سوف تستعيد شكلها الأصلي . حيث كلما كانت التشابكات (Crosslink) موجودة فلن يحصل للمادة تشوه لدن دائمى (Permenant Plastic Deformation) بل يحصل تشوه مرن (Elastic-Deformation) . ومن الأمثلة على هذا النوع المطاط الطبيعى (Natural Rubber) ، والنيوبرين (Neoprene) ، والنترايل (Nitrile) (26).

2 - 3 المواد المترابكة (Composite Materials)

المادة المترابكة هي خليط يتكون من مادتين أو أكثر ذات مواصفات مختلفة دون حصول تفاعل كيميائي فيما بينهم ، تمتزج هذه المواد لتنتج تركيب يمتلك مواصفات جديدة ومرغوبة ، ويمكن أن تكون المكونات مواد عضوية أو لا عضوية ، أو معدنية (صناعية أو طبيعية) (27) .

هذا وتحتوي المادة المترابكة على طورين أو أكثر متميزين فيزيائياً أو كيميائياً تتوزع بشكل مناسب ، مع سطح بيني يفصل بينهما . وتمتلك المواد المترابكة أيضاً طوراً ظاهرياً (Bulk Phase) يكون مستمر يسمى بالمادة الاساس (Matrix) وطور مشتت (Dispersed) يكون غير مستمر يسمى بالتقوية (Reinforcement) والذي يكون نوعاً ما أصلد وأقوى (28) .

إن الهدف الرئيسى من المواد المترابكة هو إنتاج مواد تتميز بكثافتها الواطئة ، ومقاومة شد وجساءة (Stiffness) عاليتين ، ومتانة جيدة ، وأداء عالي في درجات الحرارة العالية ، وتوصيلية حرارية وعزل حراري جيدين ، وعزل صوتي جيد ، ومقاومة للبلى ، وصلادة عالية ، وتتميز أيضاً بمقاومة كلال ومقاومة للتآكل عاليتين ، وعليه فإن الخصائص التي تتمتع فيها المواد المترابكة تعتمد بصورة أساسية على خصائص كل من المادة الأساس ومادة التقوية ، وكذلك تعتمد على طبيعة السطح البيني بينهما ؛ لذلك فهي تستعمل في الصناعات ، كصناعة الهياكل للطائرات ، وصناعة الأقمار الصناعية ، والأدوات الطبية ، وفي

أغراض المنازل , والمعدات والاحزمة الرياضية , وحاوليات التخزين , وهياكل الزوارق وغيرها من التطبيقات الكثيرة الأخرى .

وتتكون المواد المتراكبة من ثلاثة أطوار رئيسية وهي (29):

- 1- الطور الأول ويُمثل بالمادة الأساس. (Matrix Material)
 - 2- الطور الثاني ويُمثل بمادة التقوية (Reinforced Material)
 - 3- الطور الثالث ويُمثل بالطور البيئي (Interphase)
- وهناك أسباب عديدة لاستعمال المواد المتراكبة :-

- 1- لزيادة الجساءة (Stiffness) وصلابة المواد الناتجة .
- 2- للتقليل من التمدد الحراري .
- 3- للتقليل من امتصاصية الماء .
- 4- لزيادة المتانة وخصوصاً متانة الكسر .
- 5- لزيادة وتحسين الخواص الكهربائية (زيادة الممانعة الكهربائية مثلاً) .
- 6- للتقليل من الكلفة . (30)

2 – 4 مكونات المواد المتراكبة Composites Material Components

2 — 4 — 1 المادة الأساس (Matrix Material)

وهي المادة التي تربط المواد الأخرى الداخلة في تركيب المواد المتراكبة وهي مواد التدعيم , وتمثل المادة الأساس الطور المستمر في المواد المتراكبة حيث تعمل كقالب يضم الأطوار الأخرى , وهي تعمل على ربط وتماسك مواد التدعيم تماسكاً جيداً لتكوين نظام تركيبى متماسك ومترابط يمكنه تحمل القوى الخارجية المؤثرة عليه , وتسمى المادة الأساس أحياناً بالمادة الرابطة , والمادة الأساس ممكن إن تكون مادة بوليمرية مثل البولي أستر والإيبوكسي , أو معدنية مثل مسحوق الحديد , أو سيراميكية مثل السليكا والزركونيا . عند تسليط إجهاد على المادة الأساس فأنها تنتشوه وتوزع الإجهادات على مواد التدعيم . ومن الوظائف الأساسية الأخرى التي تقوم بها المادة الأساس هي المحافظة على مواد التدعيم من الأضرار (Damage) الناتجة من الظروف الجوية مثل التآكل والأكسدة والتغير في درجات الحرارة. وتتصف المادة الأساس بأنها مادة ذات كثافة منخفضة وذات صلابة ومقاومة منخفضة أيضاً بالمقارنة مع مواد التدعيم(31).

إن المادة الأساس يكون اختيارها على أساس عدة عوامل من أهمها: (32)

- 1- سهولة تصنيعها أو تجميعها .
- 2- تكلفتها الواطئة نسبياً .
- 3- تتلائم مع ظروف البيئة .
- 4- ذات خصائص فيزيائية جيدة جداً مثل الكثافة والتوصيلية الكهربائية والحرارية ودرجة الانصهار والتمدد الحراري والشفافية .
- 5- تتلائم جيداً مع مواد التدعيم , وأيضاً تمتلك المقاومة لنفاذية السوائل .

وفي هذا البحث تم استعمال راتنج البولي أستر غير المشبع (Unsaturated Polyester) كمادة أساس والذي يعتبر من الراتنجات المتصلدة حرارياً (Thermosetting Resin) .

2 - 4 - 2 مواد التقوية (Reinforcement Materials)

وهي من إحدى المكونات الأساسية للمواد المتراكبة حيث يتم إضافة مواد التقوية إلى مادة الأساس لتقويتها وتحسين مواصفاتها وخصائصها ، وتشمل عملية التقوية نقل الحمل المسلط من المادة الأساس إلى مواد التقوية عن طريق السطح البيني . تدعى مواد التقوية أحيانا بعناصر طور التقوية أو الطور الثانوي أو الطور المغمور (Embedded Phase) وتتكون مواد التقوية عادةً من مواد عديدة منها البوليمرية أو السيراميكية أو المعدنية ، وتتصف جميعها بصورة عامة بأنها ذات مقاومة عالية وأكثر جساءة من المادة الأساس أما المطيليه (Ductility) لها فتتراوح بين المنخفضة والعالية بالاعتماد على نوع المادة المستعملة للتقوية والغرض المستعمل من أجلها ، والشكل (2-2) يوضح تصنيف المواد المتراكبة وحسب طبيعة مواد التقوية(33,34)

وبالاعتماد على شكل مواد التقوية تم تصنيفها الى ثلاثة أصناف وكما يأتي :-

1- المواد المتراكبة المقواة بالألياف (Fiber Reinforced Composite)

الألياف هي شعيرات مصنوعة من مواد خواصها الميكانيكية عالية ، وبصورة عامة تكون دائرية المقطع ، بالرغم من أنها في بعض الأحيان تمتلك أشكالاً أخرى ذات مقطع مربع أو مستطيل أو سداسي . تستعمل الألياف عادةً لزيادة الخواص الميكانيكية (35) . وإن الألياف تملك متانة شد عالية ، وكذلك

معامل مرونة عالي (High Elastic Modulus) , ولها أيضا كثافة منخفضة (Low Density) (36).

2 المواد المتراكبة المقواة بالطبقات (Laminate Reinforced Composite)

إن المادة المتراكبة المقواة بالطبقات تتكون من أطوار تترتب على شكل نسق هندسي مُصمم حسب الهدف منه , مثلاً تكون على شكل نسق خاص يسمى بالشطيره (Sandwich) أو على شكل سلسلة متناوبة من الطبقات , حيث يمكن أن تنتج هذه المواد إختلاف وتحسن كبير في الخواص الناتجة بالمقارنة مع خواص اطوارها الداخلية (37) .

2-4-3 المواد المتراكبة المقواة بالدقائق (Particle Reinforced Composite)

في الوقت الحاضر بدأ تصنيع المواد المتراكبة بالتوجه نحو إستعمال الدقائق بدلاً عن الالياف المستمرة ؛ بسبب إنخفاض كلفتها وإمكانية الوصول الى توزيع أكثر تجانس للدقائق مع المادة الأساس , وبالتالي يمكن الحصول على مواد متراكبة ذات خواص وصفات أكثر تماثل بالمقارنة مع استعمال الالياف المستمرة (38)

التلاصق (Inter Face and Bonding Force)

يمكن تعريف السطح البيني بأنه السطح الرابط بين مواد التقوية والمادة الأساس عندما يحدث الفصل بين مادتين ويكون هذا الفصل فيزيائياً أو كيميائياً (39) ، وإن هذا الفصل أما أن يكون بشكل سريع أو بشكل تدريجي , وبشكلٍ عام فإن السطح البيني هو منطقة ثنائية الأبعاد والتي عندها تتحول معالم المادة الى (Parameters) مثل التركيز ومعامل المرونة والبناء البلوري ومعامل التمدد الحراري من جانب الى جانب آخر . تقاس قوة السطح البيني بواسطة اختبارات بسيطة مثل اختبار الانحناء ثلاثي النقط أو اختبار إجهاد القص بين الطبقات (Interlaminar Shear Stress) . أما الالتصاق فيمكن تعريفه: بأنه عملية ربط مادتين سوية بواسطة قوى بينية أو تشابك كيميائي معين , والالتصاق في السطح البيني هو الالتصاق الذي تكون به السطوح البينية عند الأطوار أو العناصر تكون محافظة على نفسها بواسطة القوى بين الجزيئات أو تشابك السلسلة أو كلاهما عن طريق السطح البيني(40).

إن الآلية لنقل الإجهاد من المادة الأساس إلى مادة التقوية تعتبر المبدأ الأساسي لتقوية المادة الأساس بمواد يكون معامل مرونتها ومقاومتها عاليتين وتعتمد بالأساس على قوة الترابط بين هذه المواد ، حيث بأنعدام هذا الربط لا يكون هناك انتقال لهذا الإجهاد؛ وبذلك تسلك مواد التقوية بإعتبارها فجوات داخل المادة الأساس , وفضلا عن هذا إن عمل السطح البيني يؤثر على كيفية فشل وإنهيار المادة والشغل اللازم لكي تتمزق وتتشقق . إن الخواص للسطح البيني والكيفية التي يتصرف بها تعتمد بالدرجة الاولى على كيفية وقابلية المادة الأساس على تبليل مواد التقوية (في الحالة التي تكون فيها المادة الأساس سائلة عند التصنيع للمواد المترابكة)، وتدعى هذه الخاصية بقابلية التبليل (Wettability) والتي يمكن تعريفها بأنها : المدى الذي يمكن للسائل أن ينتشر عنده على سطح صلب(41.42). والسطح البيني يعتمد على نوع الربط (Bond) بين المادتين ، ومن أهم أنواع الربط هي :

a. الربط الميكانيكي (Mechanical Bonding)

يَعتمد هذا النوع من الربط على مقدار التشابك لكل من السطحين (مادة الأساس ومادة التدعيم) حيث قد تحتوي إحدى المادتين على ثقب أو تشققات أو نتوءات مجهرية مما يؤدي الى حصول تغلغل أو تداخل بالمادة الأخرى عند السطح البيني لكل من المادتين . ومن العوامل التي تؤثر على هذا النوع من الربط هو تأثير الاحتكاك أو خشونة السطح ما بين المادتين , حيث أن الخشونة تزيد من قابلية التبليل فيؤدي الى زيادة مساحة التماس(45,44).

b. الربط الكيميائي (Chemical Bonding)

وهو أقوى أنواع الربط ، يستعمل هذا النوع عندما نريد أن نحصل على سطح بيني ذو قوة ومقاومة قص (Shear Strength) تكون قريبة من مقاومة وقوة المادة المترابكة . ويكون الربط الكيميائي على نوعين : -

النوع الاول :- يكون بوساطة القوى الجزيئية بين كل من مادة الاساس ومادة التقوية ، حيث أن الكفاءة لهذا النوع من الربط تتوقف على نوع الأواصر الكيميائية بين الجزيئات , فقد تكون هذه الأواصر تساهمية أو أيونية أو معدنية وتزداد كفاءة هذا النوع من الربط كلما إزدادت قابلية التبليل بين مادة الأساس ومادة التقوية .

النوع الثاني :- ويحصل هذا النوع بين السطحين بسبب إنتقال الذرات أو الجزيئات من المادة إلى المادة الأخرى ويمكن السيطرة على هذه العملية بواسطة خاصية الأنتشار (Diffusion), أي أن الربط قد

يُحصل نتيجة إنتقال بعض ذرات المادة الأساس إلى الشبكة الجزيئية لمادة التقوية أو قد يحصل العكس بشكل متبادل بين الاثنين هذا ضمن مدى محدد لا يتعدى سمك الطبقة للطور البيئي المتكونة من الأبعاد الذرية(46) .

2 – 5 قابلية التبليل (الترطيب) (Wettability)

إن الخواص للسطح البيئي والكيفية التي يتصرف بها تتوقف بالدرجة الأساسية على قابلية الوسط الى ترطيب مواد التقوية بأوطأ ما يمكن من التفاعلات الكيميائية (في الحالة التي يكون فيها الوسط مادة سائلة أثناء تصنيع المواد المركبة) , تسمى هذه الخاصية قابلية التبليل أو الترطيب (Wettability) ، وكلما ازدادت هذه الخاصية بين الوسط ومواد التقوية ازدادت مساحة التماس البينية بين المادتين , وبالتالي نحصل على الاستمرارية المطلوبة للخواص ؛ ولهذا السبب أسُئِمت تقنيات كثيرة لتحسين قابلية التبليل أو الترطيب (47).

راتنج البولي أستر غير المشبع (Unsaturated Polyester Resins)

يعد راتنج البولي أستر غير المشبع من أهم وأكثر المواد البوليمرية إستعمالاً في وقتنا الحاضر وفي جميع التطبيقات ؛ بسبب ما يمتلكه من الخواص العالية في الأداء والتشغيل وبمعدلات سريعة جداً ، وتكلفته الواطئه , هذا وتعد تفاعلات البولي أستر غير المشبع من التفاعلات الباعثة للحرارة ؛ لذلك يجب التخلص من هذه الحرارة وأن نتحكم بها أثناء عملية التسوية والتشكيل ، لأن الحرارة العالية تكون حرجة فتسبب حدوث شقوق وصدوع والناجمة من الأجهاد الحراري المتولد في المُنتج النهائي , وهذا بدوره سوف يؤثر على الخواص الميكانيكية والكهربائية والفيزيائية لتلك المواد . يُحضّر البولي أستر من مواد خام يمكننا الحصول عليها من البترول , وينتج من تفاعل حامض ثنائي الكربوكسيل (Dicarboxylie) مع الكحول ثنائي القاعدة (Dihydric Alcohol), ويُعتبر حامض الترفيثاليك من الحوامض الأكثر استخداماً في تحضيره ، ويشمل التغيير في هذا التفاعل تكون مواد عديدة تنتج راتنجات ذات خواص متغيرة وبدرجة كبيرة ، وتعد الخواص الكهربائية والفيزيائية الجيدة أهم مميزات البولي أستر, بالإضافة على أنها سهلة التداول والتصلب وبدون تصاعد غازات أو أي نتائج عرضية أخرى . وتتميز هذه الراتنجات بمقاومتها للحرارة والتآكل العالية عندما تضاف كميات قليلة من مواد معينة (كيميائية مثلاً)

وتتميز كذلك بمقاومتها للظروف الجوية الشديدة كالأشعة فوق البنفسجية , ومما تقدم فان التطور الذي أُجري على هذه المادة فقد أصبح بالإمكان تصنيع منتجات عديدة وذات أحجام وأشكال مختلفة وبأسعار جداً

مناسبة أفضل بكثير من الزمن الماضي . إن هذه الراتنجات (البولي أستر) لا يفضل أن تستخدم بمفردها لأنها غير قوية ولا تمتلك الجساءة العالية , ولكن عند إدخالها ومزجها جيداً مع المواد المقوية وضمن تركيبات وبنسب معينة , مثل المواد النانوية والالياف والاطيان وغيرها , سوف تعطى خواص جيدة وعالية تجعل استعمالها مناسب جداً وفي مجالات عديدة ومختلفة وتميزها كذلك بقدرتها على تحمل الأثقال المسلطة عليها (48.49).

ومن التطبيقات المهمة للبولي أستر غير المشبع هي :-

- 1- في الصب , حيث تستخدم البولي أستر في بصورة واسعة في الأشراب (Impregnation) لمصبوبات اللدائن والتي تصنع بشكل قوي جداً كالحجر , وتستخدم أيضاً في صناعة غطاء مسخن السيارات وقاعدات حاملات البطارية , وفي صناعة الملفات الكهربائية والمكثفات .
 - 2- في صناعة البلاط الأرضي .
 - 3- في الصناعات البصرية , حيث يدخل في صناعات بصرية عديدة كما في المجهر والعدسات والنظارات الشمسية وغيرها .
 - 4- في الصناعات الكهربائية , في صناعة الأسلاك يستخدم البولي أستر والكابلات العازلة , وأيضاً تستخدم عوازل في خطوط نقل التيار عالي الفولطية .
- في الطلاء , حيث يستخدم طلاء في كثير من الصناعات مثل طلاء السيارات والطائرات , وكذلك في طلاء الأنابيب تحت الماء لمنعها من التآكل .

1-14-2 التوصيلية الحرارية (Thermal Conductivity)

تعتبر البوليمرات من المواد رديئة التوصيل الحراري , وتعتبر التوصيلية الحرارية من أحد ظواهر الانتقال الحراري في المواد الصلبة , وفيها يتم نقل الطاقة الحرارية (Thermal Energy) من موقع إلى موقع آخر, بسبب تهيج وتذبذب الجزيئات التي بدورها تؤدي إلى إهتزاز السلاسل الجزيئية (Chain Molecules) للشبكة البلورية بسبب التغير في درجة الحرارة الناتج عن الحث الحراري ؛ لذلك فيمكن أن نعرف التوصيلية الحرارية (Thermal Conductivity) : بأنها مقياس لقابلية المادة لتوصيل الحرارة ويمكن أن يُعبر عنها عادةً بمعامل التوصيل الحراري.

إن الموصلية الحرارية الكلية للمواد الصلبة هي ناتج مجموع الموصلية الحرارية للألكترونات والشبكية البلورية ، وتختلف التوصيلية في إختلاف نوع المادة ودرجات الحرارة من موقع إلى آخر، ودائماً تحدث الموصلية في الاتجاه الذي تقل فيه درجات الحرارة ، حيث تنتقل الطاقة الحرارية دائماً من المناطق التي لها درجات حرارة عالية إلى المناطق التي لها درجات حرارة واطئة نسبياً بشكل موجات مكممة مرنة تسمى الفونونات (Phonons)(50) . إن التوصيلية الحرارية تكون في المواد الصلبة أكبر مما هي عليه في المواد السائلة ، وفي المواد السائلة أكبر من المواد في حالتها الغازية، وإن هذا الاختلاف ناتج بسبب الفرق بين الفراغات الجزيئية لكلا الحالتين (51) , وإن الجسم المثالي هو الجسم الذي يعطي أعلى قيمة لدرجة الإنتقال الحراري ، وكذلك تختلف التوصيلية الحرارية في المواد الموصلة (Conductive Material) عنها في المواد العازلة .

الفصل الثالث

الجزء العملي

(1-3) المقدمة (Introduction):

2-3 المواد المُستخدمة (Materials Used)

إنَّ المواد المستعملة في تحضير العينات للعمل الحالي تتكون من راتنج البولي أُستر غير المشبع (UP) كمادة أساس , ومواد التدعيم أو التقوية هي من نبات القصب البردي .

1-2-3 المادة الأساس (Matrix Material)

أُستعمل راتنج البولي أُستر غير المشبع (UP), (Unsaturated Polyester Resin) كمادة أساس لتحضير المادة البوليمرية ذات المنشأ الايراني والمصنع من قِبَل شركة (Bonyan Kala Chemie) , وهو سائل وردي شفاف لزج في درجة حرارة الغرفة كما في الشكل (2-3) , وهو من أنواع البوليمرات المتصلدة حرارياً (Thermosets) تبلغ كثافته (1.19 g/cm^3) ويتحول الى الحالة الصلبة بعد إضافة المصلد (Hardener) عليه والمصنع من نفس الشركة, وهو مركب من بيروكسيد مثيل أثيل كيتون (Methyl- Ethyl Keton Peroxide) رمزه (MEKP) وهو سائل شفاف الشكل يضاف الى البولي أُستر غير المشبع بنسبة (2gm) لكل (100g) من الراتنج طبقاً لتعليمات الشركة المنتجة في درجة حرارة الغرفة . بعد انتهاء إضافة المصلد الى الراتنج تبدأ عملية خلط المزيج مباشرة بطريقة الخلط اليدوي لمدة تتراوح من (8 - 10) دقائق حتى يتجانس الخليط تماماً , وعند عبور المدة الزمنية هذه تصبح اللزوجة للخليط عالية جداً حيث لا يمكن السيطرة عليها أثناء عملية الصب , وكذلك ترتفع درجة حرارتها فيؤدي ذلك الى عملية تصلب سريعة , فضلاً عن ذلك احتواء المنتج النهائي على فقاعات هوائية بشكل كبير, إن التفاعل الذي يسببه تصلب الخليط هو من النوع الباعث للحرارة (Exothermic Reaction). يتميز راتنج البولي أُستر غير المشبع المستعمل بخواص ميكانيكية جيدة واستقراره عالية في أبعاده , وقابليته على الترابط الجيدة مع المواد الأخرى المختلفة , ويمتلك عزل كهربائي وحراري جيد , وجودة سطحه بعد أن يتصلب . إن زمن التصلب للراتنج المستعمل في البحث هي (3h) ساعات في درجة حرارة الغرفة , ولإكمال عملية الربط التقاطعي (Cross-Link) بشكل نهائي وزيادة قوة الترابط بين جزيئات المادة وتقليل نسبة التقلصات يتم وضع الراتنج بعد أن يتصلب داخل فرن كهربائي (Oven) وعند

درجة حرارة (50°C) ولمدة ساعتان وحسب التعليمات للشركة المنتجة, حيث تسمى هذه العملية بالمعالجة السريعة (Post Curing) ، وهي مهمة جداً وضرورية وخاصةً للبوليمرات المتصلدة حرارياً, وبعد إتمام هذه العملية يصبح الراتنج جاهز للفحص بشكل نهائي . والجدول (1-3) يبين بعض خواص راتنج البولي أستر غير المشبع المستعمل في العمل الحالي طبقاً لمواصفات الشركة المنتجة .

جدول (1-3) بعض الخواص لراتنج البولي أستر غير المشبع (UP)

Properties	Value
Density (g/cm ³)	1.19
Thermal conductivity(Wm ⁻¹ k ⁻¹)	0.2
Tensile strength(MPa)	45-95
Comparession strength (MPa)	103
Flexural strength (MPa)	130
Hardness (Rockwell) (MPa)	70
Water absorption(%)	0.40
Elongation at brak	> 4
Shrinkage on curing (%)	4-8



3-3 القصب البردي

من النباتات الشهيرة التي ترتبط بها هوية الاهوار هو نبات البردي، الذي يسمى عن السومريين بـ "اربتو"، ذلك النبات الاخضر ينمو على ارتفاع ثلاثة او اربعة امتار تقريبا، وتشكل جذوره القوية كتلة مستطيلة الشكل كانها كف اليد. هذا النبات له اهمية استثنائية كما هو الحال مع القصب بالنسبة لسكان الاهوار فكثير مما تتطلبه الحياة اليومية يلبيه البردي بشكل او بآخر. وهناك من استثمر تلك الثروة النباتية في صناعة المباني الحديثة، وهناك مصنع في احدى المدن الجنوبية معني بذلك.

ولان نبات البردي من النباتات الاساسية في الاهوار لابد من الاشارة مرة اخرى بأن هذا النبات لازال مختلفا في تسميته العلمية الصحيحة ففي الكثير من الكتب والابحاث التي تدور حول الاهوار لقصب نبات شهير في الاهوار ويطلق على البردي ايضا من باب تغليب التسمية القديمة التي اطلقها العرب على تلك المنطقة حينما شاهدوها لأول مرة. وفي المحصلة فإن البردي نبات قديم جدا في تلك المنطقة وقد ثبت في كتابات الملك الآشوري شيلمنصر الثالث كما يؤكد ذلك الاثاري طه باقر، وبقي ذلك النبات مرافقا لسكان الاهوار ولصيقا بهوية تلك المنطقة حتى يومنا هذا. للبردي ثمار موسمية مثل "العكيد" وهو ثمرة موسمية تنمو وسط نبات البردي من الاسفل، وبما ان حياة السكان فيها الكثير من ملامح الاكتفاء الذاتي، سواء بالنسبة لمتطلبات الحياة العامة من مسكن وملبس .



شكل (2-3) يمثل القصب البردي

3-3 تهيئة وتحضير القالب (Create and Proparethemod)

تم صناعة وإعداد قوالب خاصه مصنوعه من مادة الزجاج , حيث يتم تنظيف القوالب جيداً قبل عملية الصب , وتدهن بمادة لمنع التصاق العينات عند إخراجها من القالب ,

4-3 تحضير العينات (Preparation Of Samples)

هنالك العديد من الطرق التي يتم من خلالها تحضير العينات , استعمل في هذا البحث طريقة القلوبة اليدوية (Hand Lay-Up Molding) في تحضير العينات . وقد تم خلط جميع المتراكبات المحظرة في درجة حرارة الغرفة , وتستمر عملية الخلط لمدة (8 - 10) دقائق حتى يتجانس الخليط تماماً , ولمنع حدوث فقاعات خلال عملية المزج داخل المادة المحضرة من الضروري أن يكون الخلط بصورة بطيئة وباتجاهات مختلفة, حتى يمتلك الخليط تجانس جيد ولزوجة كافية , ثم يُسكب المزيج السائل داخل القالب بصورة منتظمة وببطأ إلى أن يمتلئ القالب وحسب المستوى المطلوب , ثم نقوم بالطرق خفيفاً على نهاية القالب لكي تختفي الفقاعات إن وجدت , وأيضاً لكي يمتلئ القالب بصورة صحيحة , ويتم ترك العينات لمدة (48) ساعة في القالب لكي تتصلب بشكل نهائي وعند درجة حرارة الغرفة , ثم يتم بعدها وضع العينات في فرن كهربائي (Oven) لمدة ساعتين وعند درجة حرارة (50°C) لأجراء عملية المعالجة الحرارية (Curing) وحسب التعليمات للشركة المنتجة للمادة المستخدمة , وهذه العملية ضرورية جداً للحصول على أفضل تشابك ممكن , وأيضاً لإزالة الاجهادات المتولدة في عملية التصنيع .



شكل (3-3) يمثل عينات المحظرة

إختبار الصلادة (Hardness Test)

لقد تم قياس الصلادة ولجميع العينات بطريقة (Shore D) في درجة حرارة المختبر أيضاً، ولثلاث عينات من كل نسبة ، وهذه الطريقة مناسبة للمواد البوليمرية المتصلدة بالحرارة ، والعينة المستعملة في هذا الإختبار يجب إن يكون سطحها صقيل (أملس) ومستوي .و الطريقة المستخدمة في قياس الصلادة هي صلادة شور Shore .



شكل (1-3) يمثل جهاز فحص الصلادة شور

التوصيلية الحرارية

وهي ظاهرة طبيعية من ظواهر الإنتقال الحراري تمثل قابلية المادة على نقل الطاقة الحرارية Thermal (Energy) بسبب تهيج الجزيئات التي تؤدي إلى إهتزاز السلاسل الجزيئية (Molecules Chain) للشبكية البلورية بسبب تغير درجة الحرارة نتيجة الحث الحراري أو نتيجة التوصيلية الحرارية للإلكترونات في حالة تواجدها لذلك فإن التوصيلية الحرارية الكلية للمواد الصلبة تساوي مجموع التوصيلية الحرارية للإلكترونات والشبكة البلورية، وتختلف التوصيلية الحرارية باختلاف نوع المادة ودرجات الحرارة من موقع إلى موقع آخر، وتحدث دائماً التوصيلية في الاتجاه الذي تنخفض فيه درجة الحرارة، حيث تنتقل الطاقة الحرارية من المناطق ذات الدرجات الحرارية العالية إلى مناطق ذات الدرجات الحرارية الواطئة نسبياً

الفصل الرابع

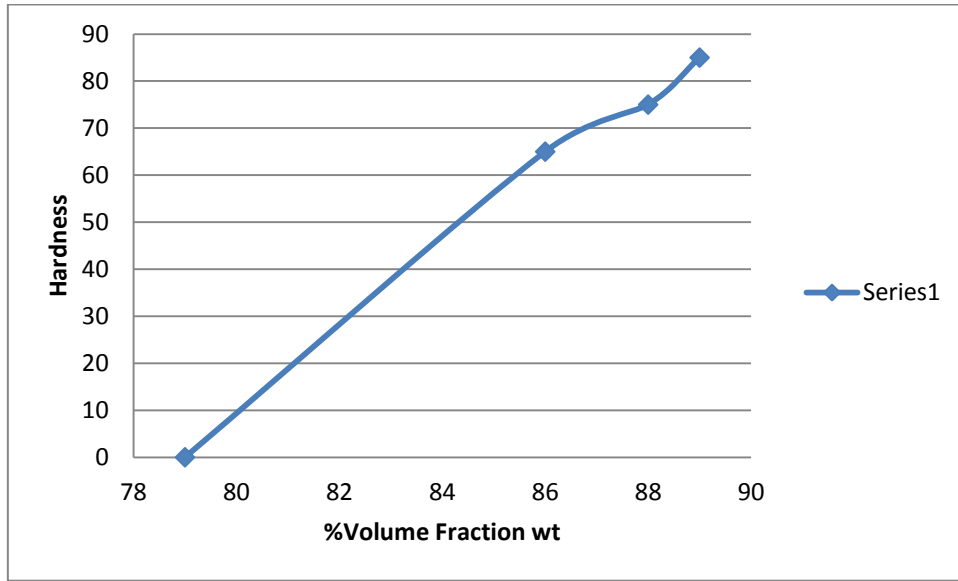
النتائج والمناقشة

1-4 المقدمة : Introduction

يضم هذا الفصل نتائج الإختبارات التي تم إجرائها في هذا البحث كافة العينات المحضرة وسيتم إستعراض النتائج الفحوصات عن طريق المنحنيات البيانية حيث تتضمن نتائج الإختبارات الآتية:

إختبار الصلادة :

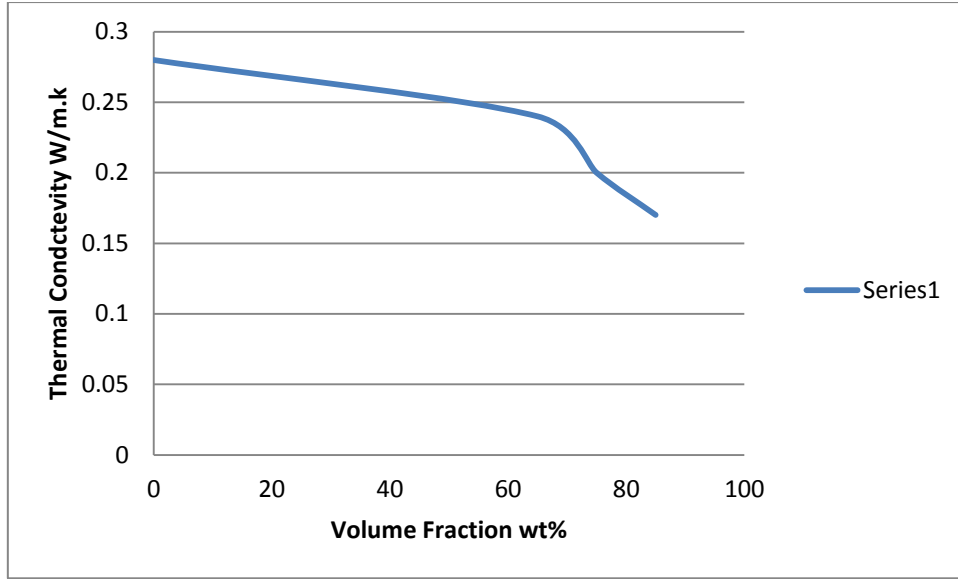
من خلال الرسم البياني للشكل (1-4) تبين لنا ان معدل الصلادة يزداد مع زيادة الكسر لمادة التدعيم وان الزيادة في مقدار الصلادة ناتجة من زيادة قوة الترابط السطح البيني بين سطح المادة المدعمة ومادة الاساس . ان زيادة الصلادة مع زيادة نسبة القصب وذلك لزيادة التماسك الجيد بين جزيئات اللولي استر وجدران القصيبة .



شكل (1-4) يمثل العلاقة بين التوصيل الحراري والنسبة المئوية للتدعيم

التوصيلية الحرارية

من خلال كل (2-4) بين العلاقة بين التوصيل الحراري مع الكسر الحجمي لمادة التدعيم ونلاحظ ان التوصيل الحراري يقل بزيادة نسبة مادة التدعيم وسبب هذا العزل الجيد هو ان مادة القصب عازل جيد للحرارة والشكل القصب المجوف والذي يعتر عازل جيد نتيجة لوجود الهواء داخل قصب البردي .



شكل (2-4) يمثل العلاقة بين التوصيل الحراري والنسبة المئوية للتدعيم

ويعزى السبب لذلك ان البولي استر هو مادة رديئة التوصيل ونبات القصب البردي عازل جيد للحرارة بالاضافى ال وجود الهواء داخل القصيبات والذي يعتبر ايضا عازل جيد للحرارة كل هذه الاسباب جعلت من المقطع الهيكلي عازل جيد للحرارة . وهذه خاصية جيدة في ظروف بيئية مختلفة .

الاستنتاجات

1. زيادة الصلادة مع زيادة التدعيم
2. زيادة العزل الحراري مع زيادة التدعيم

المصادر:

1. W.J. Work , K. Horie. " Polymer Blends Definitions", International union of pure and applied chemistry, (2004).
2. Department of Defense, Handbook, U.S.A. "Composite Material Handbook" Vol.2,Polymer Matrix,(2000).
3. خالد محمد خليفة الشعباني , " تحضير ودراسة الخواص الفيزيائية و الميكانيكية لراتنج البولي أستر المدعم بمسحوق الخشب (2012. والأطيان المعدنية النانوية", رسالة ماجستير, كلية التربية للعلوم الصرفة, جامعة الأنبار)
4. S.N.E. Naqvi, S. Naveed, S.H. Javaid, N. Ramzan. "Enhancing The Chemical And Mechanical Properties Of Up", Journal Of Quality And Technology Management Volume X, Issue I, pp:(01 – 15), (2014).
5. Abu-Abdeen M. and I. Elamer I. "Mechanical and swelling properties of thermoplastic elastomer blends", Materials and Design, (31), pp: (808–815), (2010).
6. Meyers M. A. & Chalmers K. K., "*Mechanical Behavior of Materials*", prentice Hall, 1999.
7. Mustafa S. N. "Study of Physical and Chemical Properties of polymer blend with Iraqi filler" Technology University, Msc thesis, 2006.
8. محمد شفيق "تأثير البيئة على خصائص الشد والكلال للمركبات المقواة بالألياف الزجاجية", رسالة ماجستير, الهندسة الميكانيكية, جامعة الملك فهد للبترول والمعادن, الظهران, المملكة العربية السعودية, مايو, (2006).
9. عبد اللطيف صالح " دراسة خاصة الانحناء للبولي مثيل ميتا أكريلك المدعمة بالألياف الزجاج " , رسالة ماجستير , كلية العلوم , جامعة بغداد (2007) .
10. Chow Wen Shyang, H. K. Tay, A. Azlan and Z. A. Mohd Ishak, "*Mechanical and Thermal Properties of Hydroxyapatite Filled Poly (Methyl Methacrylate) Composites*", Proceedings of the Polymer Processing Society 24th Annual Meeting, PPS, University of Sains Malaysia, (June, 2008).
11. Hai-Yong Kang, Ph.D. "Fabrications, and Applications Prepared", A Review of the Emerging Nanotechnology Industry:Materials,Department of Toxic Substances Control, Pollution prevention and Green Technology ,(2010).
12. Prof. Dr. Muhsin J. Jweeg , Asst. Prof. Dr. Ali S. Hammood and Muhannad Al-Waily,"Experimental and Theoretical Studies of Mechanical Properties for Reinforcement Fiber Types of Composite Materials", International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS Vol.12 No.04,PP.(62-75),(2012).
13. J.Abenojar, M.A. Martínez, F. Velasco, J.C. del Real-Romero, "Effect of moisture and temperature on the mechanical properties of an epoxy reinforced with boron carbide", Journal of Adhesion Science and Technology, Vol. 25 N 18,PP 2445- 2460,(2011).
14. Mustafa .S .M " Preparation and Characterization of Polymer Blend Composite for Structural Applications " ,Ph.D Thesis ,University of Anbar ,(2017).
15. J. R. Thakkar and V. S. Patel , " British Polymer Journal " , Vol. 22, No. 2, PP.143-146,(1990).
16. - كوركيس عبد ال ادم , حسين علي كاشف الغطاء "تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات " , الطبعة الاولى _ جامعة بغداد(1980).
17. P. R. Marur , R. C. Batra, G. Garcia & A. C. Loos "Static & Dynamic Fracture Toughness of Epoxy /Alumina Composite with Submicron Inclusions", Journal of Materials Science, Vol.39,(2004).
18. William F.S,Hashemi, J" Foundations of materials science and engineering". McGraw-Hill, (2011).
19. (1996).- سليمان خليفة " اللدائن المقواة بالحرارة " , سلسلة شذى لعلم البلاستيك, سوريا
20. -Khalid Rashad Al-Rawi, "Compatibility of Polymer Blend System and It's Effect on some Physical/ and Mechanical Properties", PhD.

21. Zelner M, Minti H., Reisfeld R, Cohen H, Tenne R, "Preparation and characterization of CdS films synthesized in situ in zirconia sol-gel matrix", *Chemistry of Materials Journal*, vol.9, pp2541 (1997).
22. Ahmed R. M, El-Bashir S. M, "Structure and physical properties composites films doped with fullerene nanoparticles", *International Journal of Photoenergy*, vol.1,(2011).
23. Sashchiuk A, Lifshitz E, Reisfeld R, Saraidarov T, Zelner M, Willenz A, "Optical and conductivity properties of PbS nanocrystals in amorphous Zirconia sol-gel films", *Science and Technology Journal*, vol.24,(2001).
24. F. Rodriguet, "Principle of Polymer System", 2nd ed. Mc. Graw- Hill,(1985).
25. Harper, Charles A, "Handbook of Plastic Processes", John Wiley & Sons, (2005)
26. Wang M. T, Wang T.H, Lee J, "Electrical conduction mechanism in high-dielectric constant ZrO_2 thin films", *Microelectronics Reliability Journal*, vol.45, pp.969,(2005).
27. علي حسن رسن العزاوي , " دراسة السلوك الميكانيكي والحراري لمواد متراكبة هجينة " , رسالة ماجستير , قسم العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية , (2002).
28. J. W. S. Hearle , " Polymer and Their Properties " ,Vol. 1, John Wiley and Sons, Ellis Horwood LTd , New York – USA (1982).
29. Graham-Jones and J. Summerscales, "Marine applications of advanced fiber 29-J reinforced composites", Woodhead Publishing, pp. 74–76, (2015).
30. Jacobs J.A., "Engineering Materials Technology", Prentice-hall, inc. Englewood Cliffs, Newjersey,(1985).
31. Thomton P.A. & colengelo V.J., "Fundamentals of Engineering Materials" Prentice Hall, Inc,(1985).
32. - وسن جبار مناتي "دراسة السلوك الفيزيائي لمادة متراكبة بوليمرية دقائقية" رسالة ماجستير , الجامعة التكنولوجية , (2005).
33. -Christophe Baley, Y. Perrot, Peter Davies. "Mechanical Properties of Composites Based on Low Styrene Emission Polyester Resins for Marine Application", *Journal of Applied Composite Materials*, Vol.13(1), pp.1-22, (2006).
34. 34 William F.. S., & Hashemi, J.. "Foundations of materials science and engineering". McGraw-Hill, (2011).
35. 35-B.Michael, "Encyclopida of Material Science and Engineering", vol.5, (1989).
36. 36 J.G. morley, "High- performavce Fiber Composites", University of Nottingham Academic press, England, (1987).
37. J.Graham-Jones and J. Summerscales, "Marine applications of advanced fiber 37 reinforced composites", Woodhead Publishing, pp. 74–76, (2015).
38. Eckold G, "Design and Manufacture of Composite Structures", Ajaico Book,(1995).
39. (1971) فريد بلير , ترجمة د. صلاح محسن عليوي "اساسيات علم البوليمر" , قسم الكيمياء , كلية العلوم , جامعة الموصل ,).
40. W. E. Driver , " Plastic Chemistry and Technology " , Van Nostrand Reinhold Company Inc , New York ,(1971) .
41. Collins D.J, "Damage detection in composite materials using acoustic emission and self-sensing fiber", Department of Metallurgy and Materials School of Engineering, The Univercity of Birmingham,(2009).
42. Jang-Kyo K, Yiu-Wing M, "Engineered interfaces in fiber reinforced composites "42 , Department of Mechanical Engineering, Elsevier, 1st Ed,(1998).

43. M. S. Bhanthnagar." A Text Book of Polymers Chemistry and Technology Polymers , Condensation Polymers", Vol.11,(2004).
44. أحمد مكي علي " دراسة الخواص الميكانيكية لمواد مركبة باستخدام مسحوق معدني " , رسالة ماجستير, قسم هندسة المكنائن , 2001(والمعدات – الجامعة التكنولوجية).
45. Paramjit Singh and Anupama Kaushik , " Journal of Reinforced Plastic and Composites ", Vol. 25,No(2), pp.119-140,(2006).
46. Kaw, A. K. "Mechanics of composite materials". CRC press,(2005). 46
47. Ishida H , " Interface in Polymer,Ceramic, and Metal Matrix Composite ", Published by Elsevier Science Ph.D,(1998).
48. D. Hull, "An Introduction to Composite Materials", Cambridge University Press, First Pub.(1981).
49. محمد إسماعيل عمر "تكنولوجيا تصنيع البلاستيك المقوي ((المسلح)) "دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، (2001).
50. Donald V. Rosato, Marlene G. Rosato and Nick R. Schott"Plastics Technology Hand Book", Momentum Press, LLC Taiwan, Vol.1,(2010).
51. Donald V. Rosato, Marlene G. Rosato and Nick R. Schott"Plastics Technology Hand Book", Momentum Press, LLC Taiwan, Vol.1,(2010)