Study the Effect of Titanuim Particles Addition on the Some mechanical Properties of Hybrid Composite Materials

تا ثير اضافة دقائق التيتانيوم على بعض الخواص الميكانيكية لمتراكب بوليمري هجيني

م. رنا علي حسين
الكلية التقنية / المسيب
ra621057@gmail.com

أ.م. احمد هادي عبود
الكلية التقنية / المسيب
Ahmad.habud@gmail.com

الخلاصة:

في هذا البحث تم دراسة الخواص الميكانيكية (مقاومة الشد ،مقاومة الصدمة ، وصلادة برينل) لمادة متراكبة هجينة اساس من البولي استر غير المشبع مقواة بدقائق التيتانيوم وبأربعة نسب وزنية لكل نوع (5%,10%,15%,20%) مع الياف الكاربون والياف الزجاج وبنسبة ثابتة 10%،حيث تم تصنيع عينات قياسية لكل من اختبار الشد ،الصدمة وصلادة برينل وبواقع ثلاث نماذج لكل نسبة وزنية وتم اخذ معدل القراءات الثلاث لكل من الاختبارات اعلاه .اظهرت النتائج تحسن كبير في مقاومة الشد من (11.7,22 Mpa) للبولي استر غير المشبع مع الياف الكاربون والياف الزجاج الى (18,29.5 Mpa) بعد التقوية وبنسبة وزنية 15% لدقائق التيتانيوم على التوالي. اما اختبار مقاومة الصدمة فقد اظهرت تحسن كبير بمقدار مقاومة الصدمة من (160,75) KJ الى (210,115)KJ/m2 بألياف الزجاج والكاربون على التوالي بعد التقوية 15% بدقائق التيتانيوم. كذلك ارتفعت قيمة الصلادة من (260,70)HBN الى (393.98)HBN بعد التقوية 15% تيتانيوم للبولي استر النقي المقوى 10% لألياف الكاربون والياف الزجاج على التوالي .

وبصورة عامة فان التقوية بنسبة 15% بدقائق التيتانيوم اعطت تحسن اعلى في الخواص الميكانيكية من بقية النسب ولنفس ظروف التقوية .

الكلمات الدالة: مواد متراكبة هجينة ،الياف الكاربون .الياف الزجاج .التقوية بدقائق التيتانيوم.

Abstract

This research studied the mechanical properties (tensile strength ,impact strength and Brinell hardness) for hybrid material with matrix of unsaturated polyester reinforced by four different weight fraction (5,10,15,20)% of titanium particales, with constant percentage 10% of carbon or glass fiber. Standard samples for tensile, impact and hardness test were prepared. Three samples for each percentage and the average of the three recorded data were taken , the results showed high improvement in the tensile strength from (11.7,22) MPa to (18,29.5) MPa for hybrid polyester reinforced by 10% glass and carbon fiber with 15% weight fraction of titanium particles respectively. Impact test also showed good improvement from (75,160)KJ/m2 to (115,210)KJ/m2 for hybrid polyester with 15% titanium particles. The hardness increased from (98,393)HBN for hybrid polyester with 15% titanium .

Generally reinforced by 15% weight fraction for titanium particles improved the mechanical properties more than the rest weight fraction by titanium particles and the same reinforced condition.

Keywords: Hybrid materials, carbon fiber ,Glass fiber, Reinforced titanium particles.

1- المقدمة

ان المواد المتراكبة هي عبارة عن بناء مكون من مادتين او اكثر ذات مواصفات مختلفة ترتبط مع بعضها بطريقة معينة لتعطي التراكيب المرغوب فيها و تكون ذات خصائص افضل من خصائص المواد الداخلة في تكوينها فيما لو استخدمت بشكل منفرد ، و تكون مواد التدعيم بشكل دقائق او قضبان او الياف او صفائح ... الخ ، وهي بذلك تجمع الخصائص الجيدة من مختلف المواد الداخلة في تركيبها علاوة على التخلص من العيوب الموجودة فيها لتكون اكثر ملائمة للتطبيقات الصناعية [1] .

تعد المواد المتراكبة الهجينة Hybrid Composites في الاستخدامات الجديدة نسبياً التي يمكن الحصول عليها من استعمال نوعين او اكثر من الالياف في مادة اساس واحدة ، او استعمال اكثر من نوع من مواد الاساس (الخلائط Blends) ، علما ان الهجين قد يكون مدعم بأكثر من نوع واحد من الالياف [2].

هناك عدة اسباب لجعل الخليط البوليمري واحد من اهم المناطق لأبحاث البوليمر و تطويرها و كذلك لسرعة تصنيعها ورخص ثمنها للحصول على انواع جديدة من المواد البوليمرية . هذه المواد تظهر الخواص الموجودة في مكوناتها بالإضافة الى خواص تكميلية و متممة لصعوبة الحصول عليها من مكوناتها منفردة .[3]

ومع التقدم العلمي و التقني برزت العديد من التقنيات (مثل التطبيقات الفضائية و التطبيقات المستخدمة تحت الماء وبعض التطبيقات الخاصة بوسائل النقل) تطلبت مواد ذات مواصفات مثالية وان المقصود بالمواد المثالية هي تلك المواد التي تتمتع بخواص معينة نورد منها ما يلي :

1- المقاومة و المتانة
2- انخفاض الكثافة
3- خواص كهربائية و حرارية جيدة
4- صلادة سطحية عالية
5- مقاومة للمواد الكيميائية و الرطوبة
6- مقاومة لدرجات الحرارة
7- امكانية التشكيل بأشكال و احجام مختلفة بسهولة و في نفس الوقت ذات كلفة قليلة نسبياً .

فعلى الرغم من كون المعادن و كل السبائك تمتاز بانها قوية ومتينة الا انها تفتقر الى المقاومة و المتانة ، لذلك كان ابتكار المواد المتراكبة بمثابة الخطوات الاولى من اجل بلوغ تلك الخواص المثالية المرغوب فيها في اغلب الصناعات .

هذا و من الجدير بالذكر ان مصطلح مركب يستخدم في علم المواد ليعني المادة المتكونة من مادة رابطة التي تضم عوامل التقوية او التسليح وعليه فالمادة المركبة هي المادة المؤلفة من اثنين او اكثر من المتكونات.[4]

2- البحوث و الدراسات السابقة

قامت الباحثة اوهام محمد حميد و اخرون (2009) [3] ،بتطوير المواد المتراكبة على مرحلتين: المرحلة الاولى بتهجين الاساس الراتنجي بمواد مرنة مطاطية مختلفة لتحضير خلائط بوليمرية ثنائية و التي حضرت بواسطة خلط كل من انواع المطاط الثلاثة (NBR , SBR , BR) مع راتنجي الايبوكسي و البولي استر غير المشبع .

اما المرحلة الثانية فتضمنت تسليح تلك الخلائط البوليمرية بنوعين من الالياف وبكسر حجمي قدره (30%) . استخدمت طريقتين للتسليح الاولى باستخدام الياف الزجاج بمفردها و الثانية بواسطة استعمال هجين من الياف الزجاج و الكفلير نوع (49) . وقد اجري اختبار الصدمة عند ظروف بيئية مختلفة للتوصل الى وصف متكامل عن السلوك الميكانيكي لتلك الخلائط ومتراكباتها تحت تأثير الاجهاد الصدمي .

وبعد البحث و الدراسة وجد بان قيم مقاومة الصدمة تزداد تدريجيا مع زيادة المحتوى المطاطي ومن ثم تبدا بالتناقص عند زيادة نسبة المطاط المحتواة في الخليط .

درست الباحثةKawakib J.M واخرون [5] (2010) سلوك الكلل لخلائط البولستر / بولي فينايل كلورايد غير المشبعة متغير النسب الوزنية لمادة الـ(30% , 20% , 10%) PVC غير المدعمة والمدعمة بطبقة او طبقتين من الالياف الزجاجية نوع (chopped wet E.glass fiber) .

اظهرت النتائج المستخلصة ان زيادة النسب الوزنية لمادة بولي فينايل كلورايد وعدد طبقات الالياف الزجاجية تؤدي الى زيادة قيم مقاومة الكلل وعمر الكلل .

درست الباحثة اوهام [6] (2009) تأثير التدعيم في بعض الخصائص الفيزيائية لمادة متراكبة حيث استخدمت راتنج البولي استر غير المشبع والياف الكفلر بشكل حصيرة والالياف الزجاجية ايضاً بشكل حصيرة وبشكل عشوائي وهجيني وقد اظهرت النتائج ان افضل مقاومة صدمة واعلى متانة كسر كانت لنماذج البولي استر المدعمة بالياف الكفلر وتليها الهجيني .

يهدف البحث الحالي الى تطوير الخواص الميكانيكية وتقليل الهشاشة بدراسة هذه الخواص لمتراكب بوليمري هجيني والعوامل المؤثرة عليها.

3- المواد المستخدمة في البحث

1.3 راتنج البولي استر غير المشبع

راتنج البولي استر غير المشبع المستعمل بالدراسة الحالية يكون على هيئة سائل شفاف متصلد حراريا ،الاختصار الشائع له (UP)،وهذا الراتنج قابل للمعالجة الى الحالة الصلبة بعد ان يضاف اليه مصلدة من نوع بيروكسيد اثيل مثيل كيتون وبنسبة (2%)ليتحول الى مادة صلبة بدرجة حرارة الغرفة. البولي استر غير المشبع ذو وزن جزيئي واطئ يحتوي على اصرة كربون مزدوجة والتي تستعمل لتكوين الارتباطات التشابكية لتخلق بوليمرات اضافية . هناك نوعان من البولي استرات ، الاولى استرات مشبعة وهي المحضرة من بولومرات متعددة المجاميع الفعالة (استرات متشابكة مشبعة)،والثانية هي البولي استرات غير المشبعة وهي التي تجري لها عملية التشابك (Cross Linking) بتفاعل بلمرة اضافي، وهي راتنجات متصلدة حراريا (Themoster) تتميز بان لها لون شفاف ،ابعاد ثابتة عند التصلب ،خواصها جيدة وسهولة التعامل معها[8,7]

والشكل (1) يمثل التركيب الكيميائي لراتنج البولي استر غير المشبع [2]

R-O-C-CH=CH-C-O

O O

شكل (1) التركيب الكيميائي لراتنج البولي استر غير المشبع [2]

2.3 الياف الكاربون

تحضر الياف الكاربون من التفحم والتحلل الحراري المسيطر عليه للألياف السيلوزية او من الياف البولي اكريلوتتريل (PAN) .تمتاز هذه الالياف بخواصها الجيدة عند درجات الحرارة العالية ويبلغ قطر الليف الكاربوني ذو المقاومة ومعامل المرونة العاليتين (7-8 µm) .

تتميز الياف الكاربون بالمواصفات الاتية :-

1-قوة وصلابة عالية حيث تتراوح قوة شدها للألياف التجارية ما بين (1.24-3.17 GPa)

2-ثبات عال في درجات الحرارة العالية .

3-مقاومة للمواد الكيميائية والحوامض.

4-مقاومة مناخية عالية.

هناك ثلاثة انواع رئيسة من الياف الكاربون هي:-

1- الياف الكاربون عالية الانفعال (High Strain)

2- الياف الكاربون عالية الشد (High Tensile)

3- الياف الكاربون عالية المعامل (High Modulus)

ان النوع ذو الانفعال العالي يمتاز بالقوة والصلابة معا .وتستخدم مثل هذه المواد المركبة في مختلف المجالات الصناعية والتطبيقات الفضائية وصناعة الطائرات [9,2]

والجدول رقم (1) بين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لألياف الكاربون.

جدول (1) بعض الخواص الفيزيائية و الميكانيكية للألياف المستخدمة في البحث حسب الجهة المصنعة

Fiber type	Unit area mass (g/m^2)	Breaking strength MPa	Flexible strength MPa	Fiber diameter µm	Moisture %	source
Glass fiber	200	30	123	11	<20	Proforce Company
Carbon fiber	132	25	1000	11	<20	Proforce Company

3.3 ألياف الزجاج

تقسم الالياف الزجاجية الى ثلاثة فئات رئيسية هي (E-GLASS). (E,S,C-glass) للاستخدامات الكهربائية ، (S-glass) للاستخدامات التي تحتاج الى مقاومة عالية (high strength) و(C -glass) للاستخدامات الكيميائية ومقاومة التأكل وهي غير مألوفة في تطبيقات الهندسة المدنية.

E-glass هي من الاكثر شيوعا من الانواع الاخرى في التطبيقات المدنية والصناعية ،يتم انتاجه من الجير-الومينا-البورسليكات ويمكن الحصول عليها بوفرة من الرمال.

يتم تصنيعها من خلال عملية السحب للألياف الى خيوط دقيقة جدا بأقطار تتراوح $(2\ to\ 13 \times 10^{-6}m)$ ، تنخفض قوة الالياف الزجاجية مع ارتفاع درجة الحرارة ،ولها معامل تمدد حراري اقل من الفولاذ [10]

تتوفر الالياف الزجاجية بثلاث اشكال:

1-strand

2-yarns

3-rovings

استخدمت في هذا البحث ألياف الزجاج (E-glass) على شكل الياف غير مستمرة (متقطعة) والجدول رقم (1) يبين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لألياف الزجاج.

4.3 مادة التقوية

ازداد استعمال التيتانيوم وسبائكه بصورة واسعة وخاصة في التطبيقات الطبية ،لانه خامل وذو مقاومة عالية للتأكل في البيئة.
تم استعمال دقائق مادة التيتانيوم معدنية اللون بحجم حبيبي اكبر من 60 مايكروميتر وبنقاوة 99% ،ووزن جزيئي (151 غم/مول).
والجدول رقم (2) يبين الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لدقائق التيتانيوم.

جدول (2) الخواص الفيزيائية لمسحوق التيتانيوم

Purity	Particle size µm	Molecular weight (g/mol)	Specific gravity	Melting point C^0	Coff. Thermal expansion m/m.k	coff. Of thermal conductivity W/m.K	Modulus of elasticity MPa
99%	<60	101	4.5	1671	$10.8 *10^{-6}$	20	$12.7 *10^4$

4- الخواص والاختبارات الميكانيكية

1.4 مقاومة الشد للمواد المركبة

تعتبر مقاومة الشد مقياسا لقابلية المادة على مقاومة القوى الساكنة التي تحاول سحب المادة وكسرها.
تتكون المواد المركبة الليفية من الياف قوية هشة مغمورة في المادة الاساس التي تتصف بكونها اكثرها مطيلية ،تبدأ المادة المركبة بالاستطالة بشكل خطي في البداية استجابة للجهد المسلط ومع استمرار التحميل يحصل انحراف نتيجة لوصول المادة الاساس الى نقطة الخضوع في حين تستمر الالياف بالاستطالة والمقاومة حتى تنهار مقاومتها وعندما تفشل الاساس تفشل المادة المركبة [11].
تم اجراء اختبار الشد باستعمال ماكنة الاختبارات العامة Universal test machine SM1000 (100KN) حيث يتم تسليط قوة على النموذج الذي يوضع بين فكي مكبس هيدروليكي بشكل تدريجي مع تسجيل لمقدار الاستطالة لكل حمل ويتم احتساب مقاومة الشد من المعادلة الاتية

$$\sigma=\frac{P}{A}$$

حيث ان
σ مقاومة الشد MPA
P الحمل المسلط N
A مساحة المقطع العرضي الابتدائي لعينة الاختبار m^2

2.4 مقاومة الصدمة

تستعمل المواد المدعمة بالألياف لمديات واسعة من التطبيقات كما في مكائن التوربين الغازية وغيرها من المجالات التي تتضمن احمالا صدمية عمودية على مستوى التدعيم . نظرا لما تتعرض له الاشياء المصنوعة من اللدائن الى الصدمات الخارجية من جراء الخدمة فان فحص قوة الصدمة يعد من الناحية العملية أحد الطرائق التي تعطينا دلائل صحيحة بالصورة الوصفية عن قوة المواد ومقاومتها للكسر تحت تأثير الاجهاد عند السرع العالية تعد فحوصات مقاومة الصدمة مقياسا لقوة المادة ومقاومتها للانكسار تحت تأثير الاجهاد عند السرع العالية وبذلك تعرف قوة الصدمة على انها قوة تحمل المادة لصدمة فجائية بدون كسر وبعد اختبار الصدمة بطريقة جاربي من الاختبارات التي يتم الاعتماد عليها لدراسة سلوك المواد الواقعة تحت تأثير قوى سريعة[12]
تم اجراء اختبار مقاومة الصدمة باستعمال جهاز شاربي لفحص الصدمة من نوع (BROOKS) جدول رقم (3) يوضح الابعاد والمواصفات القياسية المعتمدة في استعمال النماذج وبدون حز علما انه تم استخدام مطرقة طاقتها 5 جول لإجراء اختبار فحص الصدمة ويتم حساب مقاومة الصدمة من العلاقة الاتية :

$$\text{Impact strength (I.S)}=\frac{W}{A}$$

حيث ان :
W :طاقة الصدمة J
A :مساحة المقطع العرضي mm^2

3.4 الصلادة

تعرف الصلادة على انها مقاومة المادة للخدش او الاختراق وهنالك طرق مختلفة لتعيين صلادة المواد اللدائنية واكثرها شيوعا صلادة برينل وصلادة روكويل .يحدث الاختراق بمعدل بطيء في سطح النموذج ،اثناء تسليط القوة لأجل الاختبار مما يؤدي الى حدوث زحف موضعي وبعد زوال القوة المؤثرة تحصل استعادة بطيئة نسبيا في الاختبار مما يؤدي الى تغيير ابعاد الاثر المعتمد في حساب صلادة المادة ولمنع حدوث ذلك يتوجب الالتزام بالفترة الزمنية المحددة لتسليط القوة على سطح النموذج[7]

الصلادة هي مقياس لمقاومة المادة للتشوه اللدن . تم استخدام طريقة برينل لحساب صلادة المادة المركبة باستعمال جهاز الاختبار نوع .EDILB.S.L الجدول (3) يوضح الابعاد وشكل القياسات حيث تم استخدام كرة بقطر 10ملم مع تسليط حمل مقداره 2.5 KN لمدة 15 ثانية وبعد زوال القوة المؤثرة يتم قياس قطر الاثر الناتج على السطح .

تحسب صلادة برينل من المعادلة الاتية :

$$HBN=\frac{2P}{\pi D\left(D-\sqrt{D^2-d^2}\right)}$$

حيث ان

HBN :صلادة برنل Kg/mm^2

P الحمل المسلط Kg

d قطر الاثرmm

D قطر الكرة mm

5- الجزء العملي

1-5 المواد المستخدمة

تم استخدام راتنج البولي استر غير المشبع كمادة اساس من شركة سعودية المنشأ SIR يكون على شكل سائل شفاف وردي اللون يضاف له مصلد بنسبة وزنية 2 غم لكل 100 مللتر من مادة البولي استر غير المشبع ليتم التصلب بعد 24 ساعة.

2-5 تحضير العينات

تم تحضير العينات باستخدام القولبة اليدوية وحسب الخطوات الاتية

1- تهيئة القوالب :حيث يتم تحضير قالب عينات اختبار الشد المتكون من جزئين وقالبي عينات الصدمة والصلادة وذلك بتنظيف القالب ومن ثم رش سطح كل قالب ببخاخ من رذاذ اوكسيد السليكون لضمان عدم الالتصاق بجدران القالب وللحصول على سطوح ناعمة.

2- تحضير المادة المتراكبة: يتم تحضير راتنج البولي استر واضافة المصلد اليه بنسبة 2 غم لكل 100مللتر ويتم الخلط بصورة جيدة للحصول على تجانس تام .بعدها يتم اضافة دقائق التيتانيوم وبالنسب الوزنية (0%،5%،10%،15%،20%)ويتم الخلط لحين الوصول الى درجة التجانس المطلوبة ثم توضع الالياف باتجاه طولي في كل قالب وبنسب وزن (10%) ولكل نوع على حدة بعدها يتم صب خليط راتنج البولي استر مع نسب دقائق التيتانيوم المختلفة في القالب وبسرعة منتظمة وبطيئة لضمان التجانس وللسماح للفقاعات الهوائية بالخروج من القالب بعدها يترك القالب لفترة 24 ساعة حتى يتم التصلب بصورة نهائية ثم يتم فتح القالب واستخراج العينات النهائية منه. جدول (3) يوضح الابعاد القياسية للعينات المستخدمة في الاختبارات مع صور للعينات المصنعة لكل اختبار.

6- مناقشة النتائج

1.6 مناقشة نتائج اختبار الشد

تم استخدام 10 انواع من النماذج في اختبار الشد بثبوت النسب الوزنية لألياف الكاربون والياف الزجاج 10% لكل نوع ولنسب وزنية مختلفة لدقائق التيتانيوم% (0,5,10,15,20)،وبواقع ،وبواقع (3) نماذج لكل نوع واخذ معدل القراءات الثلاثة ،شكل (1)يوضح مخطط الاجهاد –الانفعال لمادة البولي استر غير المشبع مقوى 10% بألياف الكاربون والياف الزجاج .

ان البولي استر غير المشبع مادة هشة ومقاومة الشد لها منخفضة جدا 4.3 MPa تقريبا ،وبعد التقوية بالألياف تحسنت بشكل كبير الى (22MPa، 11.7)لألياف الكاربون والياف الزجاج ،يعود هذا التحسن في مقاومة الشد بسبب خواص المقاومة والمرونة العالية التي تتميز بها الالياف والتي تحملت الجزء الاكبر من الحمل المسلط وتوزيع هذه الاجهادات على مساحة كبيرة للبوليمر فتزداد مقاومة الشد بزيادة نسبة الالياف المضافة حيث تشغل الالياف حيز كبير داخل الراتنج مما يسمح بتوزيع الحمل المسلط عليها بشكل افضل ،وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث[13]، وبالنتيجة ادت الى رفع مقاومة المادة المتراكبة .

يظهر الشكل (2)،مقاومة الشد للنماذج المقواة بألياف الكاربون اعلى من مقاومة الشد للنماذج المقواة بألياف الزجاج ولنفس النسب الوزنية ،وهذا يعود الى ان مقاومة الشد والمرونة العاليتين لألياف الكاربون . ان اضافة دقائق التيتانيوم (اضافة الدقائق والتقوية بها في العموم تحسن مقاومة البلى ومتانة الربط للمتراكب وتحسين الخواص) ، والتوزيع العشوائي المتجانس من حيث توزيع الالياف والدقائق داخل العينات اذ لا تتجمع في منطقة ما دون الاخرى في مساحة العينة، ولسهولة تغلغل المادة الاساس والدقائق بين الالياف والتي كونت سطح بيني جيد بين المتراكب والالياف اذ تؤثر على السلوك الميكانيكي للعينة مما ادت الى زيادة مقاومة الشد مع زيادة النسب الوزنية للدقائق . ان زيادة نسبة دقائق المادة المالئة في وحدة الحجم تؤدي الى تقليل حركة هذه الدقائق ،وهذا يعني تقليل الانفعال للعينة فيقود الى زيادة النسب الوزنية للدقائق نتيجة زيادة الحدود الحبيبية (boundary grains) للدقائق

،ويؤدي الى زيادة مقاومة المادة المركبة ،وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [14].تبين النتائج ان اعلى قيمة لإجهاد الشد للمتراكب الهجيني المقوى بالألياف هي 18,29.5 MPaلألياف الكاربون والياف الزجاج على التوالي ،وبنسبة وزنية 15%،تنخفض هذه القيم بعد ذلك الى 16,26 MPa لألياف الكاربون والزجاج وبنسبة وزنية 20%، وذلك بسبب الكثافة العالية للبولي استر الغير مشبع مع زيادة كمية دقائق التيتانيوم اكثر من الحد اللازم ادت الى صعوبة تغلغل مادة البوليمر والدقائق بين الالياف ،ولقد تم ملاحظة ذلك عمليا ، مما قلل من تجانس وتلاصق (ترطيب غير جيد) بين المادة الاساس والدقائق والالياف ولوجود عيوب وسوء تغلغل اثناء التصنيع التي ادت ال ضعف الربط وبالتالي انخفاض قيم مقاومة الشد لكلا المجموعتين.

6-2مناقشة نتائج اختبار الصدمة

يعد هذا الاختبار من الاختبارات المهمة لدراسة سلوك المواد الواقعة تحت تأثير قوى سريعة اذ يمثل مقياسا لمتانة المادة وقدرتها على امتصاص الطاقة لغاية الكسر . اذ يعبر عادة عن مقاومة الصدمة بطاقة الكسر لوحدة مساحة المقطع العرضي للنموذج وهذه الصفة تمثل مؤشرا اساسيا في مدى صلاحية المادة لظروف الاستخدام .

بصورة عامة مقاومة الصدمة للمواد البوليمرية تكون منخفضة نتيجة الهشاشة التي تملكها و لكن التقوية بالألياف ترفع من قيمة هذه المقاومة لان الالياف تتحمل معظم طاقة الصدم[15]

تم اجراء اختبار مقاومة الصدمة باستخدام طريقة شاربي لجميع النماذج المهيأة لهذا الغرض حيث اظهرت النتائج وكما مبين في الشكل (3) (كل قيمة او نتيجة هي معدل لثلاث قراءات) الذي يوضح العلاقة بين مقاومة الصدمة و النسبة الوزنية لدقائق التقوية ، ان مقاومة الصدمة تزداد مع ازدياد نسبة مواد التقوية لكلا النوعين . نلاحظ من خلال الشكل (3) ان العينات المدعمة بالدقائق تزداد بزيادة الكسر الوزني وتعزى الى ان الدقائق تعمل على تحمل جزء من جهد الصدمة المسلط على المادة المركبة و تعمل على اعاقة انتشار الشقوق و ذلك لزيادة الرابط بين المادة الاساس و مواد التقوية مما يؤدي الى هذه الزيادة .ان قيم مقاومة الصدمة للعينات المدعمة بألياف الكاربون هي اعلى من قيم نظيراتها للعينات المدعمة بألياف الزجاج لما تمتلكه من مقاومة صدمة ومتانة عالية قياسا بألياف الزجاج السيراميكية التي تمتلك صفة الهشاشية وسهولة كسرها ان طبيعة الكسر الهش لمواد التقوية تلعب دور بارز في تحديد طاقة الصدمة. كما ان دقائق التيتانيوم تعمل على اعاقة نمو الشق و هذا سوف يؤدي الى تغير الشق و اتجاهه بتحوله الى شقوق ثانوية ، ان التغيير في شكل الشق و اتجاهه ادت الى زيادة المساحة السطحية للكسر و الطاقة المصروفة وهذه كلها عوامل ادت الى زيادة مقاومة المادة وهذه الحالة تحصل بشكل افضل عندما يكون هنالك ربط بين مادة الاساس و الدقائق[11]

من ملاحظة الشكل المذكور اعلاه نجد ان هناك تأثير واضح لنسبة المادة المضافة على مقاومة الصدمة للعينات قيد الدراسة حيث تنخفض القيمة الاخيرة لمقاومة الصدمة بزيادة نسبة الاضافة الى 20% ولكلا النموذجين المستخدمين حيث ان استخدام نسبة اضافة كبيرة ادت الى المزج غير المتجانس لهذه الدقائق و الالياف مع المادة الاساس البوليمرية وعدم امتلاء الفجوات بسبب نقصان الميوعة وزيادة كثافة ولزوجة المادة المتراكبة عند الصب مما يقلل من قوة الترابط بين مكونات المادة الهجينة وتكون مسامية، مما يزيد من تواجد التشققات وزيادة المناطق البينية الغير متماسكة سوف يؤدي الى زيادة العيوب و نقصان متانة المادة و مقاومة الصدمة . اظهرت نتائج الاختبارات العملية زيادة كبيرة في مقاومة الصدمة من 2KJ/m(75, 160) للبولي استر النقي المقوى بنسبة وزنية10% الى 2KJ/m115 و 2KJ/m210 بألياف الزجاج و الكربون على التوالي بعد التقوية 15% بدقائق التيتانيوم.

6-3 مناقشة اختبار نتائج الصلادة

بشكل عام البوليمرات تمتلك صلادة منخفضة ، تعطي الصلادة فكرة جيدة عن متانة و تماسك كتلة المادة حيث تستخدم لقياس مقاومة المادة للتشوهات اللدنة في المناطق السطحية منها ، جرى اختبار الصلادة للنماذج المستخدمة في البحث الحالي وتم قياس صلادة برينل وكان الحمل المستخدم اثناء القياسات (10كغم) و زمن التحميل (15ثا) وقطر الكرة (5 ملم) وتعد كل قيمة من قيم الصلادة المسجلة معدل لثلاث قياسات لكل عينة .

تم رسم علاقة بين قيم صلادة برينل و النسب الوزنية لدقائق التقوية و كما يلاحظ من الشكل (4) ان الصلادة للمواد المركبة المقواة بنسبة ثابتة من الالياف و دقائق التيتانيوم اعلى من صلادة المادة من دون تقوية بالدقائق نتيجة انخفاض تغلغل كرة اختبار الصلادة في سطح المواد الهجينة وبالنتيجة ارتفاع صلادة المادة الناتجة ، وهذا ناتج من التقوية التي تحدث نتيجة وجود دقائق التيتانيوم الصلدة وتوزيعها في ارضية المادة الاساس بشكل جيد .

ولوحظ ان صلادة المواد المركبة تزداد مع زيادة نسبة دقائق التيتانيوم المضافة الى المادة الهجينة وان اعلى صلادة كانت عند نسبة (15%) ، حيث ارتفعت قيمة الصلادة من (260,70)الى (393, 90) HBN للبولي استر النقي مع الياف الزجاج و الكربون على التوالي ، اذ اعطت الياف الكربون تحسن عالي للصلادة مقارنة مع الياف الزجاج ولنفس النسب الوزنية لدقائق التيتانيوم . كما ونلاحظ ارتفاع الصلادة باستمرار مع زيادة نسبة دقائق التقوية لكلا النوعين وهذا يتفق مع الباحث علي الموسوي واخرون [15] . وذلك لان دقائق التقوية تؤدي الى مقاومة التشوهات واعاقة حركة الانخلاعات ، وامكانية الدقائق على مشاركة طور الاساس في تحمل القوى و الاجهادات . المسلط عليها وهذا يتفق مع المصدر [16] ، وكذلك الى قوة الترابط بين المادة الاساس و الدقائق المالئة مما يؤدي الى ارتفاع صلادة برينل للمادة الهجينة ، وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [17]

وكما ونلاحظ من الشكل المذكور انفا انخفاض قيم الصلادة عند الكسر الوزني لدقائق التيتانيوم (20%) ولكلا من العينات المدعمة بألياف الكاربون والياف الزجاج وبنسبة ثابتة (10%) ، ويعود هذا الى الكثافة واللزوجة العالية التي اكتسبتها المادة المحضرة عند اضافة هذه النسبة مما سبب عدم تجانس وترابط غير جيد بين المكونات وصعوبة تغلغل المادة الاساس الى داخل

الفسح البينية بين الالياف مما ادى الى خلق الكثير من الفجوات في داخل المادة المحضرة عند تصلب المادة الهجينة وكذلك لوجود عيوب تصنيعية مما ادى الى انخفاض في قيم الصلادة وهذا يتفق مع ما توصل الية الباحث [18]

7-الاستنتاجات

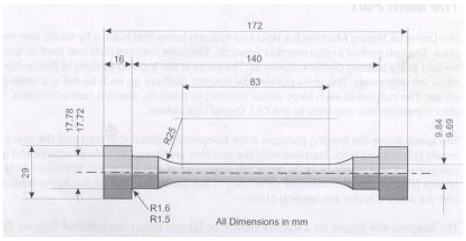
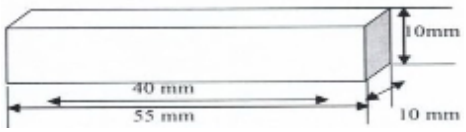
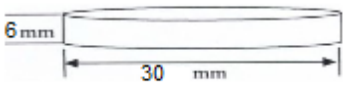
بعد اجراء اختبار الشد للعينات واخذ معدل القراءات الثلاثة،تم الحصول على اعلى قيم وتحسن كبير في مقاومة الشد وكانت بحدود Mpa(18,29.5) للبولي استر غير المشبع مع الياف الكاربون والياف الزجاج المقوى بنسبة وزنية 15% لدقائق التيتانيوم، بعد ان كانتMpa (11.7,22).

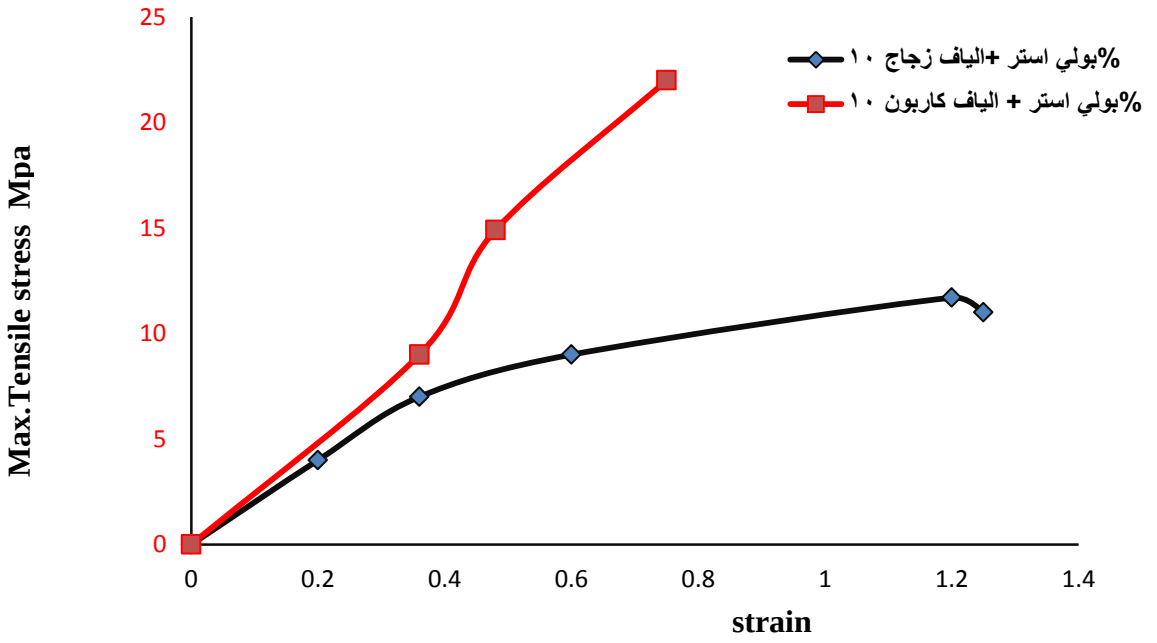
حيث بلغت النسبة المئوية للزيادة في مقاومة الشد في كلتا الحالتين (25%،35%).

كذلك اظهرت اختبارات مقاومة الصدمة تحسن كبير حيث بلغت النسبة المئوية للزيادة لمقاومة الصدمة (23%،34%) حيث ارتفعت مقاومة الصدمة من KJ/m2(75,160)الى (115,210).

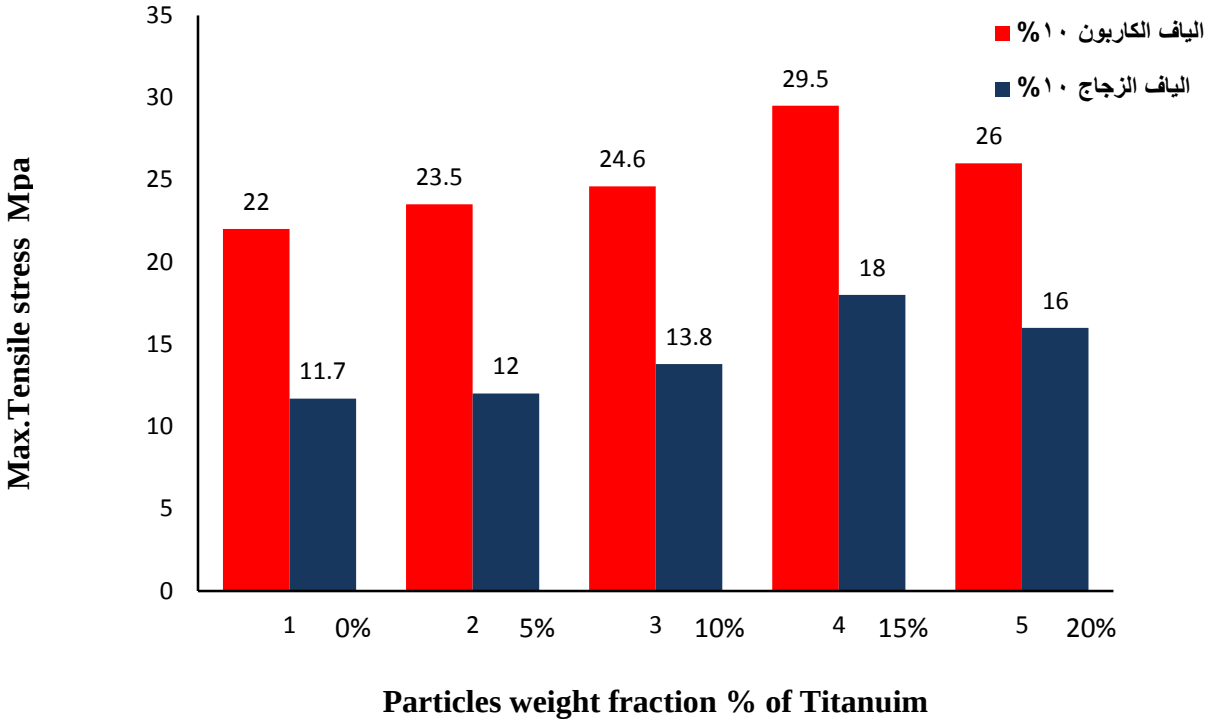
اما بعد اجراء فحص الصلادة لعينات البولي استر غير المشبع مع الياف الكاربون والياف الزجاج فكانت HBN(260,70)وتم الحصول على افضل صلادة بعد التقوية 15% تيتانيوم هي HBN (393,98) وكانت نسبة الزيادة (28%،33%)وهذه االنتائج جميعها على التوالي.

جدول (3) الابعاد القياسية للعينات المستخدمة وحسب المواصفة ASTM

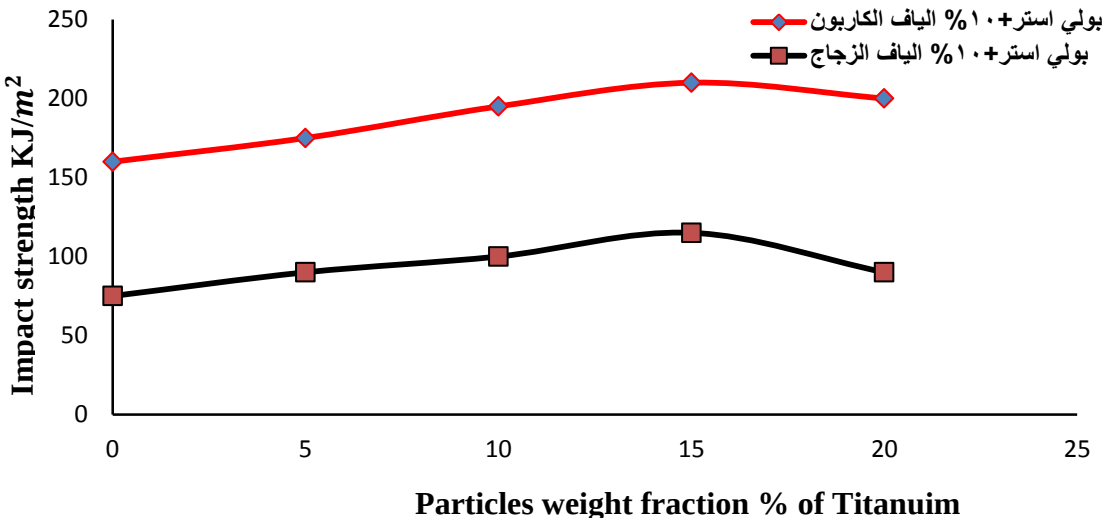
Test type	*Specimens*	*Sample*	*ASTM*
Tensile test			*TH-4010*
Impact test			*D256-87*
Hardness (Brinell)			*D2240*



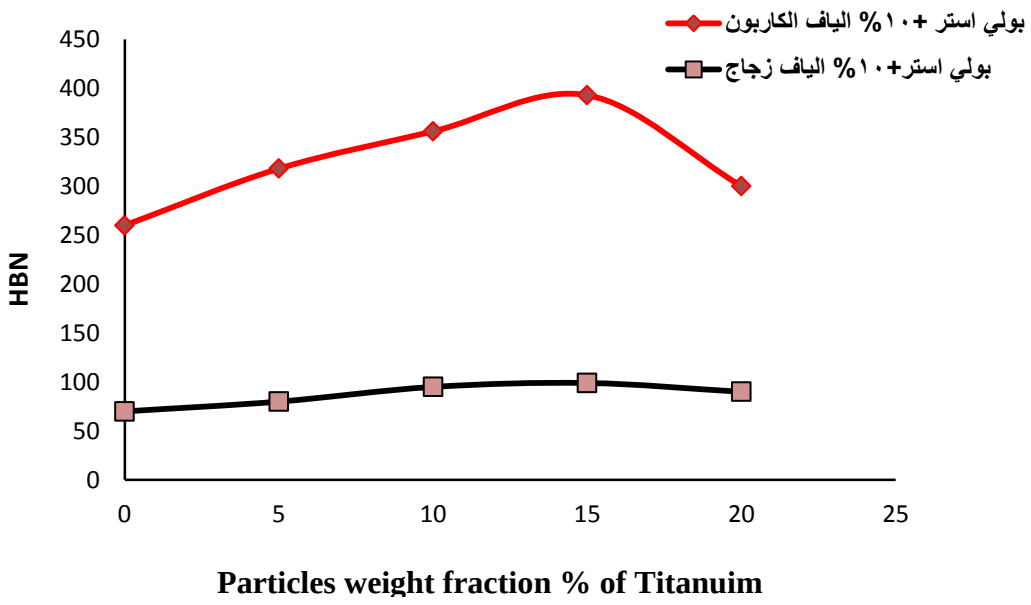
شكل (1) منحني الاجهاد - الانفعال لبولي استر مع 10% الياف الكاربون و 10% الياف الزجاج



شكل (2) يمثل مقاومة الشد لبولي استر و
10% الياف كاربون والزجاج مع النسب الوزنية لدقائق التيتانيوم



شكل (3) يوضح العلاقة بين مقاومة الصدمة والنسب الوزنية لدقائق التيتانيوم للمواد الهجينة



شكل (4) يوضح العلاقة بين الصلادة والنسب الوزنية لدقائق التيتانيوم
للمواد الهجينة المقواة بألياف الكاربون والياف الزجاج

المصادر:

1) وسن كامل حسن
" A study of the effect of thickness and Gama Ray of on the optical properties of polystyrene – kadinite Composite ",
مجلة جامعة كربلاء العلمية ، المجلد العاشر – العدد الاول / علمي 2012
2) سيناء ابراهيم حسين الشمري ، " قياس معامل يونك ، متانة الصدمة و التوصيلة الحرارية لمتراكبات الايبوكسي و البولي استر غير المشبع المدعمة بطبقات هجينة بألياف الكفلر و الكاربون " ، رسالة ماجيستير ، كلية العلوم ، جامعة بغداد ، 2005 .
3) Awham Mohammed Homid , else , " Studing of Impact strength of Rubber – Tonghened Thermosets " , Eng.x Tech . Journal , Vol.27 , No.1 , 2009 .
4) رولا عبد الخضر عباس،واخرون،" دراسة البلى الالتصاقي الجاف لمادة مركبة من راتنج الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج" ، College of Engineering Journal (NUCEJ) , Vol.13 , No.1 , Nahrain University , 2010 , PP 116-130 .
5) Kawakib J.M.,else,"Fatigue Behavior of unsaturated Polyster/ Polyvinyl Chloride Polymer system Reinforced with E – glass fibre",Journal of Kerbala University,Vol.8,No.4,Scientific, 2010 .
6) هناء حسين سلمان ، " دراسة تأثير التدعيم بالصوف الصخري الناعم والخشن على مقاومة الشد لمتراكبات البولي استر " ، مجلة جامعة كربلاء العلمية ، المجلد السابع ، العدد الثالث / علمي ، 2009 "
7) Alaa Mohammed Hamzah , Balkees M.D.Al.Dobbagh , " Study the Physical Properties of Polymer Blends Reinforced by Metal Laminates and Micro Cotton Powder " ,
، " Micro Cotton Powder roperties of Polymer Blends Reinforced by Metal Laminates and

مجلة الهندسة و التكنولوجيا ، مجل 31 ، العدد 3 ، 2013.
8) Guide to Composites , www . gurit . com .
9) H.B. Vinay, else," A Review on Investigation on the Influence of Reinforcement of Mechanical Properties of Hybrid Composites" Int. J . Pure Apple . Sci. Technol., 24(2)(2014) , PP. 39 – 48 .
10) Salar Bagherpour , " Fibre Reinforced Polyster Composites " , http://dx. doi.org/10.5772/48697
11) اسيل محمود عبد الله، واخرون، "تأثير اضافة دقائق الالومينا على الخواص الميكانيكية للمادة المركبة ذات الاساس من البولي استر غير المشبع المقواة بألياف الزجاج غير المستمرة " ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، المجلد 4 ، العدد 1 ، 2011 .
12) Falak O.Abas, else, "A Comparison Study of Different Ceramic Filler on Mechanical and Thermal Properties of Glass, Carbon, Kevlar/Polyster Composites", Eng.x Tech. Journal, Vol.28 , No.12 , 2010 .
13) علي ابراهيم موسى ، " دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة مركبة بوليميرية مقواة بالألياف " ، مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، المجلد 2 ، العدد 1 ، 2009 .
14) Mohammed Abdulsatter Mohammed , " Mechanical Behavior for Polymer Metrix composite Reinforced By Copper Powder " , Nahrain University , College of Engineering Journal (NUCEJ) , Vol.14 , No.2 , 2011 , PP 160-176 .
15) Ali I.Al- Mosawi , Ahmed H.Hatif , " Reinforcing by Palms – Kerlar Hybrid Fibers and Effected on Mechanical Properties of Polymeric Composite Material " ,
مجلة جامعة بابل ، العلوم الهندسية ، العدد 1 ، المجلد 20 ، 2012 .
16) Higgins , R.A , " Engineering Metallurgy " , London , 1973 .
17) Balqess M.D.Al – Dabbagh &Zaid Ghannem M.Salih , "Studying of Some Mechanical Properties For Polymeric And other Reinforced Blends Under the Influence of Chemical Solution " , Eng.x Tech . Journal , Vol.27 , No.16 , 2009 .
18) سهامة عيسى صالح ، واخرون ، " دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات اساس بوليمري مقواة بالألياف والدقائق الجامعة التكنلوجية، مجلة الهندسة و التكنولوجيا ، المجلد 28 ، العدد 4 العدد، Cotton Powder hgcro " ،
، " Micro Cotton Powder roperties of Polymer Blends Reinforced by Metal Laminates and

، 2010 .