The Effect Of Silicon Carbide And Cadmium Oxide On Mechanical Properties For The Poly Sulfon Amides

تأثير كربيد السليكون وأكسيد الكادميوم على الخواص الميكانيكية للبولي سلفون أمايد

م. كاظم خيون كحلول
المعهد التقني كوفة

الخلاصة :-

الهدف من البحث الحالي هو دراسة تأثير أضافة دقائق كربيد السيليكون و أوكسيد الكادميوم و خليط دقائق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) مع البولي سلفون أمايد على الخواص الميكانيكية لأنتاج مادة متراكبة ، من خلال أجراء مجموعة من الأختبارات الميكانيكية (قياس الصلادة و مقاومة الأنضغاط و مقاومة الصدمة ومقاومة الأنحناء) .

أظهرت النتائج أن قيم الصلادة تكون أعلى عند أضافة دقائق كربيد السيليكون الى البولي سلفون أمايد من أوكسيد الكادميوم أو خليط دقائق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) وتكون قيمها أعلى مايمكن عند أضافة 8% كنسبة وزنية Shore D] (285 , 270 , 255)] على التوالي .

كما بينت النتائج أيضا مقدار مقاومة الأنضغاط تكون أعلى عند أضافة دقائق كربيد السيليكون الى البولي سلفون أمايد من أوكسيد الكادميوم أو خليط دقائـــق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) وتصل الى أعلى قيمها (170MPa , 175MPa , 180MPa) على الترتيب عند نسبة أضافة مقدارها 8% .

أما مقاومة الصدمة تكون أعلى عند أضافة دقائق كربيد السيليكون الى البولي سلفون أمايد من أوكسيد الكادميوم أو خليط دقائق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) ولغاية 2% كنسبة وزنية على التوالي (90KJ/m^2 , 95 KJ/m^2 , 99 KJ/m^2) ، في حين مقاومة الأنحناء تكون أعلى من أضافة خليط دقائق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) الى البولي سلفون أمايد من كربيد السيليكون أو أوكسيد الكادميوم وتكون قيمها أعلى مايمكن عند أضافة 2% كنسبة وزنية على التـــوالي (335 MPa , 350 MPa , 400 MPa) .

نستنتج بأن كربيد السيليكون وأكسيد الكادميوم لهما القابلية على تحسين الخواص الميكانيكية للبولي سلفون أمايد مثل الصلادة و مقاومة الأنضغاط و مقاومة الصدمة و مقاومة الأنحناء وتعتبر هذه الخواص كثيرة الأهمية في التطبيقات البوليمرية .

Abstract :-

In this work , the adding of silicon carbide particles as well as cadmium oxide or the mixture to poly sulfon amides to form a composite material is studied . The influence of adding different particles weight (in percent) on the material mechanical properties is investigated by performing several experiments to test the hardness , compression strength , impact strength and bending strength .

The results have show that the values of hardness are higher when the particles of silicon carbide are added to poly sulfon amides in comparison with the addition of cadmium oxide or the mixture adding of (silicon carbide + cadmium oxide) . The results reaches the highest values when 8% is added as a particles weight of [(285 , 270 and 255) Shore D] respectively . While the results for compression strength are of (180 MPa , 175 MPa and 170 MPa) respectively for silicon carbide, cadmium oxide and the mixture of (silicon carbide + cadmium oxide) .

In terms of the impact strength, higher strength is observed when the silicon carbide is added to poly sulfon Amide from cadmium oxide or the mixture of (silicon carbide +cadmium oxide) particles and up to 2% of the weight in the correct order (99 KJ/m² , 95 KJ/m² , 90 KJ/m²) respectively . Also , the bending strength is higher when the mixture of (carbide silicon + cadmium oxide) particles is added to poly sulfon Amide from carbide silicon and cadmium oxide mixture and would reach the highest when 2% is added as a particles weight in the following order (400MPa , 350MPa and 335MPa) respectively.

From the results obtained , both carbide silicon and cadmium oxide, have ability to improve the mechanical properties of poly Sulfon Amide such as hardness , comparison strength , impact strength and bending strength , this mechanical properties which is the highly demanded property in the polymer applications.

1- المقدمة Introduction :-

تعد المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري من المواد الحديثة الاستخدام في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية ولاسيما المواد المتراكبة البوليمرية المقواة بالدقائق ، ومن اهم متطلبات استخدام هذه المواد المتانة الجيدة والاداء العالي ومقاومتها للاجهادات الداخلية والخارجية المؤثرة عليها اضافة الى مقاومتها للظروف المحيطة من درجة حرارة وضغط وغيرها . كما أن المواد المتراكبة ليس من الضروري أن تقوى فقط بالدقائق (Particular) بمزج مسحوق السليكا أوحبيبات الزجاج أو الرمل مع البوليمر وأنما تقوى بطبقات (Lamellar) مثل الخشب المعاكس أو بالألياف [1] .

ونظراً لما تمتلكه المواد المتراكبة من خواص متميزة ملائمة للعديد من الصناعات الحديثة فأنها أحدثت قفزة في مجال التطور العلمي والتكنولوجي بشكل يضاهي المواد الأخرى كالفلزات وسبائكها مما حفز ذلك العديد من الباحثين والمختصين في هذا المجال لتحضير هذه المواد ، قام الباحثان (Turner & Haque) بدراسة تأثير أضافة الدقائق السيراميكية وكسرها الحجمي في صلادة المادة البوليمرية وقد استنتجا بانه عند إضافة دقائق بنسب قليلة بحدود (3-5 %) فانها تؤدي إلى تقليل الصلادة وذلك بسبب تركيز الإجهاد عند العيوب المتولدة بإضافة الدقائق [2].

أما الباحث (Jancar) درس الخواص الميكانيكية للبولي بروبلين المحتوي على دقائق من كاربونات السيليكون أو هايدروكسيد المغنيسيوم . وتوصل إلى أن الخواص الميكانيكية تزداد عند زيادة نسبة القطر إلى سمك الدقائق وقد أهتمت هذه الدراسة بحساب معامل المرونة ومعامل القص عند تغير شكل الدقائق [3].

درس الباحث (Kharkhardin) توزيع الدقائق في المادة المتراكبة البوليمرية الأساس باعتماد كثافة توزيع الدقائق وكسرها الحجمي وقد وجد بأن الخواص الميكانيكية تتحسن كلما كان توزيع الدقائق اكثر انتظاماً[4].

أما الباحثة (إيناس) قامت بدراسة الخواص الميكانيكية والحرارية لمادة متراكبة بوليمرية متكونة من مادة البولي استرغيرالمشبع مدعمة بثلاث أنواع من الدقائق السيراميكية وهي أوكسيد الألمنيوم التجاري، وأوكسيد الألمنيوم النقي، وكاربيد السليكون وبكسر حجمي يتراوح بين (0-30%) وبحجم دقائق يتراوح بين (53-150 µm) بالإضافة إلى دراسة أثر كفاءة الربط بين الاطوار باستعمال مركب سليكوني عضوي [5].

درس الباحث (سعد ميخائيل) الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمادة متراكبة بوليمرية متكونة من مادة البولي استرغيرالمشبع والمقوى بدقائق الألمنيوم (AL) مرة ودقائق الالومينا (AL_2O_3) مرة اخرى وبنفس الحجم الدقائقي ومن ثم أجراء مقارنة بين الخصائص الميكانيكية والحرارية لهاتين المادتين المتراكبتين، وقد اظهرت نتائج اختبار الشد بأن مقاومة الشد تقل مع زيادة الكسر الوزني عند التقوية بدقائق اوكسيد الالمنيوم بينما تزداد مع زيادة الكسر الوزني عند التقوية بدقائق الألمنيوم أما عند أجراء اختبارات مقاومة الانحناء والصدمة فأظهرت النتائج بأن كل من مقاومة الانحناء (F.S) واجهاد قص (τ_{MA}) ومقاومة الصدمة (G_C) ومتانة الكسر(K_C) تزداد مع زيادة الكسر الوزني وكذلك الحال بالنسبة لاختبار التوصيلية الحرارية ولكلا النوعين من الدقائق [6].

درس الباحثان (Mark and Park) اضافة عوامل مساعدة لتقوية السطح البني الناتج بين المادة الاساس وهي البولي امايد والمادة المقوية وهي السليكا حيث ارتفعت خواص الشد والصلادة للعينات التي اضيف لها عامل تقوية (epoxysilyl) على عكس العينات التي اضيف لها عامل تقوية (isocyanatosilyl) حيث اعطت خواص اوطاء [7] .

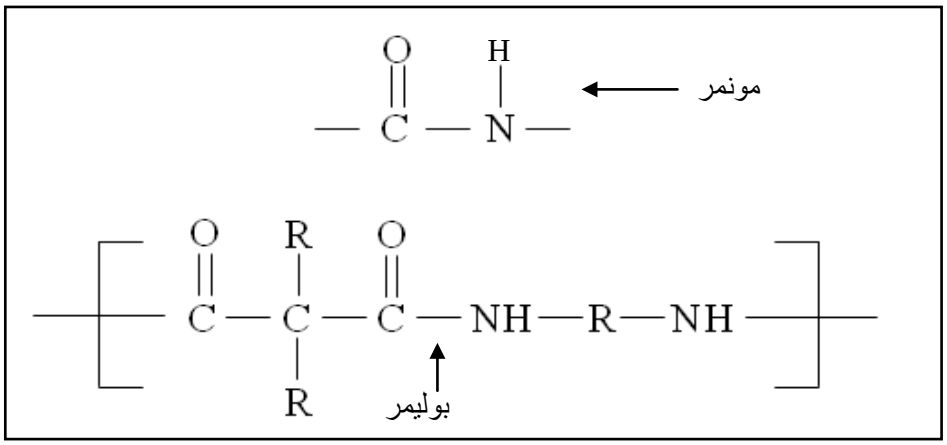
درس الباحث (Yun ding) وزملائه تأثير التقوية المزدوجة بالعامل المساعد والدقائق المحضرة من (methylmethacrylate - butadiene - styrene copolymer) على خاصية(morphology) والمتانة حيث ان اضافة هذه المواد اعطى تحسين واضح في خواص المادة المتراكبة المحضرة وخاصة المتانة [8] .

يهدف البحث الحالي الى الحصول على مادة متراكبة(هجينة) بمواصفات ميكانيكية جيدة ناتجة من أضافة دقائق كربيد السيليكون أو أوكسيد الكادميوم أو خليط دقائق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) الى البولي سلفون أمايد والتي تستخدم للأغراض الصناعية .

2- المواد المستعملـــــــة Materials Used :-

2-1- البولي سلفون أمايد Poly Sulfon Amide :-

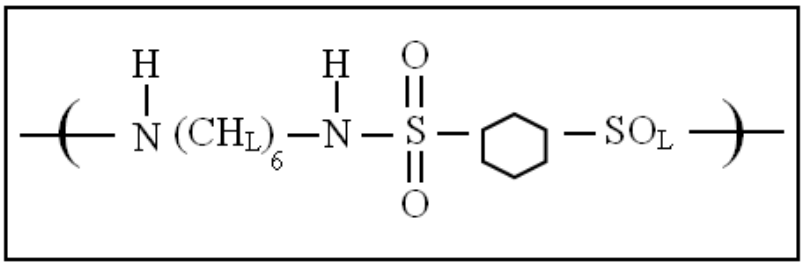
تحتل البولي أميدات مكانة هامة تاريخيا في عالم البوليمرات ، حيث أن التأكيد على البولي أميدات قادرة الى التطوير التجاري الأول للألياف الصناعية (Synthetic Fibers) المعروفة بالنايلون (Nylons) . أن ألياف النايلون تمتلك على نحو مميز قوة شد (Tensile Strength) ومرونة جيدتين لذا تستعمل على نطاق واسع في تصنيع الملابس والأطارات والسجاد والحبال ... الخ . حيث أن البوليمر يحتوي على مونمرات من الأميدات مرتبطة بأواصر ببتيدية والتي تحصل بواسطة الطرق الطبيعية والصناعية ، أما المجموعة الفعالة في البولي أميدات كما في الشكل رقم (1) [9]:-



شكل (1) يمثل المجموعة الفعالة في البولي أميدات

حيث أن :-
(R) تمثل المجموعة الكيلية اليفاتية .

البولي سلفون أمايد أحد أنواع البولي أميدات ويعد من البوليمرات المهمة لقابلية ذوبانها في القواعد وذلك لوجود ذرات هيدروجين حامضية مرتبطة بالنيتروجين والتي يمكن تعويضها بمجاميع الكيلية بوجود أوساط قاعدية ، لذلك فمن الضروري السيطرة على الدالة الحامضية PH خلال عملية البلمرة [10] والشكل رقم (2) يوضح تركيب البولي سلفون أمايد ، حيث تم في هذا البحث أستخدام بولي سلفون أمايد مصنع من قبل شركة هنكل الأماراتية .



شكل (2) يمثل تركيب البولي سلفون أمايد

2-2- كربيد السليكون Silicon Carbide :-

يعرف كربيد السيليكون أيضاً بإسم كربورندم Carborundum ، هو مركب من السيليكون والكربون صيغته الكيميائية SiC . ويتواجد في الطبيعة في صيغة المعدن شديد الندرة مويسانيت Moissanite . مسحوق كربيد السيليكون يُنتَج منذ 1893 للاستخدام كصنفرة . ويمكن لحبيبات كربيد السيليكون أن ترتبط معاً بالتحميص ليشكلوا أنواع من السيراميك شديدة الصلادة تُستخدم على نطاق واسع في تطبيقات تتطلب تحمل عالي، مثل مكابح السيارات والألواح السيراميكية في السترات الواقية من الرصاص وعمليات صقل فولاذ السرعات العالية ومقدمة العدد الكاربيدية وقوالب السحب العميق [11] .

حيث تم أستخدام كربيد السيليكون في هذا البحث مصنع من قبل شركة (Thomas Baker) الهندية والجدول رقم (1) يبين الخواص لكربيد السيليكون .

جدول (1) خواص كربيد السيليكون

Properties	SiC
Density	3.21 g/cm^3
Melting Point	2730 C^0
Thermal Conductivity	3.6 W/cm.K
Crystal Structure	Cubic,cF8
Lattice Constant	4.3596 Å
Grain Size	75µm

2-3- أوكسيد الكادميوم Cadmium Oxide :-

أوكسيد الكادميوم (Cadmium Oxide) أحد مركبات الكادميوم الكيميائية لا يذوب في الماء أو القواعد ولكنه يذوب في الحوامض وأملاح النشادر ويمكن أيجاده بالطبيعة على شكل مسحوق عديم اللون أو ذو لون أحمر أو بني كذلك يمكن الحصول عليه بالتسخين الشديد لعنصر الكادميوم ، ومن ناحية التركيب البلوري فأوكسيد الكادميوم ذو تركيب بلوري مكعب (Cubic) متمركز الأوجه (F.C.C) مشابه لتركيب بلورة كلوريد الصوديوم (NaCl) ، ونظرا لنفاذيته العالية (High Transparency) في المنطقة المرئية والمنطقة تحت الحمراء القريبة فقد صنف ضمن اكاسيد التوصيل الشفافة (Transparent Conducting Oxides) ذات التطبيقات الواسعة في النبائط الكهروبصرية ، ويستخدم أيضا في الأقطاب الكهربائية لبطاريات الخزن وفي طلاء الحمامات وكذلك كصبغات ومحفزات [12] .

حيث تم أستخدام أوكسيد الكادميوم في هذا البحث مصنع من قبل شركة (Thomas Baker) الهندية والجدول رقم (2) يبين الخواص لأوكسيد الكادميوم.

جدول (2) خواص أوكسيد الكادميوم

Properties	CaO
Density	8.15 g/cm^3
Melting Point	(900-1000) C^0
Thermal Conductivity	0.7 W/cm.K
Crystal Structure	Cubic,cF8
Lattice Constant	4.6958 Å
Grain Size	75µm

3- الجانـــــب العملي Experimental Side:-

3-1- تحضير المادة المتراكبة Preparation of composite Materials:-

يتم تحضير المادة المتراكبة المستخدمة في البحث كمايلي :-

أ- أضافة أوكسيد الكادميوم الى البولي سلفون أمايد :-

تتم عملية الأضافة لتحضير المادة المتراكبة بالطريقة التالية :-

1- يأخذ (3,6,9,12,15)غم من أوكسيد الكادميوم بعد طحنه بهاون خزفي ونقله الى دورق مخروطي يضاف له 25 مل حامض HCL (1مولاري)[نفس الوزن لكل مرة] وبعد المزج الجيد يترك 5 دقائق ثم يرشح المحلول بأستعمال ورقة ترشيح حيث يترك الراسب ويأخذ الراشح ، (علما أن هذه العملية تعاد لكل وزن) .

2- يتم أخذ 15غم من البولي سلفون أمايد(نفس الوزن لكل مرة) ويوضع في دورق مخروطي ويضاف له 50 مل أيثانول مطلق ثم تجري له عملية تصعيد لمدة ساعتين لأتمام عملية الأذابة .

3- راشح أوكسيد الكادميوم يضاف قطرة فقطرة الى البولي سلفون أمايد المذاب مع التحريك المستمر لحين الحصول على عجينة هشه مع تثبيت الدالة الحامضية عند PH=8 وذلك لعدم حصول تكوين سلفون أيميد (Sulfon Amide) .

4- توضع العجينة داخل قالب في فرن كهربائي $90C^{\circ}$ لمدة نصف ساعة لتجفيف العجينة ثم رفع درجة الحرارة الى $450C^{\circ}$ للحصول على البوليمر (Polymer Comosite) ثم يترك ليبرد في درجة حرارة الغرفة . وتكون الأبعاد النهائية للمادة المحضرة على مجموعتين :-

- أبعاد المجموعة الأولى (التي تضم عينات الصلادة والأنحناء والصدمة) حيث كانت أبعاد القالب المستخدم لأنتاج الصبة (25 × 25×0.5) سم .
- أبعاد المجموعة الثانية (التي تضم عينات الأنضغاطية) حيث كانت أبعاد القالب المستخدم لأنتاج الصبة (2 × 2 × 2) سم .

ب- أضافة كربيد السيليكون الى البولي سلفون أمايد :-

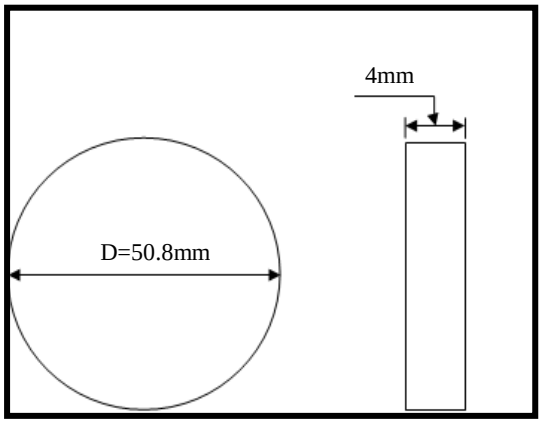
يتم أعادة الفقرة (أ) مع تغير مادة أوكسيد الكادميوم بكربيد السيليكون المضاف الى البولي سلفون أمايد .

ج- أضافة خليط (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) الى البولي سلفون أمايد:-

يتم أعادة الفقرة (أ) مع أخذ أوزان متكافئة من أوكسيد الكادميوم وكربيد السيليكون بحيث يصبح الوزن الكلي نفس وزن أوكسيد الكادميوم أو كربيد السيليكون المضاف الى البولي سلفون أمايد .

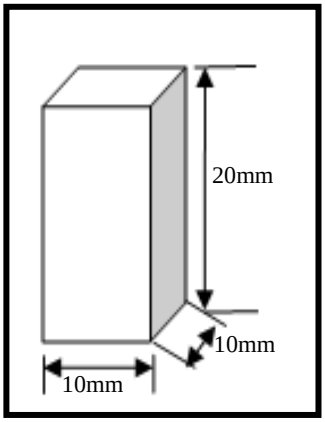
د- يتم تقطيع العينات لكل أختبار وكما يلي :-

1- أبعاد العينات المستخدمة في أختبار الصلادة حسب المواصفات الأمريكية (ASTM-D2240)كما في شكل رقم (3) [13] .



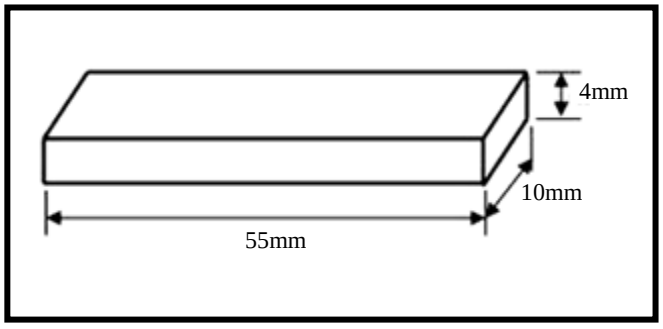
شكل (3) أبعاد العينة في أختبار الصلادة

2 - أبعاد العينات المستخدمة في أختبار الأنضغاطية المواصفات الأمريكية (ASTM-D695)كما في شكل رقم (4) [14] .



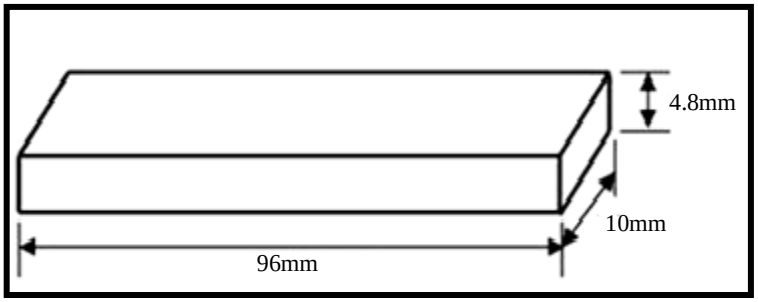
شكل (4) أبعاد العينة في أختبار الأنضغاطية

3 - أبعاد العينات المستخدمة في أختبار الصدمة المواصفات الأمريكية (ISO- 179)كما في شكل رقم (5) [15] .



شكل (5) أبعاد العينة في أختبار الصدمة

4 - أبعاد العينات المستخدمة في أختبار الأنحناء المواصفات الأمريكية (ASTM-D790)كما في شكل رقم (6) [16] .



شكل (6) أبعاد العينة في أختبار الأنحناء

3-2- أختبار الصلادة Hardness Test:-

تم قياس صلادة العينات بطريقة (Shore D) وهذه الطريقة ملائمة للمواد البوليمرية والعينة المستخدمة في هذا الاختبار يجب إن تمتلك سطح أملس (صقيل) ومستوي وبسمك لايقل عن (3mm) ، ولهذا الغرض تم استخدام جهاز صلادة شور(Shore D أمريكي الصنع) والخاصة بقياس صلادة المواد البوليمرية وهو عبارة عن جهاز مشابه للبوصلة يحتوي على إبرة في المنتصف وتتضمن طريقة الفحص وضع الجهاز بصورة عمودية على العينة المراد قياس الصلادة لها بحيث يكون مماساً لسطح العينة المراد قياس صلادتها لكي تغرز الابرة في سطح المادة ثم يتم الانتظار مدة ثلاثة ثواني بعدها يتم اخذ قيمة الصلادة من الجهاز . علما أن أبعاد العينة المستخدمة في هذا الأختبار كما في الشكل (3) وحسب المواصفات الأمريكية (ASTM-D2240) [13] .

3-3- أختبار الأنضغاطية Compression Test:-

اختبار الانضغاط هو أحد الاختبارات الميكانيكية التي تم إجراءها على عينات البحث لتحديد تحمل المادة عند تعرضها إلى حمل انضغاط ساكن قبل أن تنكسر وتتحطم والتي تقاس عادةً بوحـــدات (MPa) . لقد تم إجراء هذا الاختبار على عينات البولي سلفون أمايد المقواة بدقائق كربيد السيليكون أو أوكسيد الكادميوم أو خليط دقائق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) ، وذلك لغرض حساب مقاومة الانضغاط . وقد تم اجراء اختبار الانضغاط باستخدام جهاز الاختبارات العام WP300 Universal) Material ألماني الصنع) . علما أن أبعاد العينة المستخدمة في هذا الأختبار كما في الشكل (4) وحسب المواصفات الأمريكية(ASTM-D695) [14] .

3-4- أختبار الصدمة Impact Test:-

يعد إجراء اختبار الصدمة مهماً جداً من الناحية العملية ، حيث يمكن من خلاله حساب الطاقة الممتصة اللازمة لكسر النماذج المستخدمة في البحث (Fracture energy, U) وذلك باستخدام جهاز اختبار الصدمة نوع (Charpy أنكليزي الصنع) . حيث تم تصنيع العينات كما في الشكل (5) وحسب المواصفات الأمريكية (ISO- 179) [15] . فعند تسليط الحمل على العينة يتم تسجيل الطاقة المطلوبة لكسر العينة بشكل مباشر من الجهاز. كذلك لحساب متانة الصدمة من المعادلة (1) التي تعد مقياس لمقاومة المادة للكسر تحت تأثير القوة المسلطة عليها [17] .

$$G_c = U_c / A \qquad \text{----------} \qquad (1)$$

حيث أن :-

G_c: متانة المادة المتراكبة (J/m^2) .

U_c : الطاقة الممتصه (J) .

A : مساحة العينة (m) .

3-5- أختبار الأنحناء Bending Test:-

لغرض دراسة سلوك الانحناء للعينات المحضرة تم أجراء اختبار الانحناء الثلاثي النقاط للعينات المستخدمة التي تم تقويتها بدقائق كربيد السيليكون أو أوكسيد الكادميوم أو خليط دقائق (كربيد السيليكون + أوكسيد الكادميوم) باستخدام جهاز مقاومة الانحناء(WP300 Universal Material ألماني الصنع) . حيث تم تصنيع العينات كما في الشكل (6) وحسب المواصفات الأمريكية(ASTM-D790) [16] . حيث يتم وضع عينة البولي سلفون أمايد المقواة على مسند ، بينما يطبق الحمل على منتصف العينة بين المسندين . ويستمر تطبيق الحمل المسلط لغاية حصول الفشل للنماذج المستخدمة ، حيث يتم خلالها إعطاء معلومات عن القوة المسلطة ومقدار التشوه الحاصل من نقطة البداية لغاية حدوث الفشل عن طريق مؤشرات موجودة في الجهاز. وتساعد هذه المعلومات في الحصول على منحني القوة / التشوه (Load / Deflection) . لحساب معامل المرونة لعينات البولي أمايد المقواة على اختلاف أنواعها حيث يتم الحصول على المعلومات المطلوبة لحساب هذا المعامل من العلاقة بين القوة / الانحراف التي تم تحديدها من النتائج التي تم الحصول عليها من الجهاز المستخدم في الاختبار [18] .

$\sigma_f = 3PL/2bh^2$ ---------- (2)

حيث أن :-
σ_f: مقاومة الأنحناء (MPa) .
P: الحمل (N) .
L : طول العينة (m) .
b : عرض العينة (m) .
h : سمك العينة (m) .

4- المناقشـــــــــة Discussion :-

يبين شكل رقم (7) ان زيادة التقوية بالدقائق (كحشوات) يؤدي الى زيادة الصلادة في حالة اضافة دقائق كربيد السيليكون او اوكسيد الكادميوم او خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) الى البولي سلفون امايد والسبب يعود الى ان الدقائق الصغيرة (75مايكرون) تكون سهلة في عملية التغلغل الى داخل مادة الاساس والى داخل الفسح البينية التي تتكون اثناء عملية تحضير المتراكب ، كل هذا ساعد في زيادة مساحة التماس مابين مكونات المادة المتراكبة المحضرة ومن ثم زيادة الترابط فيما بينها وبشكل متكامل مما اعطى قيـم اكثر ايجابية عند فحص الصلادة . وكذلك يلاحظ من الشكل ايضا ان الصلادة تكون اكبر في حالة اضافة تقوية بالدقائق لكربيد السيليكون من اوكسيد الكادميوم او خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) والسبب يعود الى أرتفاع صلادة كربيد السيليكون من اوكسيد الكادميوم او خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) مما أدى الى زيادة صلادة المادة المتراكبة المقواة بهذه الدقائق وتزداد هذه الصلادة مع زيادة النسبة لهذه الدقائق. ومن الشكل ايضا نلاحظ ان الصلادة تصل اعلى قيمة لها عند اضافـــة 8 % كنسبة وزنية من كربيـد السليكون وتسـاوي (285) بينما تكـــون (270) عند اضافة اوكسيـد الكادميوم و (255) عند اضافة خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) [19] .

يلاحظ مـن الشكل رقم (8) ان مقاومـة الانضغـاط تزداد بزيادة النسبـة الوزنية للتدعيم (الدقائق) ، حيث تصل مقاومة الانضغاط اقصاها عند اضافة 8 % كنسبة وزنية من الدقائق حيث كانت مقاومة الانضغاط (180 MPa) عند اضافة (SiC) و (175 MPa) عند اضافة (CdO) و (170 MPa) عند اضافة خليط دقائق (SiC + CdO) والسبب يعود الى أرتفاع مقاومة دقائق كاربيد السيليكون عن اوكسيد الكادميوم او خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) مما أدى الى أرتفاع مقاومة الأنضغاط للعينات المقواة بدقائق الكاربيد عن العينات المقواة بدقائق الأوكسيد والخليط من الأوكسيد والكاربيد [20] .

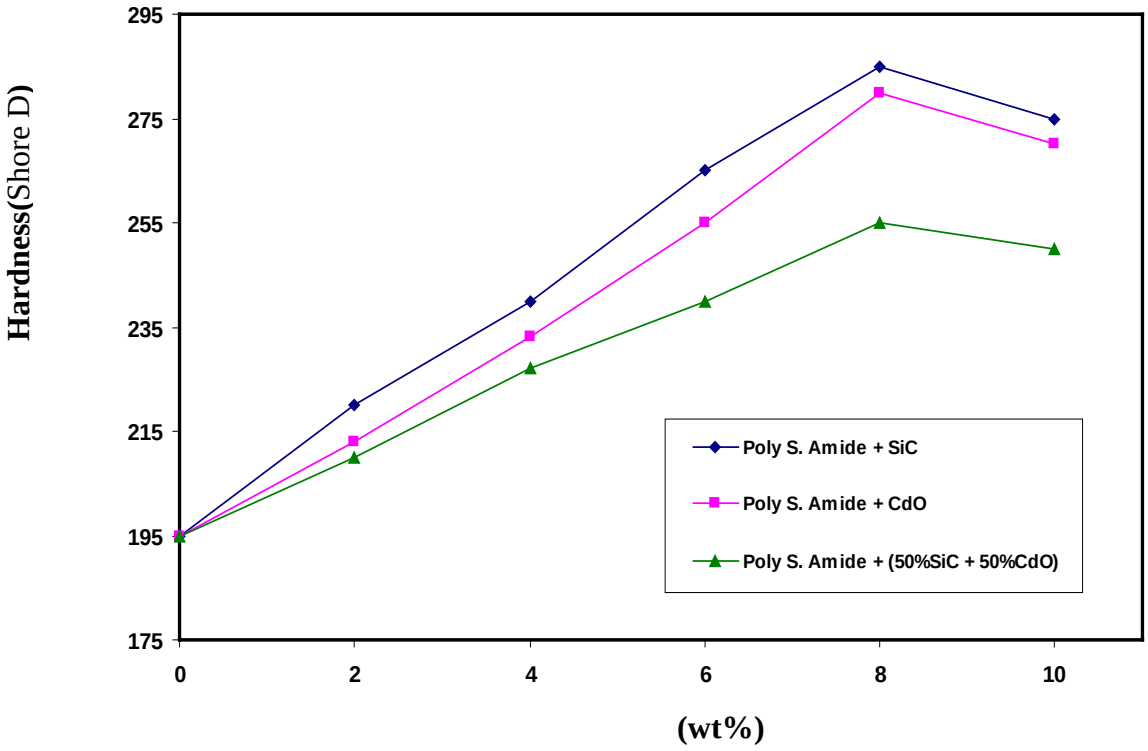
من الشكل رقم (9) نلاحظ ان مقاومة الصدمة تقل مع زيادة النسبة الوزنية للمادة المضافة (الدقائق) بحجم (75مايكرون) ، حيث تكون مقاومة الصدمـــة اعلى مايمكن عند اضافـــة (2 %) كنسبة وزنيـــة مـن الدقائق ، وتصـــــل (99 KJ / m²) عند اضافـــــة (SiC) و (95 KJ / m²) عند اضافة (CdO) و (90 KJ / m²) عند اضافة خليط دقائق (SiC + CdO) ، والسبب يعود الى أنخفاض قابلية التبلل للدقائق بسبب زيادة عددها في وحدة المساحة مما يؤدي الى تقليل مقاومة السطح البيني وأضعاف المادة المتراكبة الناتجة [21] .

يلاحظ من الشكـل رقم (10) ان مقاومـة الانحنـاء تكون اعلى مايمكن عند اضافة (2 %) كنسبة وزنية من الدقائق ، حيث كانت (400 MPa) عند اضافة خليط دقائق (SiC + CdO) و (350 MPa) عند اضافة (SiC) و (335 MPa) عند اضافة (CdO) ، ويعزى سبب الزيادة الى الاستقرارية الحاصلة في سلسلة البوليمر عندما تكون نسبة الاضافة قليلة بينما تنخفض مقاومة الانحناء عندما تزداد نسبة الاضافة والسبب يعود الى ان زيادة الدقائق تؤدي الى نقصان المسافة بين جزيئات البوليمر وحصول كسر للقوى الجزيئية بين الجزيئات والذي يؤدي الى نقصان في كثافة الترابط يصاحبه أنخفاض معامل المرونة المؤدي الى انخفاض مقاومة الانحنـــــاء [22] .

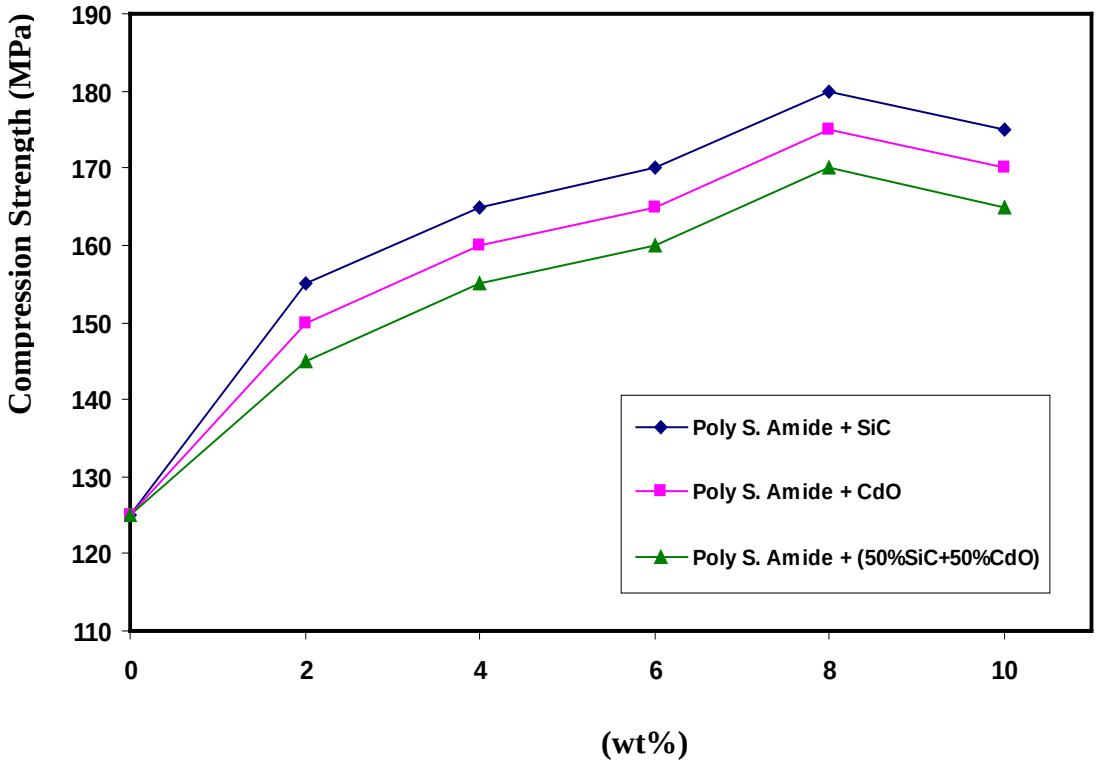
5- الأستنتاجـــات Conclusions :-

من خلال الدراسة أعلاه نستنتج ما يلي :-

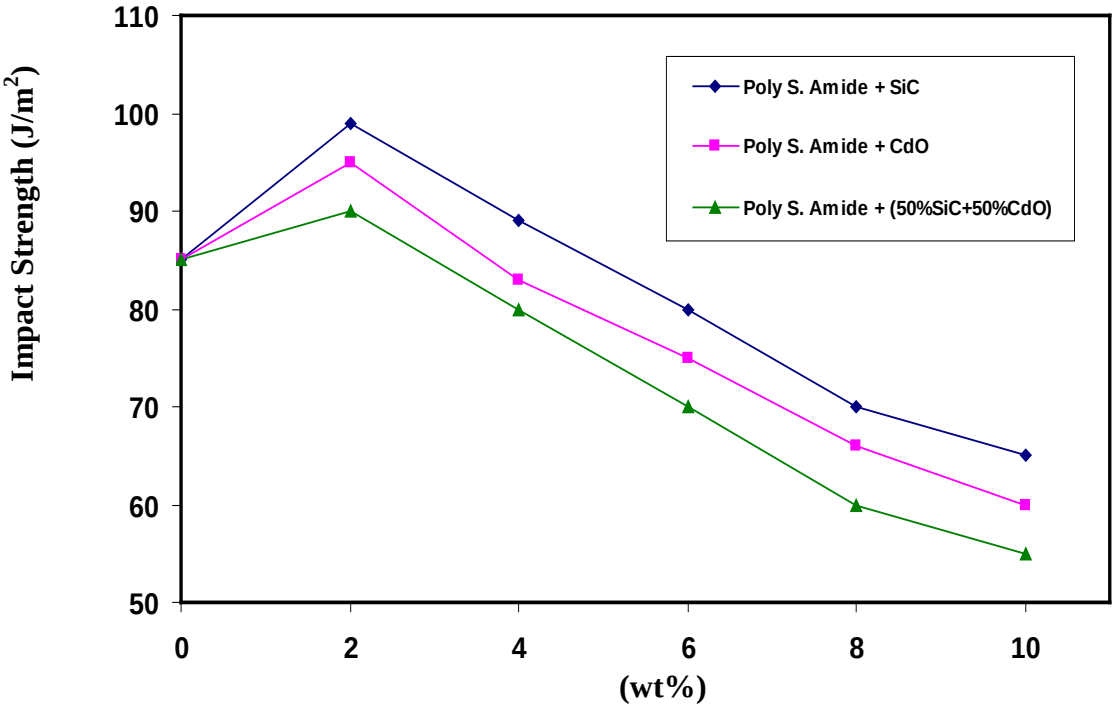
1- تحســـن الصلادة و مقاومة الأنضغاط عند اضافـــــة دقائق كربيد السيليكون او اوكسيد الكادميـــوم او خليط دقائـــق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) الى البولي سلفون امايد ، وتكون أعلى قيمة لهما عند أضافة 8% كنسبة وزنية .
2- تحسن مقاومة الصدمة عند اضافـــة نسبة وزنية لغايـــة 2% من دقائق كربيد السيليكون او اوكسيد الكادميوم او خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) الى البولي سلفون امايد أما بعدها فيحصل تدهور بالخواص ، بينما يكون أعلى تحسن في مقاومة الأنحناء عند اضافـــة نسبة وزنية 2% من خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) أو كربيد السيليكون أو اوكسيد الكادميوم الى البولي سلفون امايد .
3- الخواص الميكانيكية (الصلادة ومقاومة الأنضغاط ومقاومة الصدمة و مقاومة الأنحناء) من اضافـــــة دقائق كربيد السيليكون تكون افضل من اضافـــــة دقائق اوكسيد الكادميوم او خليط دقائق (اوكسيد الكادميوم + كربيد السيليكون) الى البولي سلفون امايد لأنتاج مادة متراكبة بمواصفات جيدة .



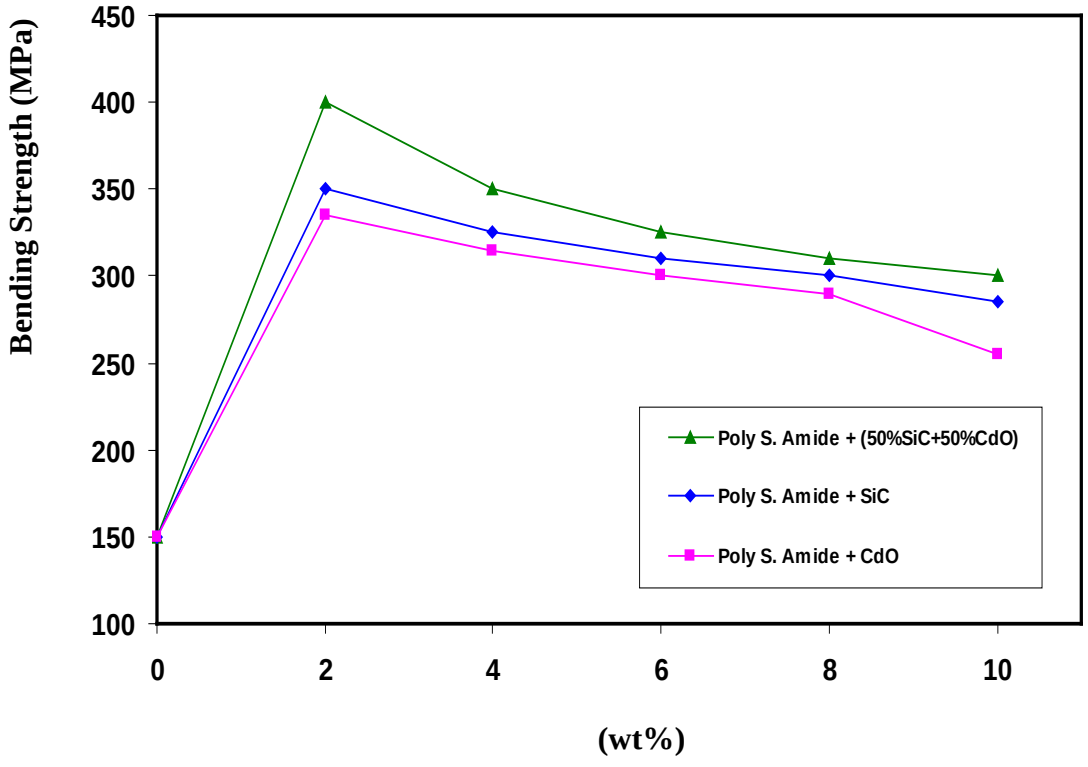
شكل (7) يوضح تأثير أضافة الدقائق على الصلادة



شكل (8) يوضح تأثير أضافة الدقائق على مقاومة الأنضغاط



شكل (9) يوضح تأثير أضافة الدقائق على مقاومة الصدمة



شكل (10) يوضح تأثير أضافة الدقائق على مقاومة الأنحناء

References:

1- Michael F. Ashby and David R. H. Jones , "Engineering Materials 2" , Elsevier Publisher , (2006) .

2- Turner D.T. and Haque Z.U.,"Influence of Particulate Fillers on the Indentation Hardness of a Glassy Cross – Linked Polymer", Journal of Materials Science, Vol.22, (1987).

3- Jancar J. ," Influence of Filler Particle Shape on Elastic Module of PP/$CaCo_3$ and PP/$Mg(OH)_2$", Journal of Materials Science, Vol.24, (1989).

4- Kharkhardin A. N.,"Density of Packing of Filler Particles in Composites", International Journal Polymer Science and Technology, Vol.16, (1989).

5- أيناس محي هادي ،" دراسة الخصائص الميكانيكية والحرارية للبولي أستر غير المشبع والمدعم بدقائق سيراميكية"، رسالة ماجستير ، قسم العلوم التطبيقية / الجامعة التكنولوجية، (1999).

6- سعد ميخائيل أيليا"دراسة الخصائص الميكانيكية والتوصيلية الحرارية لمادة متراكبة ذات أساس بوليميري مقواة بدقائق الألمنيوم واوكسيد اللأمنيوم"، رسالة ماجستير، قسم هندسة المواد، الجامعة التكنولوجية، (2007).

7- Park Y. W. and Mark J. E.," Toughening of polyamides by the in situ generation of elastomeric phases", by Springer, 2000.المكتبة الأفتراضية العراقية

8- Yun ding," properties and morphology of super toughened polyamide hybrid composites", journal of applied polymer science, by wiley, 2012.المكتبة الأفتراضية العراقية

9- Herman F. Mark,"Encyclopedia of Polymer Science and Technology Third Edition",Vol.6,Degradation,John Wiley and Sons,(2005).

10- مالكولم - ب- ستيفنسن ،" كيمياء البلمرة " ، ترجمة قيس عبد الكريم أبراهيم – قسم الكيمياء – جامعة البصرة ،(1984) .

11- Kriener M.," Superconductivity in Heavily Boron-Doped Silicon Carbide", Sci.Technol.Adv.Mater.9(4).Doi:10.1088/1468-6996/9/4/044205,(2008).

12- Zumdahl, Steven S. ," Chemical Principles 6th Ed.. Houghton Mifflin Company", P. A21. ISBN 0-618-94690-X,(2009).

13- " Standard Test Method for Plastics Properties- Durometer Hardness D 2240", Annual Book of ASTM Standard, Vol. 09.01 (1988).

14-"Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics D695- 85", Annual Book of ASTM Standard, Vol. 10.01 (1985).

15- Internet, http:// www.ptli.com/testlopedia/tests/charpy- ISO- 179.asp. (2006).

16-"Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics D 790-86", Annual Book of ASTM Standard, Vol. 10.01 (1986).

17- D. R. Askel D.R. and Phule P. P., "The Science and Engineering of Materials" 4thed., 2003.

18- Sanders B. R. and Weintraub T. L., "Metal Handbook Mechanical Testing" Vol. 8, 9thed., USA, 1985.

19- وسن جبار المناتي ، " دراسة السلوك الدقائقي لمادة متراكبة بوليمرية دقائقية " ، رسالة ماجستير ، قسم العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية ، (2005) .

20- Driver W. E. , " Plastics Chemistry and Technology " , Am No Strand Reinhold Company , New York , (1971) .

21- محمد أسماعيل عمر ، " الجودة في أختبارات مواد البلاستك " ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ، (2001) .

22- Otsuki T. , Qiu W. and Hirotsu T. ," Mechanical properties and applications for floor tiles of a composite from clay and maleated polyethylene " , Journal of Applied Polymer Since , Vol.96,PP.1176-1182,(2005) . المكتبة الأفتراضية العراقية