دراسة الخصائص الميكانيكية لمتراكبات البولي اثيلين المدعم بدقائق مسحوق الصدف

اريج رياض سعيد * و د. سه وينج نور الدين رفيق*

تاريخ التسلم:2009/12/2
تاريخ القبول:2011/1/5

الخلاصة

في بحثنا هذا استعمل البولي اثيلين العالي الكثافة (HDPE) والواطيء الكثافة (LDPE) كمادة اساس، واستعملت دقائق الصدف كمادة تدعيم لتحضير المادة المتراكبة وقد استعملت طريقة الحقن المكبسي لتحضير عينات البحث بنسب وزنية مختلفة وكالاتي: -

1. البولي اثيلين العالي الكثافة النقي (HDPE) .
2. البولي اثيلين الواطيء الكثافة النقي (LDPE) .
3. البولي اثيلين العالي الكثافة (HDPE) المدعم بدقائق الصدف وبنسب (50,40,30) %
4. البولي اثيلين الواطيء الكثافة (LDPE) المدعم بدقائق الصدف وبنسب (50,40,30) %

تم دراسة بعض الخصائص الميكانيكية (معامل المرونة، مقاومة الصدمة ،الصلادة، معدل الزحف) للعينات المحضرة .

وقد اظهرت نتائج البحث ان قيم (معامل مرونة الانحناء والصلادة) تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لمادة التدعيم ولكلا نوعي البولي اثيلين المستعمل في هذا البحث ،اما مقاومة الصدمة ومعدل الزحف فان قيمها تقل لجميع العينات المستعمله في البحث مع الزيادة في النسبة الوزنية لمادة التدعيم .

الكلمات الدالة: البولي اثيلين المدعم بدقائق مسحوق الصدف

Study The Mechanical Properties For Polyethylene Composites Reinforced By Fish Shell Particles

Abstract

In this research we use both High Density Polyethylene (HDPE), and Low Density Polyethylene (LDPE)were used as matrix to the composite material and fish shell particles were used as a reinforced filler, Plunger injection molding method were used to prepare samples which have different filler percentage as below:-

1. Pure High Density Polyethylene (HDPE).
2. Pure Low Density Polyethylene (LDPE).
3. High Density Polyethylene (HDPE) reinforced with fish shell particles in the following percentage (30, 40 and 50%).
4. Low Density Polyethylene (LDPE) reinforced with fish shell particles in the following percentage (30, 40 and 50%).

In this research some of the mechanical properties (Modulus of elasticity, Impact strength, Hardness, and Creep rate). The research results showed that the values of (Modulus of elasticity, Hardness) will increase with the increase of the filler percentage for both types of polyethylene used in this research, in the other hand the values for impact strength and the values of Creep rate of the all samples used in this research will be decreeing with the increase of the filler percentage.

* قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية/ بغداد

https://doi.org/10.30684/etj.29.15.18
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

(1) المقدمة

ان التطور الصناعي والتكنولوجي يعتمد بشكل كبير على التقدم في حقل المواد ونتيجة لهذا التطور الصناعي الكبير الذي شهده العالم في كافة المجالات ظهرت الحاجة لايجاد البدائل للمواد ذات الاستخدامات الصناعية المتعددة بحيث تكون تلك البدائل ذات مواصفات جيدة من حيث الكلفة وخفة الوزن والخواص بصورة عامة وذلك لاستخدامها في التطبيقات الصناعية المتعددة ولذلك تم انتاج ما يعرف بالمواد المتراكبة[1]، وهي عبارة عن اشتراك مادتين او اكثر غير قابلة على التذاوب او التفاعل التام فيما بينهما اي لاتؤدي الى تكوين مادة كيميائية جديدة ، بحيث تمثل كل مادة طورا منفصلا في النظام، لغرض الحصول على مواد جديدة ذات خصائص فيزيائية تختلف عن خصائص مكوناتها الداخلة في تشكيلها، وتكون اكثر ملاءمة للتطبيقات الصناعية [5]. تعد الدقائق احد وسائل التقوية للمادة الاساس اذ يكون توزيعها في المادة الاساس عشوائيا من اجل الحصول على مواد متراكبة ذات خواص ميكانيكية جيدة ومتناظرة اي ذات خواص متساوية في جميع الاتجاهات (isotropic) [2] . ان السلوك الميكانيكي للمواد المتراكبة المقواة بالدقائق ناتج عن التأثير المتبادل لخصائص الاطوار المكونة للمادة المتراكبة والمتمثلة بما ياتي[3] :-

1. المادة الاساس .
2. مادة التقوية .
3. السطح البيني .

اما مقاومة ومتانة المادة المتراكبة المدعمة بالدقائق فتعتمد على عدة متغيرات[3] :-

1. الكسر الحجمي او الوزني للدقائق .
2. حجم الدقائق وتوزيعها .
3. معامل المرومة ومتانة الدقائق.
4. السطح البيني في المادة المتراكبة.

ويمكن تقسيم الحشوات الدقائقية حسب طبيعتها الى الدقائق العضوية والغير عضوية وتعتبر الحشوات الدقائقية غير العضوية من النوع المهم لانة يتميز بمميزات منها انها متوفر بكثرة وبصورة طبيعية وجاهزة للاستخدام بصورة مباشرة لذلك تستخدم لتقليل الكلفة للمواد المصنعة وبدون خسارة تذكر وان حصلت الخسائر فهي قليلة ، فضلا عن ذلك فان هذه الحشوات تحسن من خصائص المركبات عند اضافتها ومثال على ذلك الصلابة تزداد بشكل واضح [4] .

هناك عدة طرق لتصنيع البوليمرات وهي [7] :-

1- القولبة بالكبس Compression molding .
2- القولبة بالنفخ Blow molding .
3- القولبة الدورانية Rotational molding .
4- التصنيع بواسطة البثق Processing by Extrusion .
5- القولبة بالقذف او الحقن Injection molding .

تستعمل عمليات الحقن في تشكيل البوليمرات المطاوعة للحرارة وتحتل تلك العملية مكانة ممتازة من عمليات التشكيل المختلفة ، وهناك نوعان من التشكيل او القولبة بالحقن وذلك حسب المعدات المستخدمة وهي:-

1- التشكيل بالحقن المكبسي Plunger Injection Molding.
2- التشكيل بالحقن الحلزوني Spiral Injection Molding.

استعملت تقنية القولبة بالحقن المكبسي في عملية تحضير عينات المواد المتراكبة لهذا البحث .

البولي أثيلين Polyethylene :

يعتبر البولي اثيلين احد انواع البوليمرات العضوية استنادا الى تركيبها الكيميائي حيث يتكون من ذرتي كاربون واربع ذرات هيدروجين في وحدة تكرار البوليمر الاساس كما في الشكل (1)[8] .

من خصائص البولي اثيلين انه عالي المتانة ، لدن ، خفيف الوزن ، سهل التصنيع ، كلفته قليلة ، وامتصاصية قليلة جدا للماء ، خامل كيميائيا (اي انه لايذوب في اي من المذيبات

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

عند درجة حرارة الغرفة)، لكنه ينتفخ (Swelled) بصورة خفيفة بواسطة السوائل مثل البنزين ، له مقاومة جيدة للحوامض والقواعد ، درجة الانتقال الزجاجي للبولي اثيلين قليلة جدا حوالي (120- °C) التي تعطيه المرونة (Flexibility) ومقاومة عالية للرطوبة وبالاضافة الى خواص العزل الكهربائي[8] .

(3) الجزءالعملي

(3-1) المادة الاساس (Matrix) :-

استعمل البولي اثيلين عالي الكثافة (HDPE) وواطيء الكثافة (LDPE) كمادة اساس في المادة المتراكبة البوليمرية وهو على شكل حبيبات صغيرة عند درجة حرارة الغرفة وهو احد انواع البوليمرات المطاوعة للحرارة (Thermoplastic) والمصنع من قبل المجمع البتروكيماوي لصناعة البتروكيمياويات في البصرة .

(3-2) مواد التدعيم Reinforcing materials):-

تم استعمال دقائق الصدف (*fish Shell Particles*) بحجم اقل من 50 مايكرون لتدعيم البولي اثيلين، تعتبر قشور الصدف من المواد غير العضوية الطبيعية التي يمكن استخدامها بشكل واسع في تدعيم المواد البوليميرية لما تمتلكه من خصائص ومواصفات جيدة وذلك لان كاربونات الكالسيوم ($CaCo_3$) يمثل الغالبية العظمى من مكونات القشريات البحرية والنهرية والهياكل العظمية، وكما مبين في الجدول (1) ، تم غسل وتنظيف الصدف بعد جمعه من بحيرة الحبانية ثم يتم تكسيرة وطحنه.

(3-3) تقنية التحضير (Preparation Technique) :

استعملت تقنية القولبة بالحقن المكبسية (Plunger Injection molding) في عملية تحضير عينات المواد المتراكبة وكما يلي :-

تحضير المادة المتراكبة من خلط المادة الاساس مع مادة التدعيم يدويا وبنسب وزنية مختلفة على ان تكون وزن الخلطة النهائية (500gm) ، ثم يوضع الخليط في خزان حبيبات البوليمر يدعى (Hopper) حيث تنزل حبيبات الخليط من الخزان على هيئة وجبات (Batches) الى اسطوانة التسخين (Heating chamber)عندما يكون المكبس الموجود داخل هذه الاسطوانة منسحبا الى الخلف، تبتدىء دورة القذف باندفاع المكبس بسرعة الى الامام ضاغطا الخليط الى داخل اسطوانة التسخين التي تحتوي على طوربيد (Torpedo) يساعد على مزج وتجانس منصهر البوليمر مع الدقائق ، وكلما اندفع المنصهر الى الجزء الامامي من اسطوانة التسخين تصبح درجة حرارته مقاربة الى درجة حرارة الاسطوانة اثناء مروره بين الطوربيد وسطح الاسطوانة .وعندما يصل المنصهر فوهة القذف قد بلغ المنصهر درجة اللزوجة المناسبة للتصنيع عند الدرجة الحرارية (215°C) وهي الدرجة، وعند وصول المنصهر هذه الفوهة يندفع المكبس بسرعة كبيرة الى الامام دافعا المنصهر الى تجويف القالب، وبعدها يترك لمدة خمسة دقائق لغرض التبريد و التصلب وخلال هذه الفترة تكون قد نزلت دفعة اخرى من الخليط الى اسطوانة التسخين لكي تلين ليسهل طرد الهواء الموجود فيها بفعل حركة المكبس داخل الاسطوانة.

لقد تم تحضير عينات من البولي اثيلين النقي عالي الكثافة وواطيء الكثافة لوحدة ، وعينات من البولي اثيلين المدعم بدقائق الصدف وبثلاث نسب وزنية للدقائق وكما موضح في الجدول (2).

النتائج والمناقشة

يتضمن هذا الجزء عرض النتائج التي تم الحصول عليها من خلال الاختبارات التي أجريت على المواد المتراكبة المحضرة و المتمثلة بالاختبارات الميكانيكية.

(1)اختبار الانحناء Bending Test :-

يمكن حساب معامل المرونة بتطبيق العلاقة الاتية (1)[9] :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$E = \frac{MgL^3}{48IS} \quad \text{.....(1)}$$

حيث ان

M: الكتلة المسلطة على العينة (gm).

g: التعجيل الارضي وقيمته (9.81 m/s^2)

L: المسافة بين نقطتي الارتكاز (mm).

S: الانحناء الناجم من الحمل المسلط (mm).

I: عزم الانحناء الهندسي (mm^4) ويحسب من العلاقة الاتية (2)[9] :-

$$I = \frac{bd^3}{12} \quad \text{.....(2)}$$

حيث ان: b: عرض العينة (mm).

d: سمك العينة (mm).

ممكن ملاحظة من الاشكال (2) (3) ان الانحناء يقل مع اضافة مادة التدعيم وبشكل يتناسب مع الزيادة في النسبة الوزنية لمادة التدعيم.

وبصورة عامة نلاحظ ان كلا نوعي البولي اثيلين (LDPE) (HDPE) امتلكت زيادة في معامل المرونة عند تدعيمها بالحشوات الدقائقية والسبب في ذلك ان الدقائق الموزعة بشكل منتظم تعمل على اختزال الفراغات التي يمكن ان تتكون خلال عملية تصنيع المادة المتراكبة، وبذلك يزداد التداخل والترابط مابين المادة الاساس والدقائق ولهذا فعند تسليط اجهاد معين على المادة فان الانفعال الناتج يقل مع زيادة نسبة التدعيم نتيجة لتكون التداخل ما بين مادة التدعيم والمادة الاساس وهذا يعيق حركة السلاسل البوليميرية وبالتالي تزداد قيمة معامل المرونة[10]. ومن النتائج ممكن ملاحظة ان جميع عينات المجموعة الاولى لها معاملات مرونة اكبر اذا قورنت بعينات المجموعه الثانية كما مبين في الشكل(4) وذلك لتأثير كثافة المادة الاساس حيث ان كلما تزداد الكثافة يزداد معها معامل المرونة [11] .

(2) اختبار الصدمة Impact Test

يتم حساب مقاومة الصدمة للعينات (Impact Strength) من العلاقة الاتية (3)[9]

$$G_C = \frac{Uc}{A} \quad \text{.....(3)}$$

حيث إن:

U c = الطاقة الممتصة للكسر (J).

A = مساحة المقطع العرضي للعينة (mm2).

G_C = مقاومة الصدمة (J/mm^2).

ومن النتائج التي تم الحصول عليها ان مقاومة الصدمة تقل مع زيادة النسبة الوزنية للمادة المضافة (S) ولكلا نوعي البولي اثيلين (HDPE ,LDPE) كما موضح في الشكل (5) . تعتمد متانة الصدمة على كمية النسبة الوزنية للمادة الاساس ومادة التدعيم وعلى درجة الترابط والتداخل بين المادتين وكذلك على طبيعة الدقائق وحجمها حيث ان كلما كانت الحجوم للدقائق المستخدمة قليلة فانها تؤدي الى نقصان في قيمة مقاومة الصدمة ويعزى ذلك الى انتشار الدقائق داخل المادة الاساس والتي يمكن ان تكون مواقع لعمل وانتشار الشروخ والشقوق الدقيقة داخل المادة وذلك لتركيز الاجهادات عليها. وكذلك تعتمد على نوع الاجهاد المسلط على العينة وظروف التصنيع والظروف البيئية والشكل الهندسي للعينة وابعادها [12] . ومن ناحية اخرى فأن كثافة ومتوسط الوزن الجزيئي وتوزيع الوزن الجزيئي للمادة الاساس لها تاثيرها على الخصائص الميكانيكية للمادة المتراكبة ، حيث ان الكثافة لها علاقة ببلورية المادة فكلما كانت الكثافة عالية يعني ان المنتج لة بلورية عالية نتيجة تجمع السلاسل البلورية وتراصها بشكل قريب جدا من بعضها البعض وهذا يؤثر على خصائص المنتج النهائية ، مثل معامل المرونة الذي يزداد مع زيادة الكثافة ، بينما تقل مقاومة الصدمة مع زيادة الكثافة [11] .

(3) اختبار الصلادة Hardness Test:-

تحسب الصلادة من النسبة بين الحمل المسلط على العينة اثناء الاختبار الى المساحة السطحية للاثر المتروك على سطح العينة من المعادلة الاتية(4) [9]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

$$H.Br = \frac{2F}{pD(D-\sqrt{D^2-d^2})} \quad \ldots\ldots (4)$$

حيث ان

F: الحمل المسلط (N) .

D: قطر اداه الغرز (mm).

d: قطر الاثر الدائري (mm).

في هذه الدراسة تم إستخدام طريقة برينل لقياس الصلادة وذلك بتغلغل الكرة الفولاذية داخل سطح المادة تحت تاثير حمل معين مما يؤدي الى حصول اثر في هيئة جزء من سطح كروي مقطعه دائري يختلف قطره بأختلاف خصائص سطح الانموذج تحت الاختبار. و من الشكل (6) ممكن ملاحظة ان قيم الصلادة للعينات تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لدقائق الصدف ، وذلك لان دقائق الصدف الطبيعي الغير عضوي يمتلك نسبة عالية من كاربونات الكالسيوم (Calcium Carbonate) وهي مادة تستخدم بشكل واسع كحشوات في التطبيقات البوليميرية وذلك لانه يحسن الخصائص الميكانيكية للمواد المتراكبة مثل المتانة والصلادة[13] .

وبصورة عامة فان استخدام الدقائق كحشوات يحسن من صلادة المنتج وخاصة عند استخدام الدقائق ذات الحجم الصغير جدا اقل من (50) مايكرون وذلك لان اثناء عملية التصنيع فان الدقائق الصغيرة تكون سهلة في عملية التغلغل الى داخل المادة الاساس والى داخل الفسح البينية و المسامات البينية التي تتكون اثناء عملية تحضير المتراكب، كل هذا ساعد في زيادة مساحة التماس ما بين مكونات المادة المتراكبة المحضرة ومن ثم زيادة الترابط فيما بينها وبشكل متكامل مما اعطى قيم اكثر ايجابية عند فحص الصلادة، وكذلك فان مادة التدعيم المتمثلة بالدقائق الصغيرة جداً تعمل على إعاقة حركة الانخلاعات Dislocation داخل المادة الاساس وهذا ما يعرقل من حدوث التشوه اللدن Plastic deformation وبذلك سوف تتحسن مقاومة الخضوع وصلادة المادة [14] .

ويلاحظ من الشكل (7) ان قيم الصلادة لعينات المجموعة الاولى تفوق قيم الصلادة لعينات للمجموعة الثانية وذلك لتاثير الكثافة للبولي اثيلين حيث ان كلما تزداد الكثافة تزداد معها المتانة والصلادة والجسائة للمادة وذلك لزيادة البلورية [11] .

(4)اختبار الزحف Creep Test :-

إن معدل الزحف يحسب عن طريق تحديد الميل "Slope" لمنحني الزحف في مرحلة الزحف الثانوية ، ويحسب من العلاقة الاتية (5) [9] . حيث يتم قياس الأستطالة مقابل الزمن ولجميع العينات علماً إن مدة وضع العينة في الجهاز هي (24 ساعة) .

$$Creep\ rate = \frac{\Delta e}{\Delta t} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث Δe : تمثل التغير في مقدار الانفعال.

Δt : التغير في مقدار الزمن (min).

عند تدعيم المادة الاساس بدقائق الصدف نلاحظ ان معدل الزحف يقل بشكل تدريجي مع زيادة النسبة الوزنية لمادة التدعيم ، فعند التدعيم بدقائق الصدف كانت النتيجة انخفاض في معدل الزحف ولكلا المجموعتين الاولى والثانية بشكل تدريجي الى ان تصل الى اقل قيمة عند اكبرنسبة تدعيم حيث تبلغ اقل قيمة لمعدل الزحف للمجموعة الاولى عند النسبة الوزنية (50%) وتصل ($5.018696 * 10^{-5}$ min^{-1})، وكذلك الحال بالنسبة للمجموعة الثانية فان اقل قيمة لمعدل الزحف تبلغ ($7.017391 * 10^{-5}$ min^{-1}) وكما مبين في الاشكال (8) و(9) .ان التحسن الحاصل في الخواص الميكانيكية والمتمثلة بالمتانة وزيادة معامل المرونة ناتجة عن قوة الترابط بين مادة التدعيم والمادة الاساس [15] . ومن العوامل المهمة التي تزيد من متانة المادة هي طريقة تحضير المادة المتراكبة حيث اثبتت البحوث ان تحضير المادة المتراكبة بطريقة الحقن تزيد من متانة وصلادة المادة وكذلك تقلل من عملية الزحف [16].

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

(5) الاستنتاجات

بعد اجراء البحث والدراسة حول استعمال دقائق الصدف كمواد طبيعية في تدعيم البولي اثيلين العالي الكثافة مرة والبولي اثيلين الواطيء الكثافة مرة ثانية ومقارنتها مع كلا نوعي البولي اثيلين العالي الكثافة والواطيء الكثافة النقي تم التوصل الى اهم الاستنتاجات الخاصة بهذا البحث :-

1- تزداد مقاومة الانحناء مع زيادة النسبة الوزنية لمادة التدعيم (دقائق الصدف) ، حيث يقل معدل الانحراف عند إضافة مادة التدعيم الى كلا نوعي البولي اثيلين في اختبار مقاومة الانحناء، وبالتالي زيادة قيم معامل المرونة (E) ولكلا المجموعتين وذلك للترابط والتداخل الكبير مابين المادة الاساس ومادة التدعيم .

2- تقل مقاومة الصدمة مع زيادة النسبة الوزنية لمادة التدعيم نتيجة لتركيز الاجهادات على دقائق مادة التدعيم

3- ازدادت قيم الصلادة للمادة المتراكبة مع زيادة النسبة الوزنية للدقائق وذلك لتأثير مادة التدعيم التي تمتلك صلادة ومتانة عالية .

4- يقل معدل الزحف لجميع المجاميع مع زيادة النسبة الوزنية لمادة التدعيم .

المصادر

Department of Defense, Handbook, U.S.A. "*Composite Material Handbook*" Vol.2,Polymer Matrix,(2000).

[1]M. M. Schwartz "*Composite Materials Hand Book*", McGraw Hill Company, New York, (1984).

[2]A. C. Moloney, H. H. kausch & H. R. Beer, " *Review Parameters Determining the Strength & Toughness of Particulate Filled Epoxide Resins*", Journal of Materials Science, Vol.22, No. 2, (1987).

[3]M.O.W. Richardson, *"Polymer Engineering Composite*", Applied Science Pub. Ltd, London, (1977).

[4] William.D.Callister, *"Materials science & Engineering an Introduction"*, Joan Wiley& Sons, Inc, 6th Ed, (2003).

[5]الكيميائي محمد اسماعيل عمر، "تكنلوجيا التصنيع بالحقن والرغاوي لمواد البلاستك "، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع (2002).

[6] د كوركيس عبد ال ادم ، د.حسين علي كاشف الغطاء "*تكنولوجية وكيمياء البوليمرات*"، كلية العلوم جامعة البصرة، (1983).

[7]A. Brent Strong, "*Plastics Materials and Processing*", Brigham Young University, 2nd edition, 2000.

[8] أ.د. جعفر الحيدري " *اختبارات المواد الهندسية* "دائرة المعتز للنشر والتوزيع، الطبعة الاولى، (2005).

[9]N.E.Marcovich &M.A.Villar, "*Journal of Applied Polymer since*" Vol.90, PP.2775-2784, (2003).

[10]محمد اسماعيل عمر ،"الجودة في اختبارت مواد البلاستك"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ،(2001).

[11]Qahtan Adnan Hamad AL-Jbouri, "*Studying Mechanical and physical properties for polymer Matrix composite material reinforced by fibers and particles*", Masc. Thesis, Material Engineering,(2008).

[12]Saari.Mustapha,"*Local Calcium Carbonate Powder, It's properties and application as Fillers*", University of Technology, Malaysia, (1988).

[13]محمد اسماعيل عمر ،"الجودة في اختبارت مواد البلاستك"، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع ،(2001).

[14]J.Z.Liang, R.K.Y.Li &S.C.Tjong ,"*Journal of Plastic Rubber and Composites Prpcessing and Applications*", Vol.26, No.6, (1997).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[15]R.M.Rowell,R.a\A.Young & J.K.Rowell," *Papered Composites from Agro-Based Recourse*" Lewis Publishers, New York.

[16]F.Horne," *How are Seashell created? Or any other shell such as nail's or turtle's?*", University of Texas state.

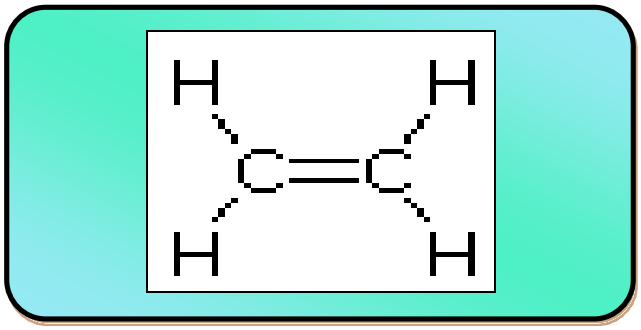
الجدول (1) نسب مكونات القشريات والهياكل العظمية [17]

المادة	النسبة المئوية %
$CaCO_3$	98.2
$MgC0_3$	1.2
SiO_2	0.25
Al_2O_3	0.12
Fe_2O_3	0.06
MnO	0.0035
Moisture	0.2

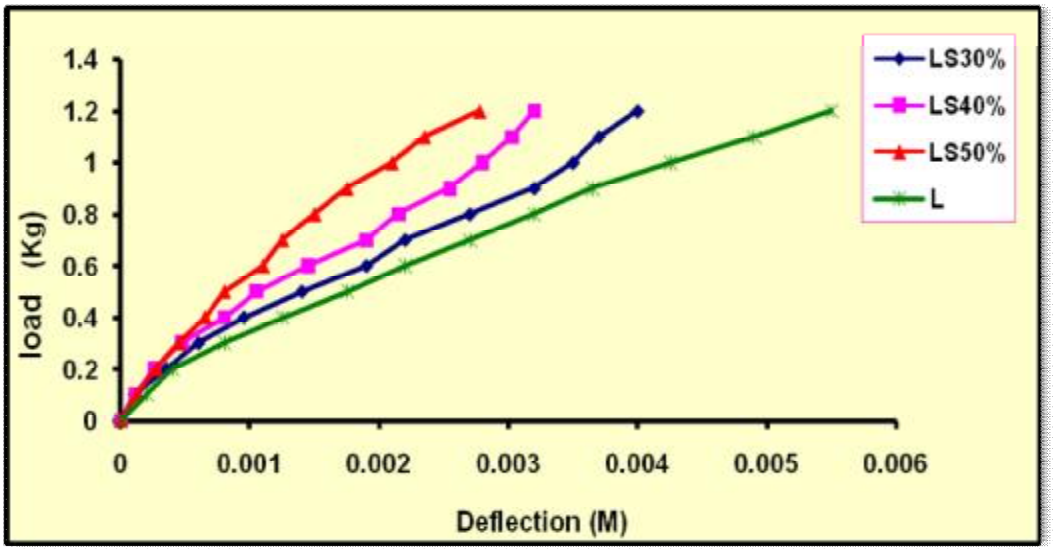
الجدول (2) يبين النسب الوزنية للعينات المحضرة في البحث الحالي
حيث ان (S) تعني دقائق الصدف

اسم المجموع	مكونات المجموعة	النسب %		
المجموعة الاول	HDPE+S	30	40	50
المجموعةالثاني	LDPE+S	30	40	50

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

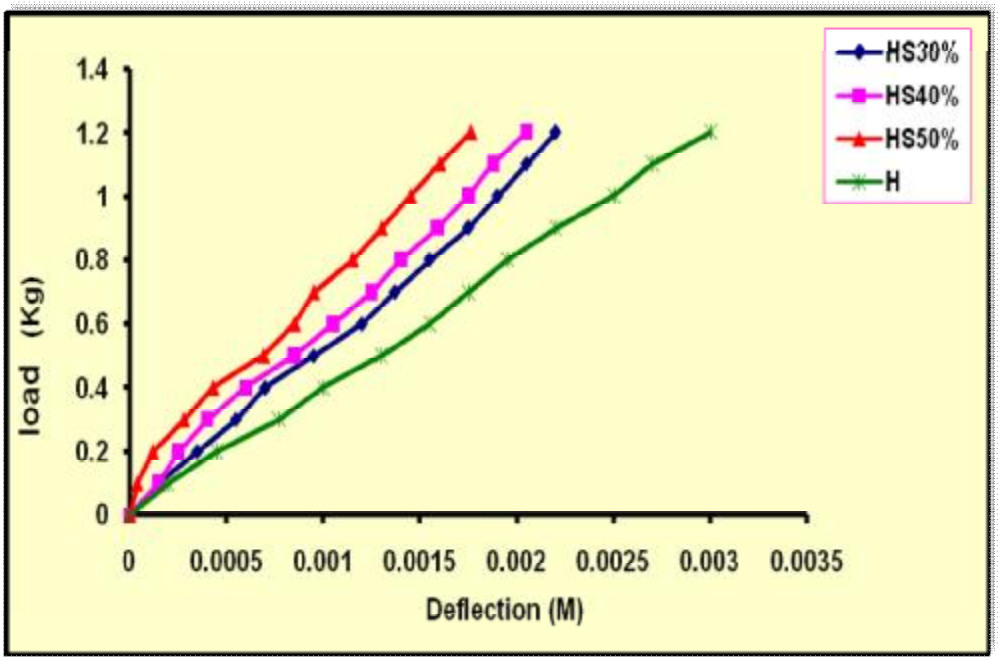


الشكل (1) يوضح تركيب جزيئة الأثيلين



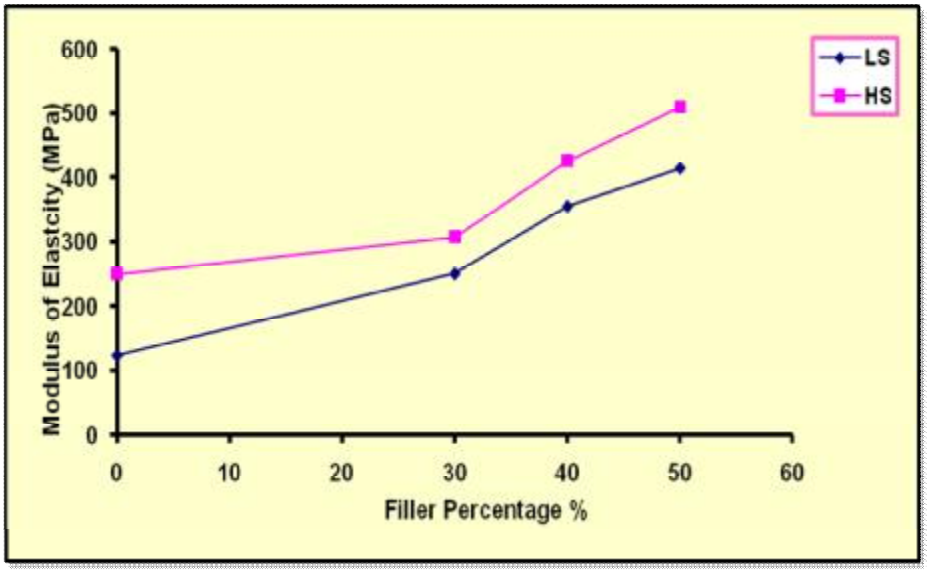
الشكل (2) يوضح العلاقة بين الحمل المسلط على معدل الانحراف للبولي اثيلين واطيءالكثافة المقوى بدقائق الصدف وبنسب وزنيه مختلفة. (LDPE)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



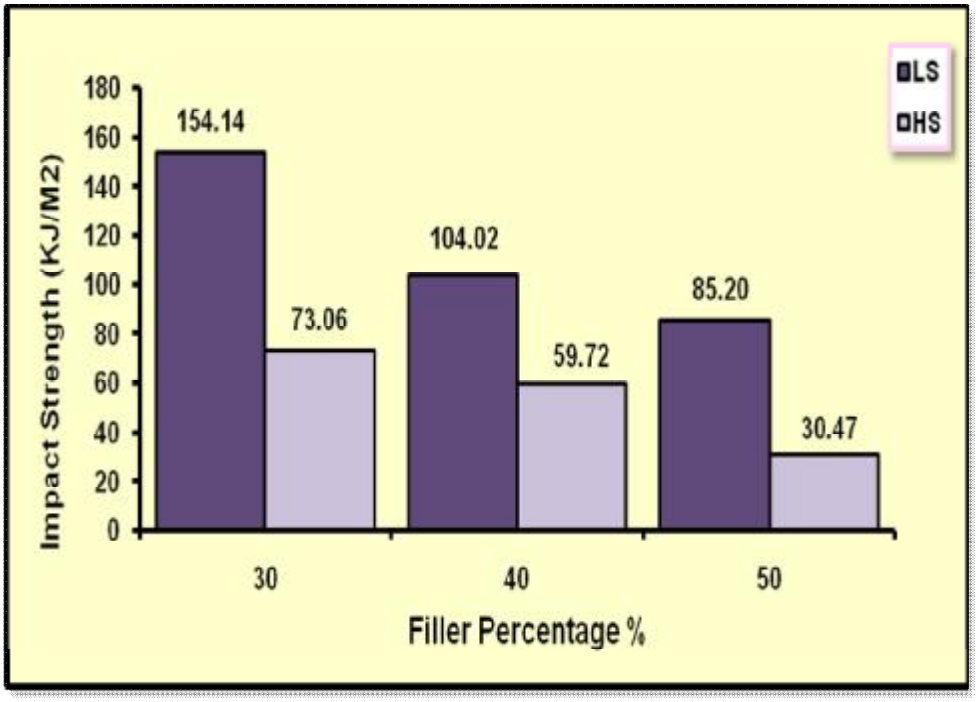
الشكل (3) يوضح العلاقة بين الحمل المسلط على معدل الانحراف للبولي اثيلين عالي الكثافة (HDPE) المقوى بدقائق الصدف وبنسب وزنيه مختلفة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



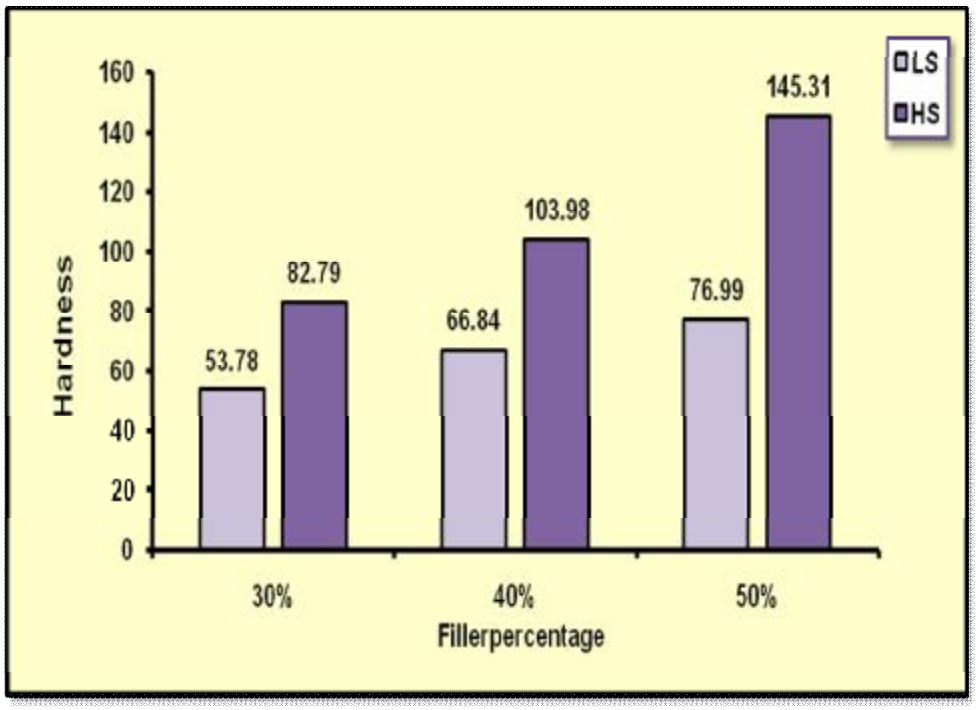
الشكل (4) يمثل العلاقة بين معامل مرونة الانحناء والنسب الوزنية للمادة المتراكبة لكلا نوعي البولي اثيلين (HDPE),(LDPE) المقوى بدقائق الصدف

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

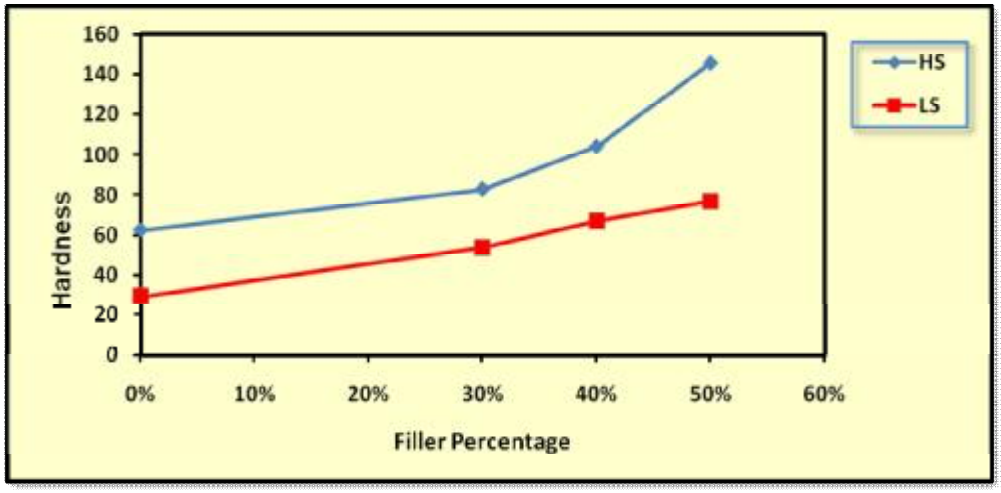


الشكل (5) تأثير النسبة الوزنية لدقائق الصدف على مقاومة الصدمة لمادة متراكبة ذات اساس (LDPE) و(HDPE)

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

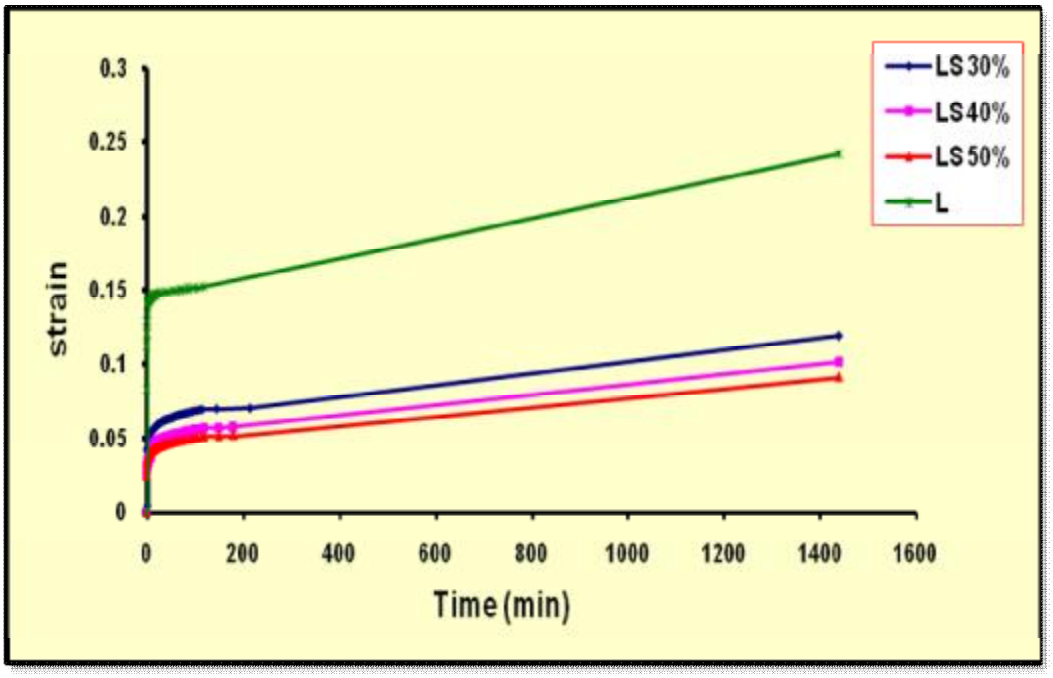


الشكل (6) يوضح العلاقة بين الصلادة والنسبة الوزنية لمادة متراكبة من البولي اثيلين (HDPE),(LDPE) المقوى بدقائق الصدف



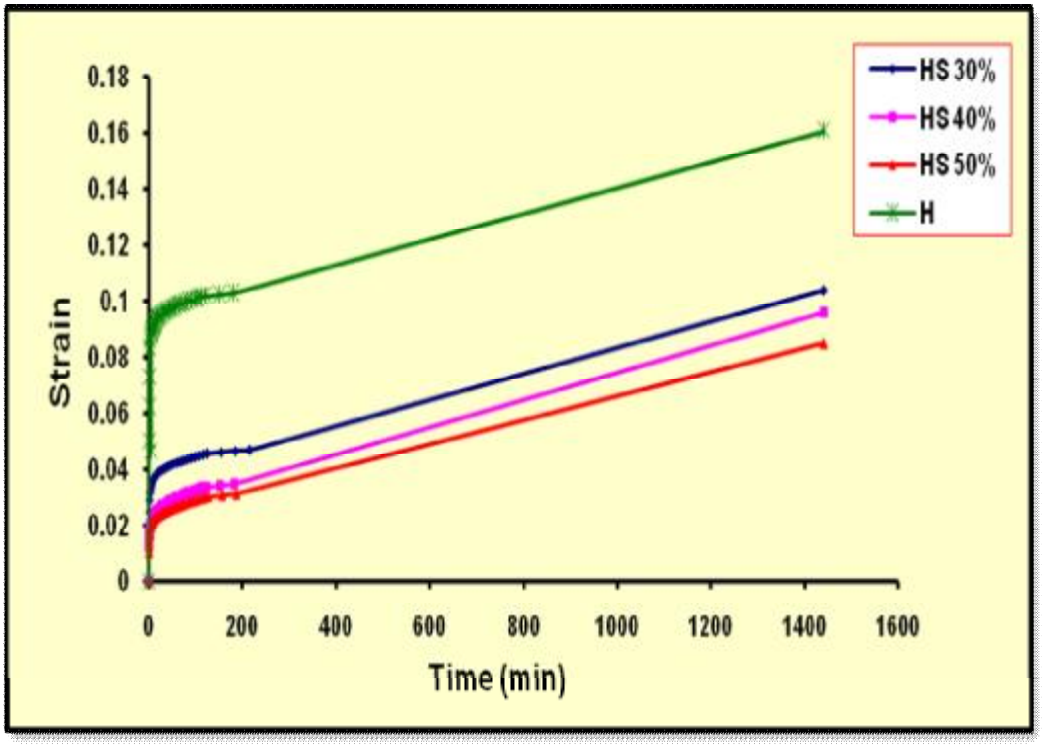
الشكل (7) يوضح العلاقة بين الصلادة والنسبة الوزنية لمادة متراكبة من البولي اثيلين(HDPE),(LDPE) المقوى بدقائق الصدف

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل (8) يوضح العلاقة بين الانفعال والنسبة الوزنية لمادة متراكبة من البولي اثيلين(LDPE) المقوى بدقائق الصدف

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



الشكل (9) يوضح العلاقة بين الانفعال والنسبة الوزنية لمادة متراكبة من البولي اثيلين(HDPE) المقوى بدقائق الصدف

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com