Effect of some mechanical properties on polyethelen - bentonite composite

تأثير بعض الخواص الميكانيكية على متراكب بولي اثيلين – بنتونايت

وسن كامل حسن
جامعة كربلاء/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء

الخلاصة:

تم في هذا البحث تحضير مادة متراكبة مكونة من راتنج البولي اثيلين واطيء الكثافة وطين البنتونايت ذو حجم حبيبي (75µm) واجريت عليه عملية تحميص بدرجات حرارية (300,500) ^{o}C ثم عولج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها طبقة رابطة لمادة الملء مع البوليمر وقد استعملت عملية الحقن المكبسي لتحضير عينات البحث بنسب وزنية (2.5,5,7.5,10,12.5)% ،اجريت مجموعة من الاختبارات شملت: (الانحناء ،الصدمة،الصلادة،الانضغاط،الشد) للعينات المحضرة.

وقد اظهرت نتائج البحث ان قيم (الانحناء،الصلادة،الانضغاط،الشد) تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لمادة التدعيم . اما مقاومة الصدمة فان قيمتها تقل مع الزيادة في النسبة الوزنية لمادة التدعيم ولجميع العينات المستعملة في البحث.

ABSTRACT:

The research focuses on the preparation composite material containing Low Density Polyethelene (LDPE) and bentonite clay of grain size (75µm) ,followed by calcinations process at (300,500) ^{o}C ,after that poly vinyl alcohol (PVA) solution prepared and used as a bonded layer covered the bentonite powder befor applied as a filler,pluger injection molding method were used to prepare samples which have filler percentage (2.5,5,7.5,10,12.5)% . Many tests have been done including: (Bending test,Impact,Hardness , Compression strength and Tension) .

The research results showed that the values (Bending,Hardness,Compression Strength,Tensile) will increase with the increase of the filler percentage ,in the other hand the values of impact strength will be decrease with the increase of the filler percentage of the all samples used in this research .

الجزء النظري:

تهدف الاختبارات الى تقييم الاداء العام الميكانيكي والسلوكية بالاضافة الى معرفة قيم خواص المواد التي تم تطويرها لغرض تحديد امكانات الاستخدام في التطبيق العام ولو بشكل اقرب ما يكون الى الدقة و الاغراض التصميمية.

مسألة تصنيع المتراكب يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار، حيث عندما تكون خواص المواد الداخلة فيه معلومة مسبقاً، قد نجد هنا اختلافاً بين الخواص النهائية التي نحصل عليها في المتراكب عما هو متوقع ، فقد تكون العينات مصنوعة بعناية غير كافية، اذ تحتوي على فجوات عديدة او قد تكون تمت معالجتها بصورة خاطئة، بالاضافة لما هو ناتج عن عدم تراصف الالياف بصورة منتظمة [1].

إن الخصائص الميكانيكية هي التي تحدد مدى صلاحية البوليمر في الاستعمالات الصناعية. فعند إخضاع البوليمر المناسب لاختبارات معينة يجب معرفة مدى مقاومة البوليمر إلى أنواع الإجهادات المختلفة التي يمكن أن تكون ثابتة كما في اختبار الزحف أو المتحركة، أو كما في اختبار الصدمة أو إجهادات قوى ساكنة كالانحناء والانضغاط

ولأن البوليمرات تتميز بخفة وزنها ومقاومتها للظروف البيئية المختلفة تبقى خواصها الميكانيكية هي المعبرة عن سلوكية المادة، ووجود نوعين من القوى المتمثلة بالأواصر الكيميائية والروابط الثانوية بين الجزيئات، هو الذي يؤثر في خواصها الميكانيكية بصورة أو بأخرى [2]

إنّ اختيار المواد غالبا ما يكون على أساس ما تتمتعُ به المادة من خواص ميكانيكية التي تعني سلوك المواد الهندسية تحت تأثير القوى والأحمال وتحت مختلف الظروف، ومن الخواص الميكانيكية المقاومة والجساءة وصلادة المادة وقابليتها للتشوه وغيرها.

تعتمد الاستعمالات العامة والهندسية للبوليمرات إلى حدٍ كبير على صفاتها الميكانيكية الجيدة وخاصة قوتها العالية نسبياً وقابليتها على التشوه بتأثير ألاجهادات، وتنشأ هذه الازدواجية في صفات البوليمر من طبيعة تركيبه، أذ أن وجود نوعين من القوى هما الأواصر الكيمياوية والاواصر الثانوية بين الجزيئات هي التي تؤثرُ بصورة أو بأخرى في صفاتها الميكانيكية

تعد دراسة الخواص الميكانيكية للبوليمرات عملية معقدة بسبب الحساسية العالية للسلوك الميكانيكي تجاه مجموعة من العوامل الخارجية و الداخلية و تتمثل العوامل الخارجية بدرجات الحرارة و الزمن و الضغط عند الاختبار و التعرض للاشعاع ، اما العوامل الداخلية فتتمثل بالبنية البلورية و درجة البلمرة ووجود الملونات و درجة التشابك .

هناك اعتماد كبير للخواص الميكانيكية للبوليمرات على درجة الحرارة و زمن التحمل مقارنة بالمواد الهندسية الاخرى الاقل تأثيراً بهذين العاملين و يعود سبب هذا الاعتماد على طبيعة البوليمر اللزجة المرنة (Viscoelastic) فالبوليمرات تتسم بصفات السوائل اللزجة عند تسليط اجهاد عليها و ان الاجهاد يتلاشى على هيئة حرارة و عند رفع الاجهاد عنها تبقى في الحالة المشوهة (Deformed Form) و غير قادرة على اعادة مواصفات خصائصها الاولية وفي نفس الوقت فان البوليمرات تمتاز بصفة المرونة (Elastic) اي عند تسليط اجهاد ما عليها فانها تخزن الشغل المصروف عليها على هيأة طاقة مخزونة فتسترجع الابعاد الاولية للمادة حال زوال الاجهاد و تنشأ هذه الازدواجية في الخواص من طبيعة تركيب المواد البوليمرية اذ ان وجود نوعين من القوى و هي الاواصر التساهمية القوية داخل الجزيئات و الروابط الثانوية الضعيفة بين الجزيئات هي التي تؤثر في الخواص الميكانيكية

بصورة عامة ان الخواص الميكانيكية تصف سلوك المواد البوليمرية و متراكباتها الواقعة تحت تأثير قوى مؤثرة فهنالك الكثير من الطرائق التي يتم بواسطتها فحص هذه الخواص و التي يمكن ان تصنف الى ثلاث مجاميع هي [3] :-

1- طرائق فحص الخواص الميكانيكية التي تصف سلوك المادة الواقعة تحت تأثير قوى ساكنة كقوة الشد (Tension) ، الانحناء (Bending) ، الانضغاط (Compression) والقص (Shear) .

2- طرائق فحص الخواص الميكانيكية التي تصف سلوك المادة الواقعة تحت تأثير اجهاد متغير كقوة التصادم (Impact) ، اللي (Torsion) و الكلال (Fatigue) .

3- طرائق فحص الخواص الميكانيكية التي تصف سلوك المادة الواقعة تحت تأثير اجهاد ثابت بمرور الزمن كالزحف (Creep)

الاختبارات الميكانيكية :

1- اختبار مقاومة الانحناء

لغرض معرفة سلوك المادة الواقعة تحت تاثير قوى عمودية على المستوى السطحي للعينة تم اجراء اختبار الانحناء باستخدام جهاز الانحناء الثلاثي النقاط (three point bending test) استخدم جهاز اختبار الانحناء(المكبس الهيدروليكي) المصنع من قبل شركة (phywe) الالمانية .ان مبدا عمل الجهاز يكون بتثبيت العينة من طرفيها على مسندين ويسلط حمل عند منتصف العينة بصورة تدريجية مما يسبب انحناء العينة تدريجيا ومن خلال مؤشر قياس الانحراف يمكن قراءة مقدار الانحناء الحاصل للعينة ذات الابعاد المعلومة لغرض ايجاد معامل المرونة بتطبيق العلاقتين(1)،(2) [4].

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

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

حيث $\frac{M}{S}$ هي ($\frac{Mass}{Deflection}$) تمثل ميل الخط المستقيم للمنحني(كتلة-انحراف).

M: الكتلة المسلطة على العينة (gm) .

g: التعجيل الارضي

L: المسافة بين نقطتي الارتكاز (mm) .

S: الانحناء الناجم من الحمل المسلط (mm) .

I: عزم الانحناء الهندسي (mm^4) .

b: عرض العينة (mm) .

d: سمك العينة (mm) .

2- اختبار مقاومة الصدمة

تعبر مقاومة الصدم عن مقدرة المادة لمقاومة الكسر تحت تاثير حمل مفاجيء كما تعتبر مقياس لمتانة المادة والمواد الاكثر متانة هي التي تبدي اعلى مقاومة للصدم ولمرونة الجزيئات دور مهم في متانة المادة . تسمى المالئات التي تزيد من مقاومة الراتنج بالمالئات الفعالة بينما تلك التي تقلل من هذه المقاومة بالمالئات غير الفعالة . فقد تم حساب مقاومة الصدمة (Impact Resistance) للنماذج كافة في درجة حرارة المختبر باستخدام جهاز فحص الصدم نوع جاربي (charpy impact instrument) وباستعمال العلاقة التالية [5]:

$$I.S = \frac{\mu}{A} \quad \text{.....(3)}$$

حيث ان I.S : مقاومة الصدمة (J/m^2)

u : طاقة الكسر للعينة (J)

A : مساحة المقطع العرضي للعينة (m^2)

3- اختبار الصلادة

تعرف الصلادة بانها مقاومة سطح المادة للخدش او الاختراق وتعد من الخواص الميكانيكية السطحية المهمة وتبرز اهمية اختبار الصلادة في اعطاء كشف سريع لما يطرا من تغيرات على الخواص الميكانيكية للمادة نتيجة لعمليات التصنيع والتغيرات الكيمياوية والمعاملات الحرارية والتعتيق والتغيرات المصاحبة لعمليات التشكيل . كذلك تعتمد صلادة المواد على نوع القوى الرابطة بين الجزيئات ، كما تتاثر بنوع وكمية المالئات (fillers) الموجود في الراتنج وترتبط بعوامل عديدة منها نوع السطح (ناعم ، خشن) ودرجة الحرارة ، تم استخدام جهاز شور نوع (shore D) لفحص الصلادةبدرجة حرارة الغرفة ، باستخدام اداة غرز نقطية تتغلغل داخل سطح المادة عند الضغط على الجهاز فتتم قراءة قيمة الصلادة [6].

4- اختبار مقاومة الانضغاط

تبين هذه المقاومة مدى تحمل المادة عند تعرضها الى حمل انضغاط ساكن قبل ان تتكسر وتتحطم والقيم العالية تشير الى زيادة قوى التماسك بين جزيئات المادة .

تتهشم بعض الراتنجات عند تعرضها الى اجهاد انضغاط وفي مثل هذه الحالة تكون هناك قيمة محددة لمقاومة الانضغاط ، اما الراتنجات التي لاتفشل نتيجة للتكسر فتعتمد مقاومة انضغاطها على درجة التشوه وهذه الدرجة هي التي تحدد الفشل النهائي للمادة ، ولغرض حساب اقصى مقاومة انضغاط (critical stress) للعينات بتطبيق المعادلة التالية [7] .

$$C.S = \frac{F}{A} \quad \text{.....(4)}$$

حيث أن F : القوة المسلط (N)

A : مساحة المقطع العرضي للعينة (m^2)

5- اختبار مقاومة الشد

يعد اختبار الشد من الاختبارات الميكانيكية المهمة التي تعدُ مقياساً لقابلية المادة على مقاومة القوى التي تقوم بسحب المادة وكسرها ، أن اختبار الشد لعينة ما يتم عن طريق تسليط قوة محورية مستمرة الزيادة مع ملاحظة لحظية متعاقبة للاستطالة في العينة ومن ثم أنشاء المنحنى الهندسي بين الإجهاد والانفعال (Stress – Strain Curve) الذي يكون من قيم الحمل المسلط ومقدار المطاوعة .

أن الإجهاد الذي يستعمل في مثل هذا المنحنى (منحنى الإجهاد – الانفعال) هو معـدل الإجهاد الطولي في عينة الشد الذي يستخرج بتقسيم الحمل على المساحة الأصلية لمقطع العينة.

$$\sigma = {}^{P}/_{A} \quad \text{.....(5)}$$

اذ أن:

σ: معدل الإجهاد الطولي للعينة (MPa).

P: الحمل المسلط (N).

A: مساحة مقطع العينة الأصلية قبل أجراء الاختبار (m^2).

أن الانفعال المستخدم في منحنى (الإجهاد – الانفعال) الهندسي هو معدل الانفعال الخطي الذي يستخرج بتقسيم الاستطـالة التي حصلت للعينة على الطـول الأصلي للعينة كما في المعادلة الآتية:

$$\varepsilon = {}^{\delta}/_{Lo} \quad \text{.....(6)}$$

اذ أن:

ε : الانفعال.

δ : الاستطالة الحاصلة في الأنموذج(m).

L_o: الطول الأصلي(m).

وأن (δ) تساوي الفرق بين الطول النهائي (L) والطول الأصلي (L_o)

$$\delta = L - L_o \quad \text{.....(7)}$$

ان شكل وقيم منحنى (الإجهاد – الانفعال) يعتمدُ على عدة عوامل مثل درجة الحرارة ومعدل الانفعال ووضعية الإجهاد المسلط خلال الاختبار[8].

الجزء العملي:

1- المادة الاساس (البولي اثيلين واطيء الكثافة)

هو من اقدم مواد البلاستك الحراري الاولفيني واحدى المواد قليلة الكلفة واسعة الانتشار وله ابسط بنيه جزئيه بين جميع المواد البلاستيكيه.

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 المعادله [9]

$$[\ CH_2 - CH_2]n \rightarrow CH_2\text{-}CH_2\text{-}\ CH_2\text{-}\ CH_2\text{-}. \ldots\ldots\ldots (8)$$

من خصائص البولي اثيلين انه عالي المتانه لدن خفيف الوزن سهل التصنيع كلفته قليلة وامتصاصيتة قليله جدا للماء خامل كيميائيا (أي انه لايذوب في أي من المذيبات عند درجة حرارة الغرفة) لكنه ينتفخ بصورة خفيفة بواسطة السوائل مثل البنزين له مقاومه جيدة للحوامض والقواعد ودرجة انتقاله الزجاجي (120ºC) التي تعطيه المرونه ومقاومه عاليه للرطوبه بالاضافة الى خواص العزل الكهربائي وهو على شكل حبيبات صغيرة شفافة منتجة من شركة سابك السعودية ذو كثافة ($0.92\ g/cm^3$) [10] .

2- مادة التدعيم (طين البنتونايت)

ويسمى ايضا بالمونت موريلونايت ويتكون من سيليكات الألمنيوم المائية ويتألف من كميات قليلة من القلويات والقلويات الأرضية ويحتوي المونت موريلونايت على طبقة ثمانية بين طبقتين رباعية وتوجد بينها جزيئات الماء التي يمكن إبعادها بدون تكسر التركيب الذري الداخلي لهذا المعدن ورمزه الكيميائي $(OH)_2\ Al_2\ (Si_2O_5)_2$.وهو ذو لون اصفر ومن خصائصه انه حينما يمتص الماء من الوسط المحيط به فان حجمه يمكن أن يكبر إلى ستة أضعاف حجمه الأصلي واستخدم مسحوق البنتونايت من مقلب عراقي (منطقة الصفرة) بحجم حبيبي اقل من (75 µm) والجدول (1،2) يبين التركيب الكيميائي والمعدني لخام البنتونايت[11]

الجدول (1)
التركيب الكيميائي لخام البنتونايت العراقي

SiO_2	56.77	K_2O	0.6
Al_2O_3	15.67	P_2O_5	0.65
Fe_2O_3	5.12	SO_3	0.59
CaO	4.48	CL	0.57
MgO	3.42	L.O.I	0.49
Na_2O	1.11	C (total)	0.56

الجدول (2)
التحليل المعدني لخام البنتونايت العراقي

النسبة المئوية	نوع المعدن	
79	Montmorilonite	المعادن الطينية
7	Plygorsktite	
5	Apatite	المعادن غير الطينية
5	Calcite	
2	Gypsum	
1	Halite	
1	Quartz	

3- المادة الرابطة (بولي فاينيل الكحول)

مسحوق ابيض يميل الى الصفرة يوجد بشكل حبيبات ذات احجام مختلفة ويذوب في الماء البارد ببطيء ولكنه يذوب في الماء الساخن ويكون غير متبلور ويتحول الى الياف بلورية ولصغر مجاميع الهيدروكسيل فانها تقع في مواضع الشبكة البلوريه في حالة كون السلسلة بتركيب اتاكتك .

يعتبر بولي (كحول الفاينيل) من البوليمرات الفاينيلية الخطية التي تحتوي على مجاميع هيدروكسيليه ثانويه وبالتالي فانه يسلك سلوك الكحولات العضوية البسيطة ذات الطبيعة الثانوية مع اختلاف بسيط في معدل سرعة التفاعلات والناتج عن كبر حجم الجزيء وتزاحم مجاميع الهيدروكسيل[12].

تحضير النماذج

أ- تحضير البنتونايت العراقي الممتز على سطحه مادة PVA

1- تم غسل مسحوق البنتونايت بالماء المقطر باعتماد الية المزج والترشيح للتخلص من الاملاح والشوائب العالقة بعد ذلك جففت بدرجة حرارة 100 ºC مدة 24hr باستعمال مجفف ثم اجريت عليه عملية الطحن والنخل بمدى حجم حبيبي (D>75 µm) باستعمال مناخل المانية الصنع بعدها تم تحميصه بدرجة حرارة 300,500) ºC) في فرن كهربائي لمدة ساعتين .

2- حضر محلول PVA باضافة نسبة وزنية (1 wt%) الى الماء المقطر (100 ml) باستخدام خلاط مغناطيسي عدد دوراته (350 rpm) وبدرجة حرارة (80 ºC) .

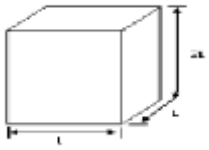
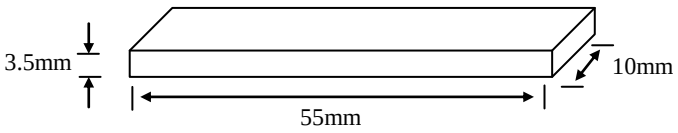
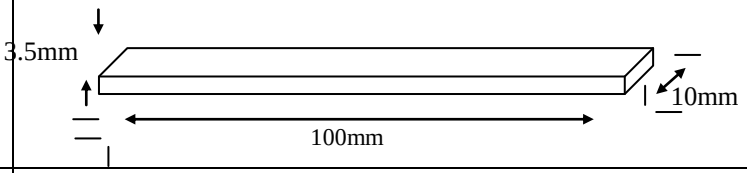
3- تمت معالجة البنتونايت بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها طبقة رابطة على سطح البوليمر باضافة البنتونايت بشكل تدريجي الى محلول بولي فاينيل الكحول مع استمرار المزج والتسخين لحين الحصول على محلول متجانس على شكل طين رقيق القوام ذي لزوجة عالية. بعدها جففت المادة وطحنت واجريت عملية النخل للحصول على المقاس الحبيبي (D>75µm) [12]

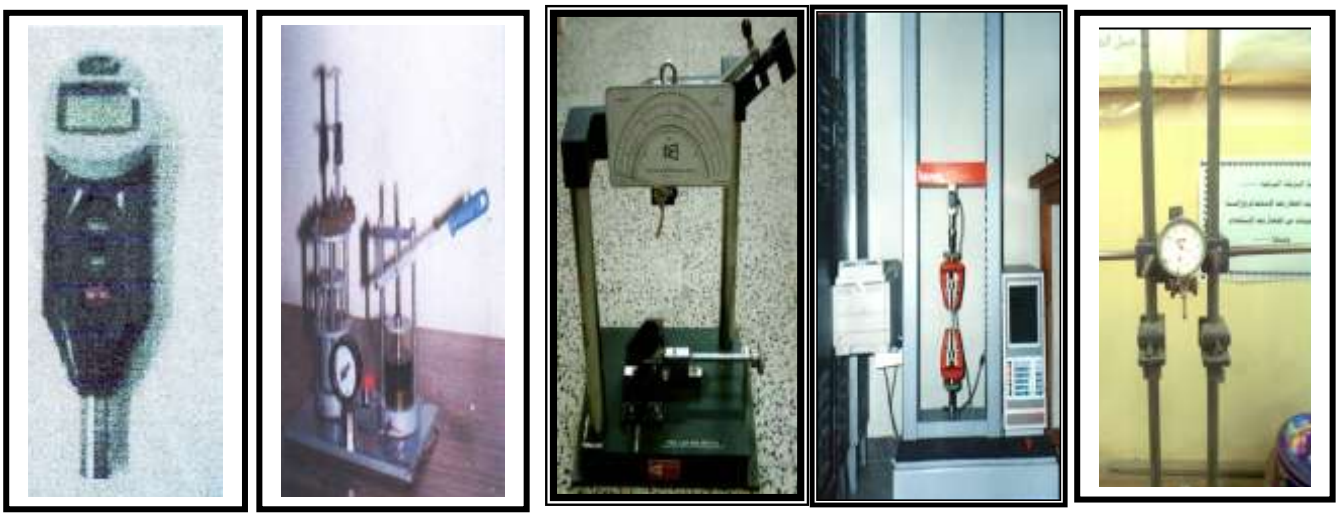
ب- تحضير عينات المواد المتراكبة

استخدمت طريقة القولبة بالحقن المكبسية (pluger injection molding) في عملية تحضير العينات كالاتي :

حضرت المادة المتراكبة من خلط المادة الاساس (البولي اثيلين) مع مادة التقوية (طين البنتونايت) بكسور وزنية (2.5,5,7.5 10,12.5 wt%),ثم وضع الخليط في خزان حبيبات البوليمر حيث تنزل حبيبات الخليط من الخزان على هيئة وجبات الى اسطوانة التسخين عندما يكون المكبس الموجود داخل الاسطوانة منسحبا للخلف 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 ºC) عند هذه الدرجة يصل المنصهر الفوهة ويندفع المكبس بسرعة كبيرة الى الامام دافعا المنصهر الى تجويف القالب ، وبعدها يترك لمدة خمسة دقائق لغرض التبريد والتصلب 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 وبذلك تم تحضير عينات من البولي اثيلين واطيء الكثافة المدعم بدقائق البنتونايت حيث تم تقطيع النماذج بالابعاد والقياسات لبعض الاختبارات التي اجريت و الجدول(3) يمثل الأبعاد القياسية لكل اختبار اما الاشكال (1) و(2) فتمثل الاجهزه والعينات المستخدمة في البحث لاختبارات(الانحناء،الشد،الصدمة،الانضغاطية،الصلادة).

الجدول(3) يمثل الأبعاد القياسية لكل اختبار

نوع الاختبار	شكل العينة	المواصفة القياسية
الانضغاطية		ASTM-D695
الصدمة		ISO -179
مقاومة الانحناء		ASTM-D790-86
اختبار الشد		ANSI/ASTM-D638
الصلادة	استخدم في هذا البحث نفس شكل عينة مقاومة الصدمة	الابعاد التي تلائم طريقة الفحص



شكل (1) الاجهزه المستخدمة في البحث لاختبارات (الانحناء،الشد،الصدمة،الانضغاطية،الصلادة) على التوالي

شكل (2) العينات المستخدمة في البحث

النتائج والمناقشة:

1- اختبار معامل المرونة ومقاومة الانحناء

يعتبر اختبار مقاومة الانحناء من الاختبارات المعقدة لان العينة تتعرض الى عدة اجهادات في نفس الوقت هي اجهاد الشد الذي يحصل عند السطح الخارجي للعينة واجهاد الضغط الذي يحصل على السطح الداخلي للعينة واجهاد القص الذي يحدث عند السطح البيني لها وتفشل المادة المتراكبة بتاثير احد هذه الاجهادات الثلاثة اعتمادا على نوع مادة التقوية والمادة الاساس وقوة الترابط بينهما .

من خلال الشكلين (3,4) يوضح قيم مقاومة الانحناء ومعامل المرونة على التوالي لمتراكب بولي اثيلين – بنتونايت معالج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة (2.5,5,7.5,10,12.5wt%) للبنتونايت ذو مقاس حبيبي اقل من (75 μm) . فقد لوحظ ان قيم مقاومة الانحناء ومعامل المرونة تزداد بزيادة نسبة اضافة دقائق البنتونايت الى المادة الاساس ، حيث ان استخدام البنتونايت المعالج بوصفه مادة مالئة للبوليمر اعطى معامل مرونة انحناء بحدود (360MPa) عند نسبة اضافة (7.5 %) وهذا يعني تحسن مقاومة الانحناء للمنتج والسبب يعود الى ان دقائق البنتونايت المضافة تعيق حركة الانخلاعات في بوليمر البولي اثيلين (الارضية) ونتيجة لما تتمتع به دقائق البنتونايت من مقاومة عالية تجاه الاجهاد الانضغاطي والقصي كما ان المادة البوليمرية تعمل على غلق التشققات مما يزيد من تحمل المادة السيراميكية لاجهاد الشد المسلط عليها عن طريق الانحناء وبالتالي يزداد معامل المرونة للمتراكب مع زيادة نسبة الاضافة لغاية (7.5%)،لكن زيادة الكسر الوزني لدقائق البنتونايت ادى الى انخفاض قيمة المعامل حيث تتراكم دقائق المادة المضافة بين السلاسل البوليمرية وتعمل على تباعد السلاسل واضعاف الربط التشابكي بينها وبالتالي تفككها نتيجة لقلة تبلل دقائق البنتونايت داخل المادة الاساس ومما يجعلها كمراكز لتركيز الاجهادات فتزداد عندها العيوب والتشققات وبذلك سوف يضعف الترابط بين المادة الاساس ومادة التقوية وبالتالي تنخفض معامل المرونة، اما بالنسبة لتاثير درجة حرارة تحميص دقائق البنتونايت فقد انخفضت قيم مقاومة الانحناء ومعامل المرونة عند ارتفاع درجة الحرارة بسبب ضعف قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة الاساس وبالتالي تصبح لينة ويحدث فيها انفعال كبير مما يؤدي الى انخفاضها (13).

اما الشكل (5) فيبين العلاقة بين الاجهاد والانفعال المتمثلة ضمنا بالعلاقة بين قيم الكتلة (الحمل المسلط) لمتراكب بوليمر – بنتونايت معالج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها دالة لمعدل الانحراف ضمن حدود المرونة حيث يلاحظ من الشكل ان الانحراف يتناسب طرديا مع الحمل المسلط وعند زوال تاثير الحمل تسترجع المادة حالتها المرنة الاصلية (Elastic) أي انه تخضع لقانون هوك (Hooks Low) ، كذلك تبين انخفاض في قيم الكتلة مع الانحراف بزيادة درجة حرارة التحميص ناتج عن فك الارتباط بين السلاسل البوليمرية ومن ثم تكسر اواصرها [8].

2-اختبار الصدمة

هذا الاختبار يمثل مقاسا لمتانة المادة وقدرتها على امتصاص الطاقة لغاية الكسر،وهذه الصفة تمثل مؤشر اساسي في مدى صلاحية المادة لظروف الاستخدام .

الشكل (6) يمثل قيم مقاومة الصدمة لمتراكب بولي اثيلين – بنتونايت معالج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة (2.5,5,7.5,10,12.5wt%) حيث يلاحظ من الشكل انخفاض في قيم مقاومة الصدمة نظرا لما تمتلكه دقائق البنتونايت من ضعف في قابلية مقاومتها للصدمة وصفة الهشاشية بالمقارنة مع المادة الاساس وسهولة تكسرها الى قطع صغيرة حيث تعتمد متانة الصدمة على كمية النسبة الوزنية للمادة الاساس والمدعمة ودرجة الترابط بينهما وعلى طبيعة الدقائق وحجمها ويعزى 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 والبيئة والشكل الهندسي للعينة وابعادها ، فضلا عن وجود المسامية بنسبة كبيرة يعمل على تقليل متانة المادة من خلال تاثيرها كشقوق داخل المادة والتي تتقدم خلال المادة عند تعرضها لاجهاد صدم حيث تعرف متانة الكسر بانها الصفة الهندسية التي تصف مقاومة المواد لانتشار الشقوق ، ومن خلال الشكل (6) نلاحظ ان درجة حرارة التحميص تعمل على زيادة مرونة البوليمر كما تعمل على زيادة قابلية الامتصاص للطاقة وبالتالي زيادة في مقاومة الصدمة [15].

3-اختبار الصلادة

الشكل (7) يمثل قيم الصلادة لمتراكب بولي اثيلين – بنتونايت معالج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة (2.5,5,7.5,10,12.5wt%)،حيث يظهر من الشكل زيادة في قيم الصلادة للعينات المتراكبة مع زيادة نسبة الاضافة وان مضاف البنتونايت المعالج حقق صلادة بحدود (58MPa) وهذا يعني تحسن في خاصية الصلادة حيث ان استخدام الدقائق كحشوات يحسن من صلادة المنتج ذات حجم صغير جدا اقل من (75 µm) لان الدقائق الصغيرة عند التصنيع تكون سهلة في عملية التغلغل الى داخل المادة الاساس وداخل الفسح والمسامات البينية التي تتكون اثناء تكوين المتراكب وبذلك ازدادت مساحة التماس والترابط بين مكونات المادة المتراكبة حيث تعمل على اعاقة حركة الانخلاعات داخل المادة الاساس والتشوه اللدن وبذلك تتحسن مقاومة الخضوع مما يعطي قيم ايجابيه عند فحص الصلادة،اما اثر ارتفاع درجة حرارة التحميص في قيمة الصلادة اذ انخفضت قيمتها في ظروف القياس لان زيادة درجة الحرارة ادت الى زيادة ليونة المادة بسبب حركة الوحدات الابتدائية وارتخاء الاواصر بينها مما يؤدي الى اضعاف مقاومتها للتخدش والغرز [16].

4-اختبار الانضغاط

الشكل (8) يمثل قيم مقاومة الانضغاط لمتراكب بولي اثيلين – بنتونايت معالج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة (2.5,5,7.5,10,12.5wt%)،اذ يلاحظ من الشكل زيادة المقاومة بزيادة نسبة الاضافة،وان استخدام البنتونايت المعالج اعطى مقاومة انضغاط بحدود (160 MPa) عند كسر وزني (10%) وهذا يعني تحسن في مقاومة الانضغاط للمنتج حيث يعزى ذلك الى ان دقائق البنتونايت تعيق حركة الانخلاعات في المادة البوليمرية وبالتالي تزداد مقاومة الانضغاط لغاية (10%) بعدها تنخفض بسبب تراكم الدقائق وتباعد السلاسل واضعاف الربط التشابكي مما يؤدي الى تفكك الربط وانخفاض مقاومة الانضغاط ،كما ان ارتفاع درجة حرارة تحميص دقائق البنتونايت يجعل المادة الاساس اكثر ليونة والتي يساق اليها انخفاض معامل المرونة ومقاومة المادة لحمل الانضغاط [17].

5-اختبار الشد

الشكل(9) يمثل العلاقة بين الاجهاد-الانفعال لمتراكب بولي اثيلين – بنتونايت معالج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة (2.5,5,7.5,10,12.5wt%) للبنتونايت المحمص عند درجة حرارة تحميص 300ºC اذ يلاحظ من الشكل العلاقة الخطية بين الاجهادوالانفعال في منطقة التشوه المرن التي تعاني به المادة المتراكبة ضمن حدود هذه المنطقة من شد واستطالة للسلاسل البوليمرية التي تستمر بالنمو مع الاجهاد المسلط ، كما لوحظ ان هناك زيادة في قيمة اجهاد الشد للمتراكب من النسب الوزنية عن مثيلاتها في حالة زيادة درجة الحرارة للبنتونايت المحمص عند درجة حرارة 500ºC المبين في الشكل (10) وهذا يؤكد ان المعاملة الحرارية حسنت من قيم مقاومة الشد.

اما في الشكل (11) يمثل قيم معامل مرونة الشد لمتراكب بولي اثيلين – بنتونايت معالج بمادة بولي فاينيل الكحول بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة (2.5,5,7.5,10,12.5wt%) للبنتونايت المحمص عند درجتي حرارة للبنتونايت المحمص (300,500)ºC حيث يلاحظ ان قيم مقاومة الشد تزداد بزيادة الكسر الوزني لدقائق البنتونايت ولكلا المجموعتين وهذا يعود الى مساهمة دقائق البنتونايت في تحمل القوى المسلطة على المتراكب وبما يناسب طبيعتها وكسرها الوزني حيث تلعب دورا اساسيا في تحمل الاجهادات فضلا عن توزيعها العشوائي المنتظم داخل المادة البوليمرية وسهولة تغلغل المادة الاساس بين هذه الدقائق مما يخلق سطوح بينية تامة بين المادة الاساس ومادة التقوية مما ادى الى زيادة في قيم مقاومة الشد مع زيادة الكسر الوزني لدقائق البنتونايت .

كما لوحظ ان قيم مقاومة الشد للعينات المحمصة بدرجة حرارة 500ºC اعلى من قيم مقاومة الشد للعينات ذات درجة حرارة 300ºC وهذا يعود الى الخصائص التي تمتاز بها الاولى والمتمثلة بالمقاومة العالية للشد فضلا عن مرونتها العالية بالمقارنة مع الثانية وذلك بسبب زيادة الربط التشابكي للاواصر البوليمرية مع مادة التقوية [16] .

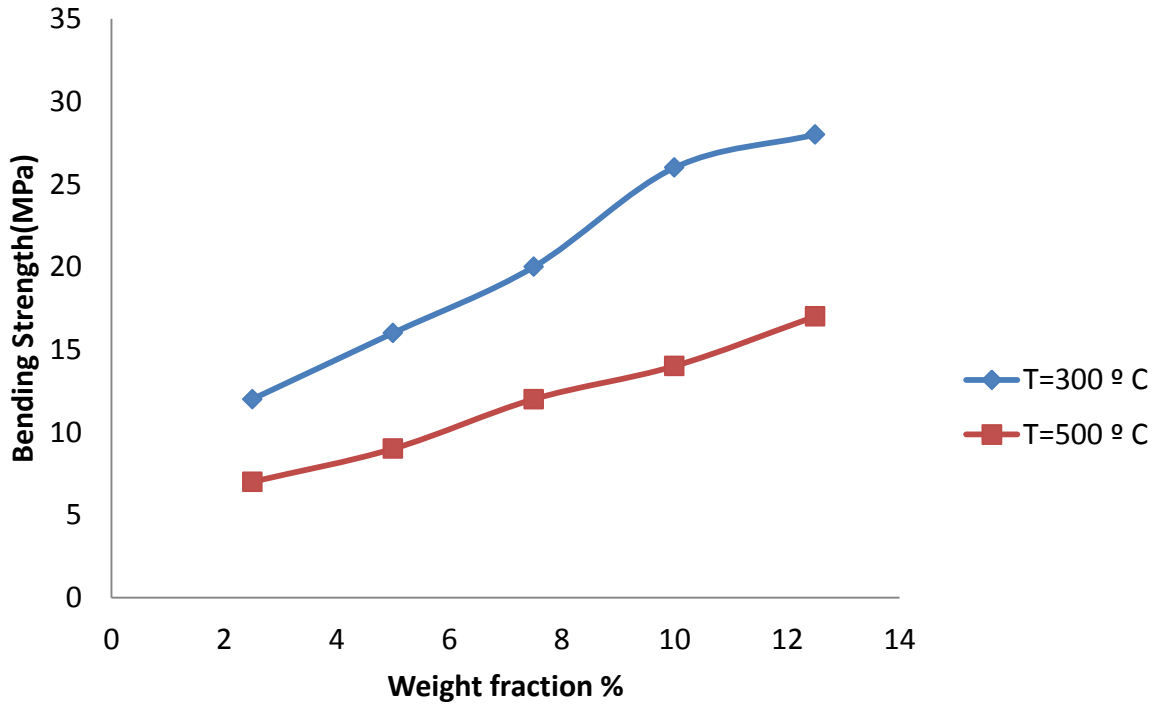
الاستنتاجات:

1-ان استخدام البنتونايت المعالج بمادة PVA والمحمص بدرجات حرارية (300,500)ºC بوصفة كمادة مالئة لراتنج البولي اثيلين كمادة اساس ادى الى زيادة في قيم كافة الخواص الميكانيكية التي اجريت في البحث والمتمثلة بخواص (مقاومة الانحناء ومعامل المرونة،الصلادة،الانضغاط،الشد،معامل مرونة الشد) باعتبار ان مادة البولي اثيلين من المواد المطاوعة للحرارة باستثناء قيم مقاومة الصدمة فقد ادى اضافة دقائق البنتونايت الى انخفاضها .

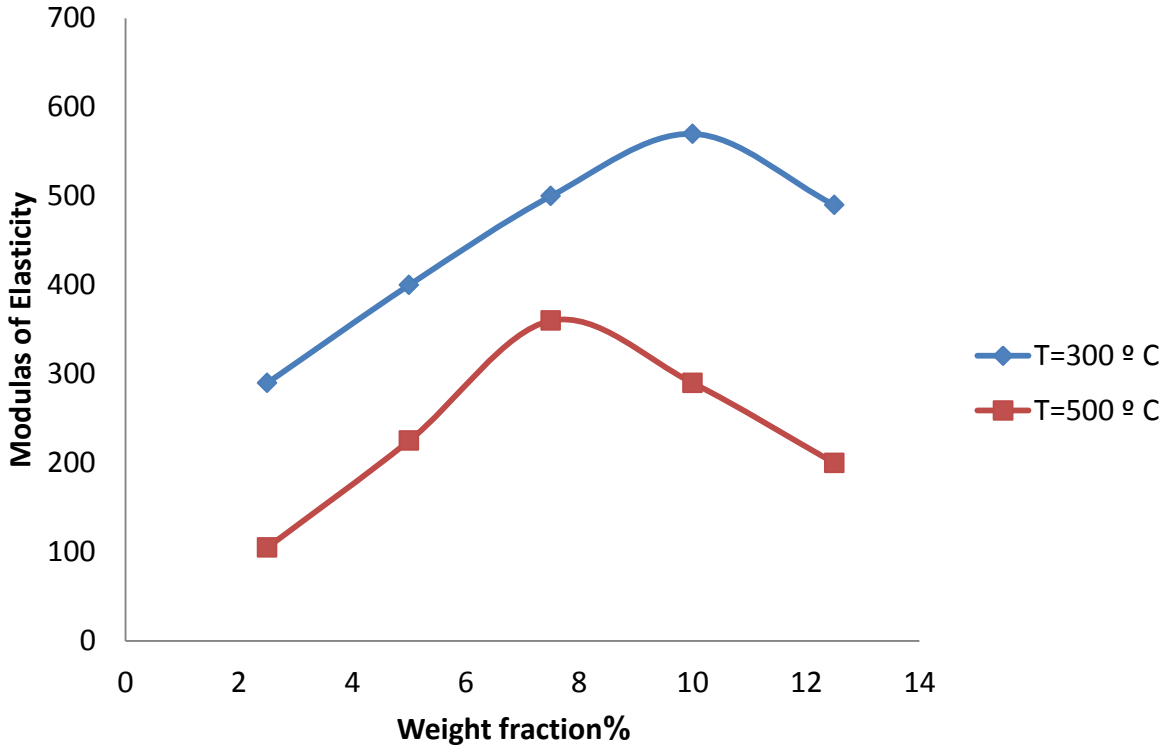
2-تزداد قيم كافة الخواص الميكانيكية المذكورة اولا مع زيادة الكسر الوزني لدقائق البنتونايت باستثناء قيم مقاومة الصدمة فانها تنخفض مع زيادة الكسر الوزني لدقائق البنتونايت .

3-ان قيم (معامل مرونة الانحناء،مقاومة الانضغاط) تنخفض عند الكسور الوزنية العالية من دقائق البنتونايت .

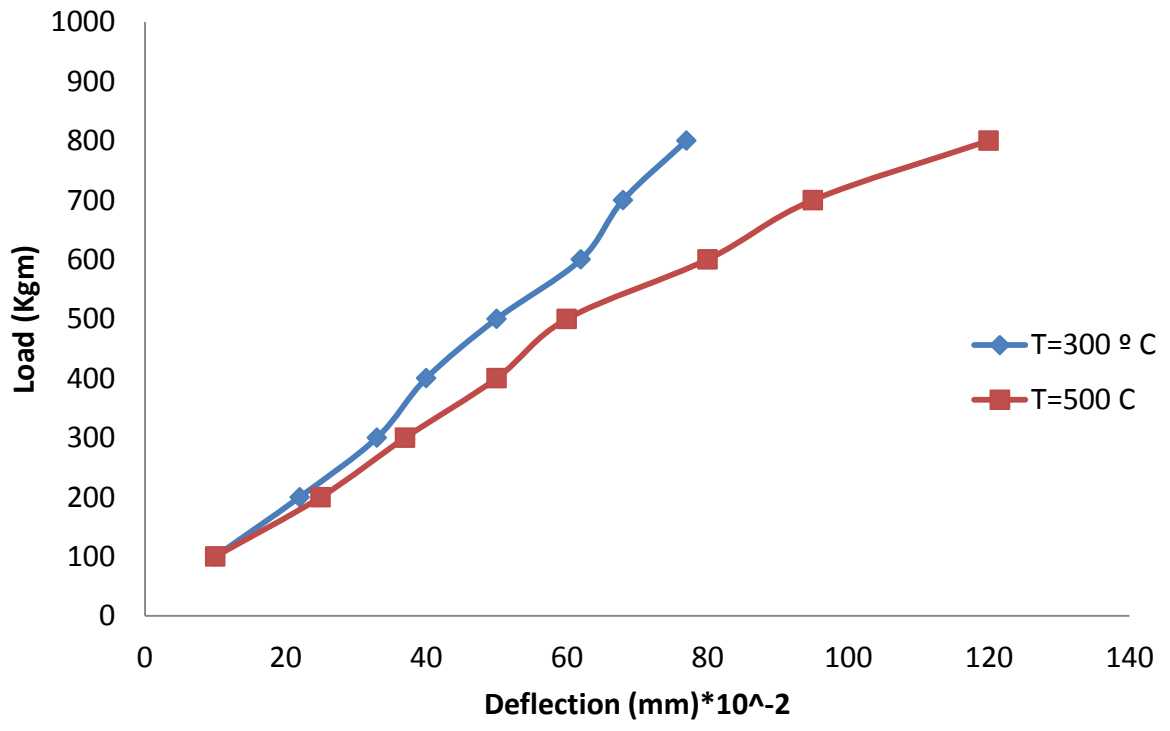
4-تقل قيم كافة الخواص الميكانيكية بزيادة درجة حرارة تحميص المادة المدعمة (دقائق البتونايت) باستثناء قيم مقاومة الصدمة والشد فانها ترتفع مع زيادة درجة حرارة تحميص دقائق البنتونايت .



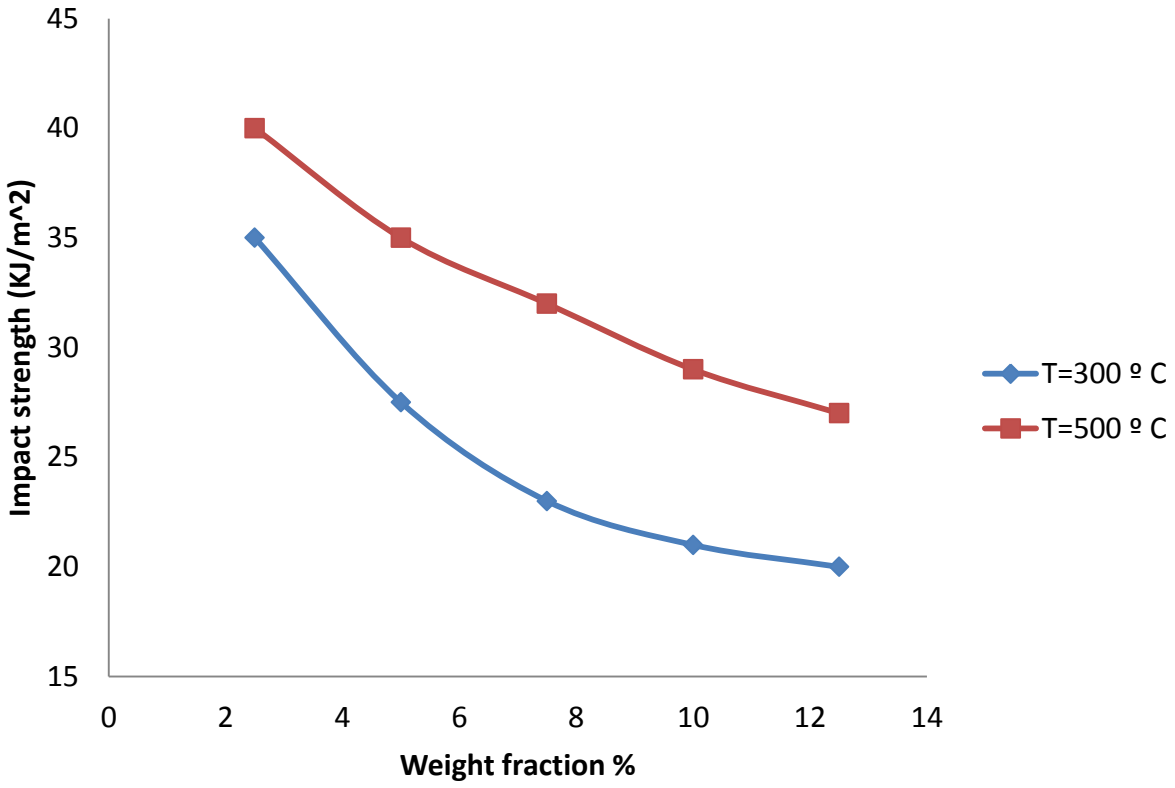
شكل(3) مقاومة الانحناء لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة



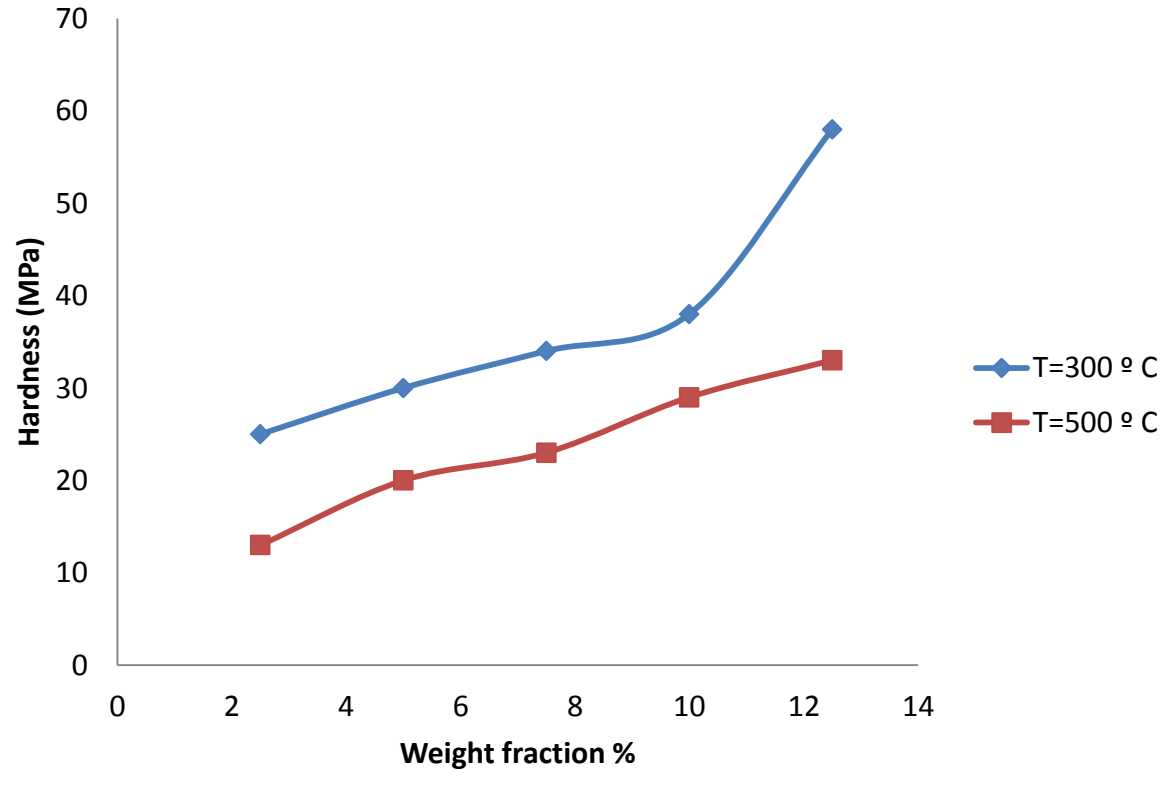
شكل(4) معامل مرونة الانحناء لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة



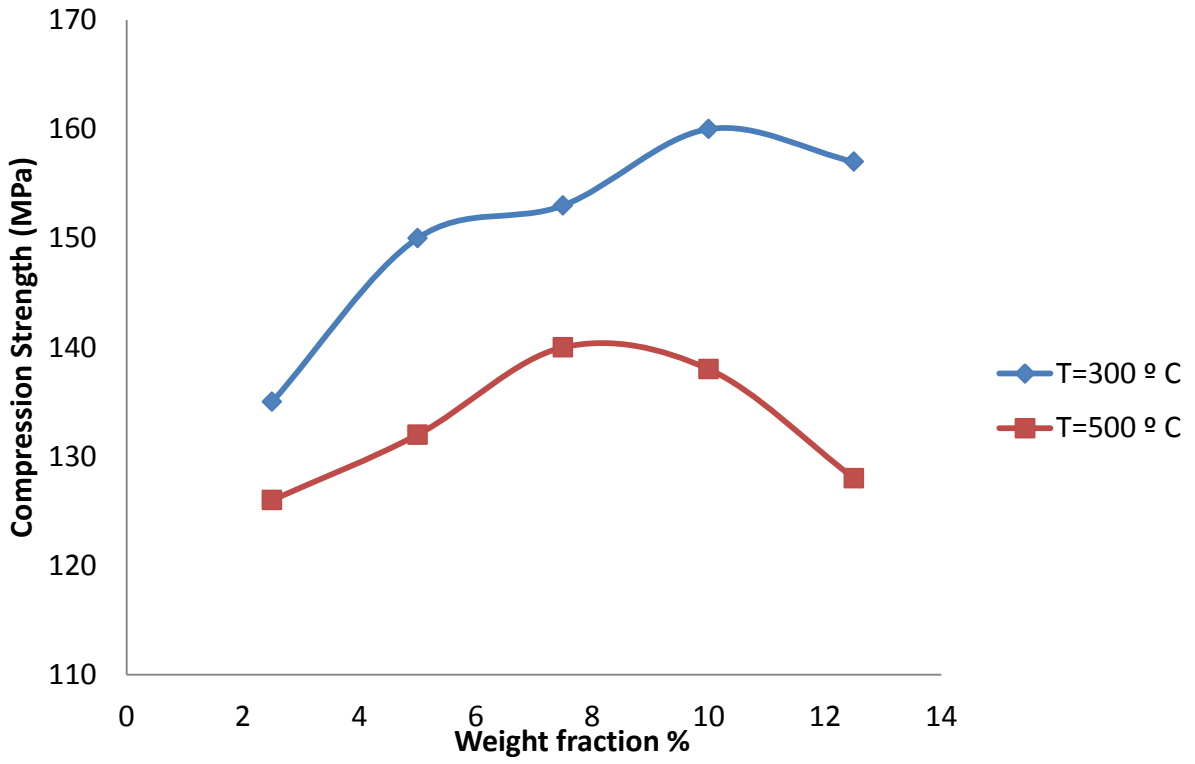
شكل(5) الكتلة(الحمل المسلط) لمتراكب بوليمر-بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لمعدل الانحراف



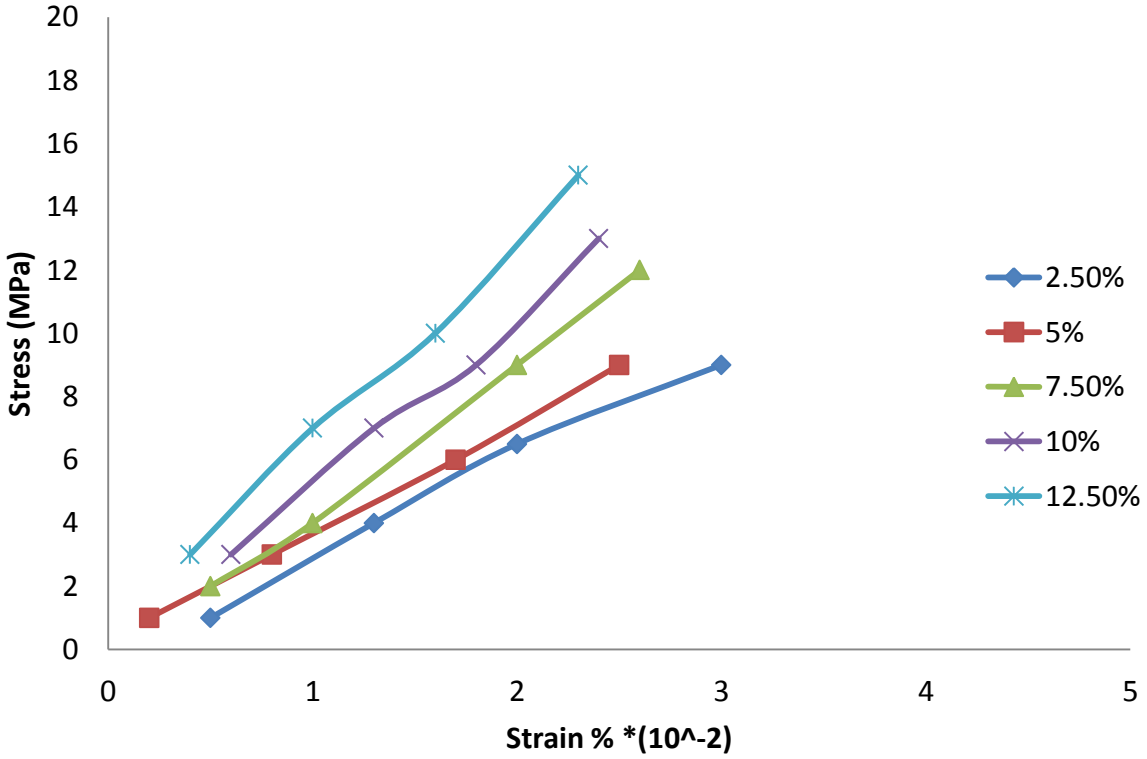
شكل(6) مقاومة الصدمة لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة



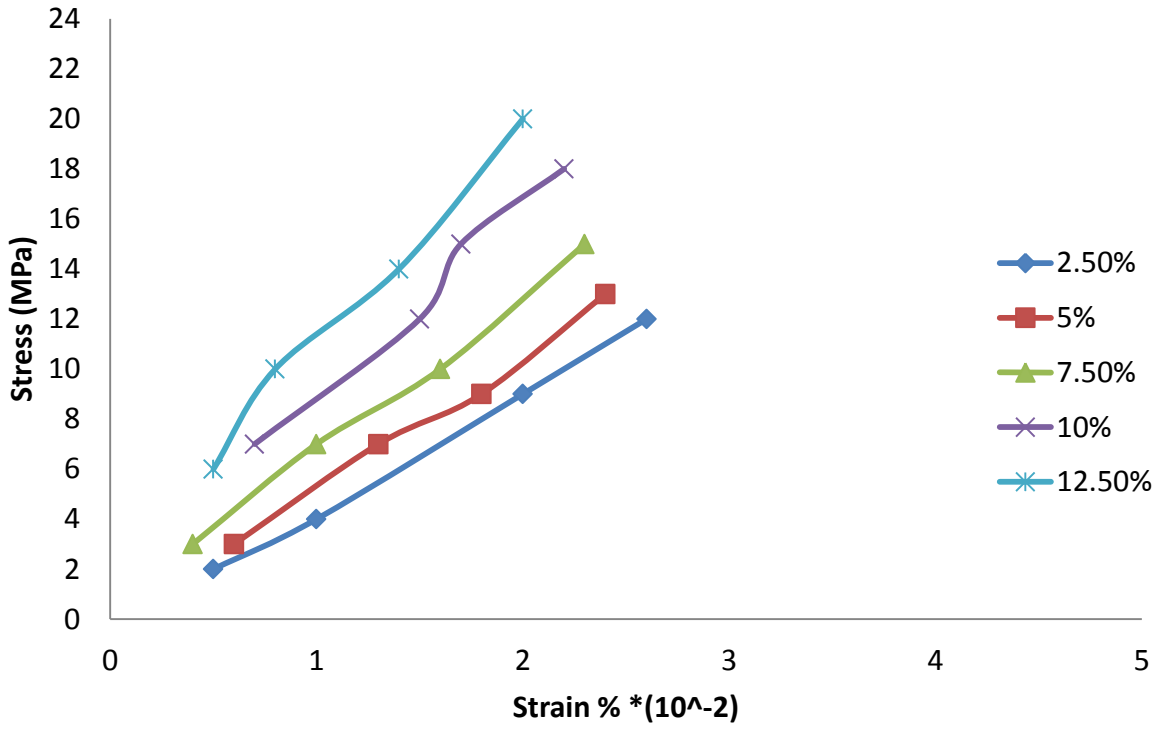
شكل(7) الصلادة لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة



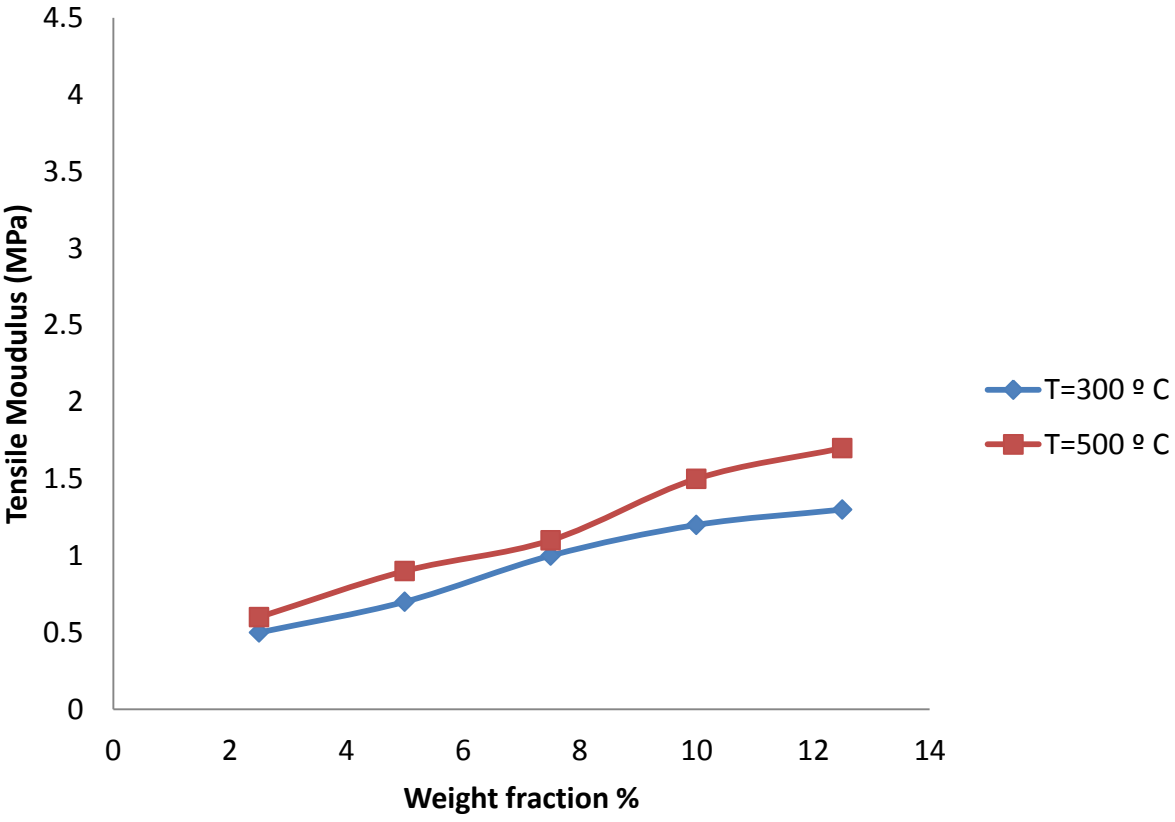
شكل(8) مقاومة الانضغاط لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة



شكل(9) العلاقة بين الاجهاد-الانفعال لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة عند درجة حرارة 300 ºC



شكل(10) العلاقة بين الاجهاد-الانفعال لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة عند درجة حرارة 500 ºC



شكل(11) معامل مرونة الشد لمتراكب بوليمر- بنتونايت معالج بمادة PVA بوصفها دالة لكسور وزنية مختلفة

المصادر: References :

1. N.L.Hancox ,"Fiber composite Hybrid materials", Applied Science , Publisher Ltd,(1981).
2. Arie Ram,"Fundamentals of polymer Engineering",(1977).
3. د.كوركيس عبد ال ادم ، د.حسين علي كاشف الغطاء ،" تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات"، جامعة البصرة، كلية العلوم ، (1983) .
4.N.E.Marcovich and M.A.Villar,"Journal of Applied Polymer Science",90,pp.2775-2784,(2003).
5. R.J.Crawfard,"Plastic Engineering",2nd Ed.,Pergamon Press,(1987).
6. محمد اسماعيل،"الجودة في اختبارات مواد البلاستك"،دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع،(2001).
7. H.S.Kaufman, "Introduction to polymer Science and Technology",text book,john wiely & sons ,N.Y,(1977).
8. B.Cappella,"Mechanical properties and Adhesion of amicro structured polymer blend", Polymers ,3,1091-1106,(2011).
9.L.A.Utraki,"Commerical polymer Blends",(1998).
10. ادجعفر الحيدري،"اختبارات المواد الهندسية"،دائرة المعتز للنشر والتوزيع،الطبعة الاولى،(2005).
11.Dr.jan Gou,"Composite Materials,Mechanical Engineering",university of south Albama,(2005).
12.J.Kotek and I.Klenar ,"Preparation and Application in polymer-clay nano composites" ,46, pp. 4876 -4881,(2005).
13.R.Francisco,"Studies on the acid activation of Brazillian smectite",Quim nove,24,3,pp.345-353,(2001).
14.P.Jawahar and M.Balasurramanian,"Alkali Resistance of polyester-clay nano composites" , Department of polymer Engineering,India,(2004).
15.R.C.Hibbeler,"Mechanics of materials",6th Ed.,pearson prentice hall,(2005).
16.O.Yon Kwoh and H.Jun Na, "Effects of mechanical properties of polymer on ceramic-polymer composite"nano scale research letters,7,261,(2012).
17. S.H.Park and B.R.Bandaru, "Improved mechanical properties of carbon nano tube",polymer composites , journal home page,51,5071-5077,(2010).