دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة متراكبة مدعمة بالأشرطة المعدنية

م. إيناس محي ، م.م بشرى حسني
م.م رفاه علوان
الجامعة التكنولوجية – قسم العلوم التطبيقية

الخلاصة :

تضمن البحث دراسة مقاومة الشد ومتانة الانحناء ومقاومة الصدمة والصلادة, لمادة مركبة لراتنج البولي استر غير المشبع المدعم بأشرطة معدنية لوحدها وأشرطة معدنية مع دقائق سيراميكية ، كما أجريت الاختبارات السابقة على الراتنج لوحده وأظهرت النتائج التي تم التوصل لها زيادة في كل الخواص بعد إضافة الأشرطة المعدنية، كما وتزداد التقوية بزيادة الكسر الحجمي للأشرطة المضافة وبإضافة الدقائق السيراميكية.

Study of Some Mechanical Properties for Composite Material Reinforced with Ribbon

Enass Mohy Hadi
Bushra Hosni
Rafah Alwan
University of Technology
Applied Science Department
Material Science

Abstract

This Research Studied Tensile Strength , bending strength , Impact strength and hardness for Composite Material which have Unsaturated polyester as a Matrix Reinforced by Metal Ribbon and Ceramic Particles . The Results show an increase in Tensile and bending strength , Impact strength and Hardness after the adding of Metal Ribbon , and the Reinforcement will increasing with the Ribbon volume fraction.

المقدمة :

نالت المواد المتراكبة مكانة مرموقة بين المواد الهندسية المختلفة نظرا" لما تمتاز به من خواص تناسب العديد من التطبيقات الصناعية , واهتم الكثيرون بتطور المواد المركبة بجعلها تناسب تطبيقات الأداء العالي , وتوفير البدائل الصناعية ذات الأداء العالي والكلفة المنخفضة .

ويمكن عد هذا البحث عملا" متواضعا" عله يخدم الباحثين والمهتمين بهذا المجال.

إذ تم تحضير مادة متراكبة ذات أساس بوليمري هو البولي استر غير المشبع مدعمة بالأشرطة المعدنية , وقد تم التدعيم بأشرطة البراص وأضيفت بكسور حجمية مختلفة هي (25%) , (30%) , (35%) كما أضيفت دقائق كاربيد السليكون لجزء من المواد المركبة بكسر حجمي (5%) .

درست الخواص الميكانيكية (مقاومة الشد , متانة الانحناء , مقاومة الصدمة , الصلادة) لغرض تكوين فكرة واضحة عن السلوك الميكانيكي للمادة المتراكبة المحضرة .

وبذلك تم تحضير مادة بديلة عن المادة المتراكبة المدعمة بالألياف تمتاز بكونها اقل كلفة وذات تحمل حراري جيد وخواص ميكانيكية ممتازة.

الجزء النظري :-

تمثل المادة المتراكبة المدعمة بالأشرطة الصورة المطورة للمادة المدعمة بالقشور, اذ أنها تمتاز عن القشور بأنها تمتلك استمرارية خلال مقطع المادة المركبة , كما وتمتاز الأشرطة على الألياف بكونها ذات سطوح مستوية وهي بذلك تترتب في المادة المركبة بشكل طبقات مستمرة تعطي خواص متماثلة في اتجاهين ضمن المستوي الواحد , فهي تتجمع بسهولة مع بعضها وبتراص عال مما يؤدي الى حصول تقوية ضمن مقطع العينة المحضر [1] .

وهي بذلك تتجاوز الضعف الذي تعاني منه المادة المتراكبة المدعمة بالألياف عندما تخضع لإجهاد عمودي على اتجاه ترتيب الألياف ، وبسبب سطوحها المستوية فهي في حالة تماس مباشر مع الطور البوليمري وهي بذلك توفر مواد مركبه ذات تلاصق جيد وكسور حجمية عالية [2,1] .

ونظراً لما سبق ذكره فقد اهتم الكثير من الباحثين بدراسة المادة المتراكبة المدعمة بالأشرطة وقاموا بوضع مجموعة علاقات رياضية لحساب الخواص الميكانيكية نطرياً [3,2].

أما عملياً فقد درست مجموعة بحوث المواد المتراكبة المدعمة بأشرطة معدنية سيراميكية وزجاجية مختلفة [5,4] .

فقد حضرت مادة متراكبة بوليمرية مدعمة بأشرطة ودرست خواصها الميكانيكية مثل مقاومة الشد ومقاومة الكسر [6]، كما تمت دراسة مادة متراكبة مدعمة بأشرطة معدنية من حيث امتصاصية وانتشارية الماء عبر المادة المتراكبة وتأثير ذلك على الخواص على النهائية للمادة المتراكبة وخصوصاً عند السطح الفاصل بين طوري المادة المتراكبة [7] ، وأهتمت دراسات وبحوث عديدة بتحضير وتصنيع الأشرطة من مواد

ذات تطبيقات خاصة مثل أشرطة الكاربون [8] ، وأشرطة مضرة من مواد بوليمرية معدة خصيصاً لتقوية مواد سيرامكية آخرى ، إذ دخلت المواد المتراكبة المدعمة بالأشرطة مرحلة جديدة عن طريق تحضير مواد متراكبة بوليمرية مدعمة بأشرطة بوليمرية أيضاً [9]

أما المادة المتراكبة المدعمة بالدقائق فتمتاز بكونها متجانسة الخواص نتيجة للتوزيع العشوائي للدقائق وتتأثر خواصها النهائية وبشكل كبير بنوع وشكل وحجم الدقائق المضافة ومدى ترابطها مع الطور الأساسي ، وقد وضعت العديد من العلاقات الرياضية النظرية والعملية لتغطية الموضوع [10] .

الجـزء العمـلي :-

المواد المستخدمة والفحوصات :-

1. **المواد المستخدمة** :- اعتمد راتنج البولي استر غير المشبع كمادة أساس لتحضير المادة المتراكبة ، وهو قابل للمعالجة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة عن طريق إضافة محلول مصلد (Hardener) وبوجود المادة المحفزة كعامل مساعد (Catalyst) أضيف مركب بيروكسيد مثيل اثيل كيتون كمادة مصلدة وبنسبة (2g) مادة مصلدة لكل (100g) راتنج .

تم تحضير الأشرطة عن طريق تقطيع صفيحة من البراص بسمك (0.5mm) إلى أشرطه بعرض (5mm)، أضيف بكسور حجمية (V_f) كما يلي (25%) ،(30%) (35%) .

وبذلك اصبح لدينا نوعين من المواد المتراكبة هي:-

A. المادة المركبة المدعمة بألاشرطة المعدنية .

B. المادة المركبة المدعمة بالأشرطة المعدنية والدقائق السيراميكية .

حضرت العينات يدويا بطريقة الصب البارد وباستخدام قالب خشبي ذي سطوح مصقولة لتجنب تشوه سطوح المصبوبة،كانت جوانب القالب متحركة بحيث تسمح بتثبيت الأشرطة بارتفاع مناسب أثناء عملية الصب ، تركت المصبوبة بعد عملية الصب لمدة (24) ساعة حتى تتصلب تماما،ثم عوملت حراريا عند درجة حرارة ^0C (120)لمدة (4) ساعة لإكمال عملية التصلب .

كما حضرت مصبوبة ثانية تحتوي على دقائق كاربيد السليكون إضافة إلى الأشرطة المعدنية ، إذ تم إضافة دقائق كاربيد السليكون الجاهزة بحجم دقائق (53µm) , بعد تجفيفها جيدا" إلى البوليمر السائل وخلط المزيج جيدا" قبل عملية الصب والتصلب .ثم قطعت المصبوبات لتوفير نماذج قياسية وفق الجدول التالي .

الاختبار	الأبعاد		
	الطول (mm)	العرض(mm)	السمك(mm)
مقاومة الشد	200	5	5
متانة الانحناء	55	10	5
مقاومة الصدمة	55	10	10

ثم تم تنعيم السطوح الخارجية للتخلص من العيوب , فيما يخص قطع اختبار الشد تم تشغيل النماذج للحصول على نماذج اختبار الشد .

2. الفحوصات :-

اجري اختبار الشد للنماذج القياسية المحضرة لغرض حساب مقاومة الشد والتي تمثل أقصى إجهاد شدي يتحمله النموذج قبل الكسر , وقد استخدم جهاز اختبار الشد لشركة (Instron) من نوع (Instron 1195 Tensile Test) اجري الاختبار بمعدل حمل (5 KN) وبسرعة شد مقدارها (10 mm / mm) لكل النماذج .

كما تم حساب متانة الانحناء باعتماد اختبار ثلاثي النقطة حيث تحسب متانة الانحناء (B.S) من العلاقة التالية :

$$B.S = 3PL / 2bd^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث ان :

P : القوة عند الكسر .

d : سمك النموذج .

L : طول النموذج .

b : عرض النموذج .

اجري الاختبار باستخدام المكبس الهيدروليكي نوع(Leybold Harris No. 36110) اما مقاومة الصدمة فقد تم حسابها باستخدام جهاز الصدمة نوع جاربي (Instrument Charpy Impact Test)

يعتمد الاختبار على حساب الطاقة اللازمة لكسر نماذج ذات أبعاد قياسية بواسطة مطرقة الجهاز . وتحسب مقاومة الصدمة من العلاقة التالية .

$$K = J / A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث ان :

K : مقاومة الصدمة .

J : الطاقة اللازمة للكسر .

A: مساحة المقطع العرضي للنموذج .

كما اجري اختبار الصلادة باستخدام المكبس الهيدروليكي نوع (Leybold Harris No.36110) لحساب صلادة برينل وباستخدام كرة فولاذية مصلدة كأداة غرز .

ثم حساب الصلادة من العلاقة التالية .

$$H.B = \frac{F\ (kg\ .\ f)}{\frac{1}{2}\ \pi\ D\ [\ D - \sqrt{D^2 - d^2}\ ]\quad mm^2} \quad \ldots\ldots(3)$$

حيث ان :

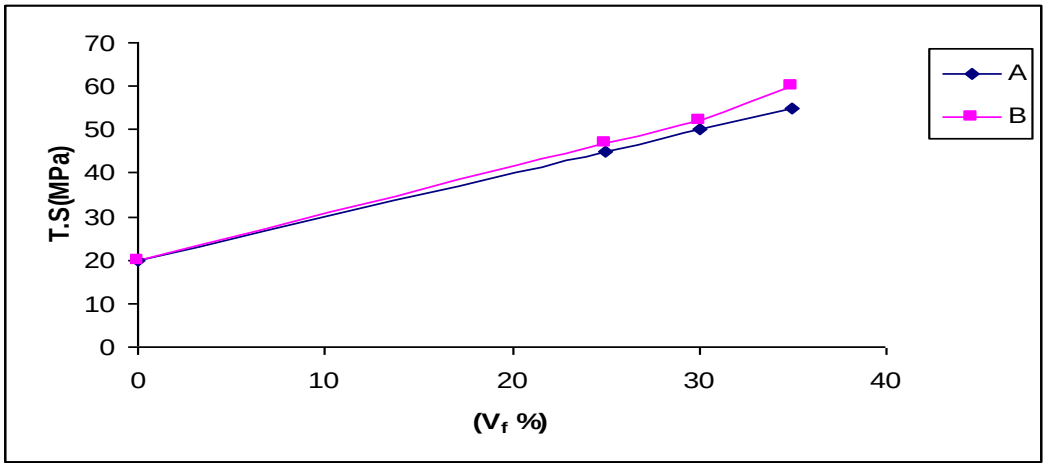
F : الحمل .

d : قطر الأثر mm .

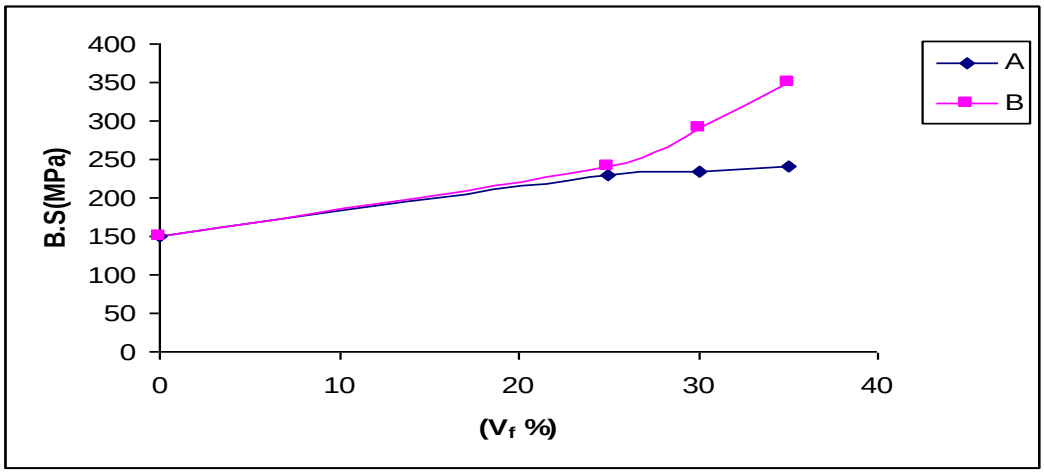
D : قطر الكرة mm .

النتائج والمناقشة :-

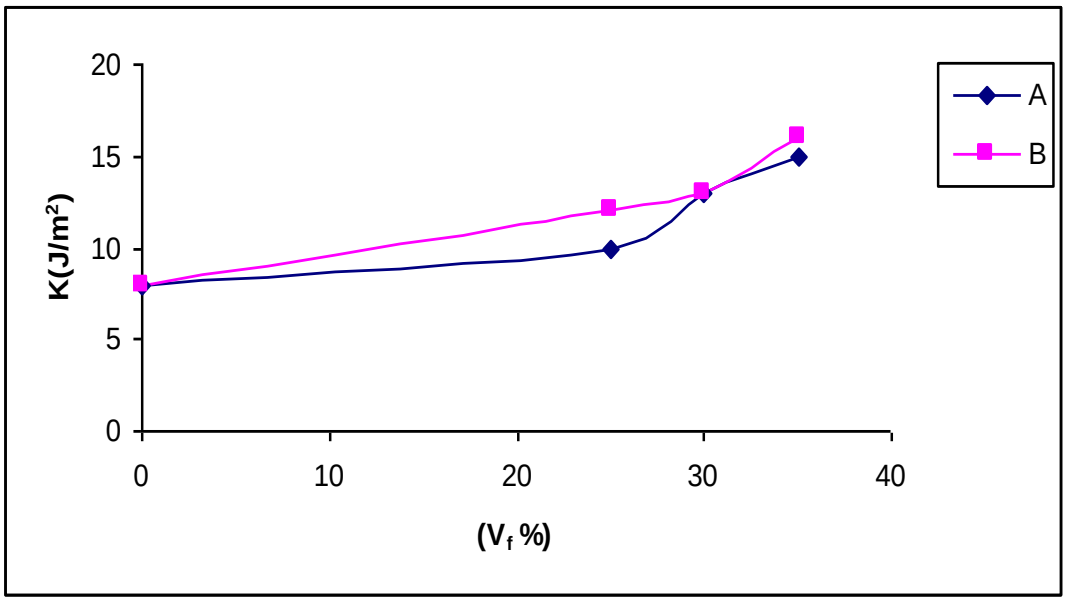
إن النتائج التي تم التوصل لها من خلال الاختبارات الميكانيكية موضحة في الأشكال التالية .



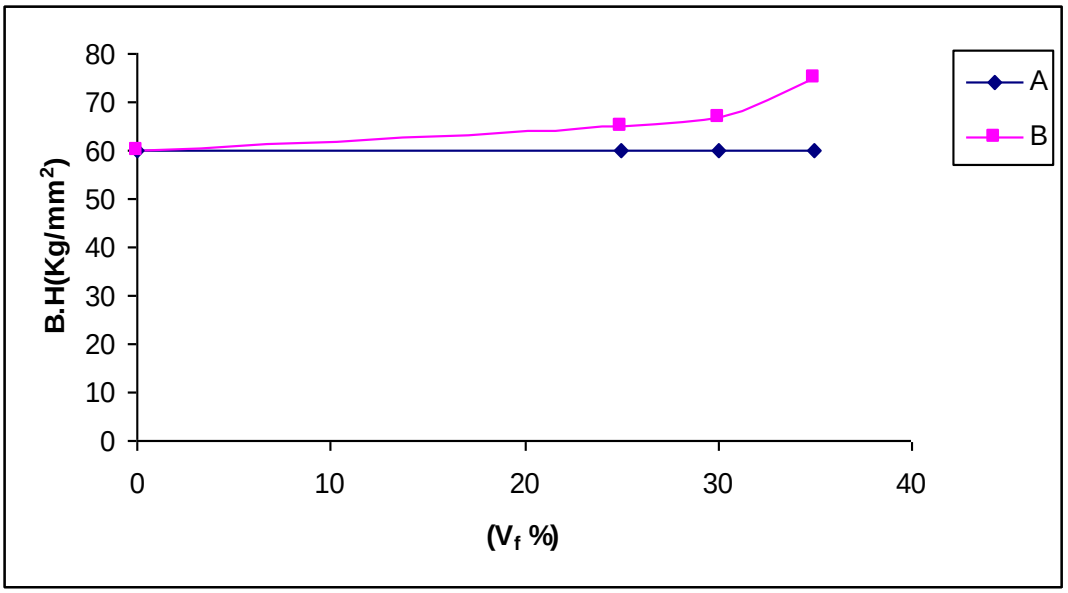
شكل (1) يوضح تغير مقاومة الشد مع الكسر الحجمي(V_f) للأشرطة المضافة للمادة المركبة A,B



شكل (2) يوضح تغير متانة الانحناء مع الكسر الحجمي (V_f) للأشرطة المضافة للمادة المركبة A,B



شكل (3) يوضح تغير مقاومة الصدمة مع الكسر الحجمي (V_f) للأشرطة المضافة للمادة المركبة A,B



شكل (4) يوضح تغير الصلادة مع الكسر الحجمي (V_f) للأشرطة المضافة للمادة المركبة A,B

يوضح **الشكل (1)** تغير مقاومة الشد للبولي استر غير المشبع قبل وبعد إضافة الأشرطة المعدنية كما ويبين تأثير الكسر الحجمي للأشرطة المضافة , من الشكل يتضح حصول زيادة في مقاومة الشد بعد عملية التدعيم , كما وتعمل الدقائق السيراميكية على تحسين مقاومة الشد .

تمتاز الأشرطة المعدنية المضافة بكونها مادة مطيلية لذا فهي تزيد من مقاومة الشد كما تؤدي زيادة الكسر الحجمي لها إلى زيادة في نسبة المادة المطيلية في المادة المركبة وبالتالي تزيد من مقاومة الشد , وتعمل الدقائق السيراميكية المضافة على زيادة مقاومة الشد عن طريق إعاقة حركة الشقوق الدقيقة في المادة المركبة تحت تأثير الإجهاد .

أما **الشكل (2)** فيوضح تغير متانة الانحناء للبولي استر قبل وبعد إضافة الأشرطة المعدنية , تزداد متانة الانحناء بعد إضافة الأشرطة كما وتزداد متانة الانحناء بزيادة الكسر الحجمي للأشرطة المضافة , ويوضح الشكل حصول زيادة في متانة الانحناء بعد تقوية المادة المركبة بالدقائق السيراميكية .

يخضع النموذج في اختبار متانة الانحناء إلى إجهاد شد عند نقاط الارتكاز لذا تحصل زيادة في متانة الانحناء نتيجة لزيادة مقاومة الشد بعد إضافة الأشرطة المعدنية.

والشكل (3) يوضح تغير الطاقة اللازمة لكسر البولي استر غير المشبع قبل وبعد عملية التدعيم ويوضح تأثير الكسر الحجمي للأشرطة المضافة , من الشكل يتضح حصول زيادة واضحة في طاقة الكسر للنماذج بعد التدعيم , كما وتزداد الطاقة مع زيادة الكسر الحجمي للأشرطة المضافة , ويحصل تحسين لطاقة الكسر بعد التقوية بالدقائق السيراميكية .

تتحمل الأشرطة المضافة جزء كبير من طاقة الصدمة وتمتصها أثناء تعرض نموذج المادة المركبة إلى اجهادات صدمية , ونتيجة لكون الأشرطة المضافة مطيلية وذات مقاومة عالية لذا ستؤدي إلى زيادة الطاقة اللازمة لكسر النموذج وتعمل الدقائق السيراميكية المضافة على تعزيز التقوية الحاصلة.

وأخيرا" فان **الشكل (4)** يوضح تغير صلادة برينل للبولي استر غير المشبع قبل وبعد عملية التدعيم , من الشكل يتضح إن إضافة الأشرطة بكسور حجميه قليلة لاتؤدي إلى زيادة في صلادة البولي استر غير المشبع وذلك نتيجة لكون الأشرطة مغمورة في البوليمر وان اختبار الصلادة يتعامل مع سطح النموذج لذا فان أداة الغرز تتعامل مع البولي استر فقط دون أي دعم من الأشرطة المعدنية المضافة , أما بزيادة الكسر الحجمي فان تراكم الأشرطة سيؤدي إلى زيادة في صلادة المادة بعد إضافة الأشرطة بكسور حجميه عالية, كما إن إضافة الدقائق السيراميكية ستؤدي إلى حصول زيادة في صلادة البولي استر وذلك بسبب توزيعها بشكل منتظم ضمن سطح النموذج ولما تتمتع به من صلادة عالية فهي تحسن من صلادة البولي استر غير المشبع .

الاستنتاجات :

- لقد تم تحقيق زيادة في مقاومة الشد للمادة المركبة بمقدار الضعف تقريبا" باضافة الأشرطة المعدنية , كما حصلنا على تحسين في كل من متانة الانحناء ومقاومة الصدمة والصلادة بشكل عام .
- باضافة الدقائق السيراميكية الى المادة المركبة حصلنا على تحسين بسيط ومتجانس في الخواص .
- إن التحكم بالكسر الحجمي للأشرطة المضافة غير سهل لكونها ذات شكل وابعاد ثابته، ويجب أن ترتب بشكل طبقات ضمن المصبوبة ، على عكس الدقائق السيراميكية التي يمكن ان تضاف بكسور حجمية مختلفة بسهولة .

التوصيات :

- يمكن اضافة الأشرطة المعدنية بكسور حجمية أكبر ودراسة الخواص النهائية.
- تصوير سطوح الكسر لدراسة الترابط بين البوليمر الاساس والأشرطة المضافة.

References المصادر

1. G.Piatti , "Advances in composite Materials", Applide science Publishers ((LTD)) London (1975).
2. R.U.Vaidyo , K.N. Subramanian , J. of Material Science Letiers , V.9,P.(1397-1399), (19900.
3. R.A.Humphrey , "Modern Composite Material " , Addison – Wesley , New York , (1967) .
4. S.T.Gulati , J. of Material science , V.11 , P.(631-637) , (1976).
5. J. Corte Ville , M. Peinado , C. Bournazal , M.Huvey , J. Rexer , G.fourty and E. Andrson , Revuede Plastiut Erancais dupetrole , No 6 , Dec , (1971) .
6. R.A.Varin , A,Ruutopold, Polymer Composites, V.12 , P.(411-416) , (2004).
7. B.S.Mehta ,A.T.DiBenedetto , J .L , Kardos , J. of Applied Polymer Science , V.21 ,P (3111-3127) ,(2003).
8. B . Vigolo , A.Penicaud , C. Coulon and Sauder , Science , V. 290 , P . (13311-1334) , (2000).
9. K. Alim , E Erey , J . of Material Science , Vol , 9 , No .1 ,(2007)
10. رغد حامد هلال ,"دراسة مقاومة الزحف والانضغاطية والبلى الالتصاقي الجاف لمواد متراكبة لدائنية" , أطروحة ماجستير (2001) .