Study Some Rheological and Mechanical Properties for Polymer-Kaolin by Ultrasonic Waves

Ehssan Al-Bermany, kalid J. Salih and Shymaa Al-Rubaye

Department of physics, College of Education for Pure Science, University of Babylon, Iraq
E-mail: ehssan@itnet.uobabylon.edu.iq

Abstract:

In the present work, the study of some rheological and electrical properties for polymer-kaolin were carried out, for preparing samples of composite materials by using raw materials (Kaolin Duekla, polystyrene and polyvinyl alcohol). The toasting process was carried out at (100 °C) for (7hr) to different concentration (10 – 50) % g/ml. the gram size rate for Deukla was stayed constant at (50μm).

The rheological properties which include, the density and shear viscosity were measured by using Ostwald Viscometer.

The mechanical properties, the Ultrasonic velocity had been measured by Ultrasonic waves system with frequency (26 KHz), we calculate theoretically, absorption coefficient, relaxation time, relaxation amplitude, compressibility, bulk modulus, and specific acoustic impedance. At room temperature (20° c).

The results showed that all properties increase exponentially or linearly by increasing of concentration while velocity, specific acoustic impedance and bulk modules decrease by increasing concentration.

This study show association between polymer and solvent molecules, and also between polymer molecules itself.

دراسة بعض الخواص الريولوجية والميكانيكية لبوليمر – كاؤولين باستخدام تقنية الموجات فوق السمعية

إحسان ضياء جواد د.خالد صالح جاسم شيماء هادي خضير
جامعة بابل/ كلية التربية جامعة بابل/ كلية التربية جامعة بابل / كلية التربية

الخلاصة :

تضمن البحث دراسة بعض الخواص الريولوجية والميكانيكية لمتراكب بوليمر – كاؤولين وذلك بتحضير نماذج من المواد المتراكبة باستخدام المواد الأولية(كاؤولين دويخلة والبولي ستايرين والبولي فاينيل الكحول) تم إجراء عملية تحميص عند درجة الحرارة(100°c)لمدة سبع ساعات ولمختلف التراكيز g/ml % (10-50) مع بقاء معدل الحجم الحبيبي لكاؤولين دويخلة ثابت في جميع المجموعات مقداره(**μm** 50) .الخواص الريولوجية اشتملت الكثافة واللزوجة القصية التي قيست بواسطة استخدام مقياس اللزوجة استولد.

أما الخواص الميكانيكية فقد تم قياس سرعة الموجات فوق السمعية باستخدام تقنية الموجات فوق السمعية ذو التردد (26khz)وتم نظريا حساب معامل الامتصاص وزمن الاسترخاء وسعة الاسترخاء والانضغاطية ومعامل المرونة والممانعة الصوتية النوعية للموجات فوق السمعية عند درجة حرارة المختبر (20 °c).

أظهرت النتائج أن جميع الخواص المذكورة آنفاً تزداد زيادة خطية أو زيادة آسية مع زيادة التركيز أما السرعة والممانعة الصوتية النوعية ومعامل المرونة حيث وجد أنها تتناقص مع زيادة التركيز.وهذه النتيجة تبين وجود اندماج داخلي بين الجزيئات البوليمر وجزيئات المذيب وكذلك بين جزيئات البوليمر نفسها.

1- مقدمة عامة : General Introduction

بدأت دراسة البلمرة المشتركة لمونيمرين أو أكثر بصورة تفصيلية حوالي سنة(1911)عند ملاحظة امتلاك الخاصية المطاطية لكوبوليمرات الاولفينات والداي اوليفينات وقد تأخرت دراسة حركيات البلمرة المشتركة بعدة أعوام والتي غالبا ما وجدت الكوبوليمر أكثر فائدة من البوليمرات المتجانسة المكونة من مونيمر واحد, ففي عام (1939) جزأ العالم شتاودنكر الكوبوليمر المتكون من كلوريد الفاينيل و خلات الفاينيل وبنسب متساوية التركيز المولي لكل من المونومرين قد اكتشف انه لا يوجد بوليمر يحتوي على كميات متساوية من المونوميرين كذلك وجد إن مادة الماليك انهايدرايد ومونومرات أخرى تتبلمر متجانسة بصعوبة كبيرة لكنها تتبلمر أساسيا مع مونومرات مثل الستايرين و كلوريد الفاينيل وغيرها[فريد بلمير,1971] .

إن دراسة بعض الخواص الميكانيكية و الريولوجية للمواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري تعد من الدراسات المهمة جدا وذلك لأن اغلب تطبيقات هذه المواد تكون في البيئة الخارجية كأجزاء المباني والطائرات والقوارب و حاويات المياه و أنابيب الري.

2 – الخصائص الريولوجية: Rheologyical Properties

1-2 اللزوجة القصية: Shear Viscosity (η_s)

اللزوجة القصية هي إحدى خواص السائل وتعبر عن المقاومة التي تعانيها جزيئات السائل عند حركتها. وتقاس لزوجة المحلول المخفف عادة باستخدام جهاز مقياس اللزوجة ذي الأنبوبة الشعرية نوع أوستولد–فينسك (Ostwald-Fenseke). [Al-Bermany, 1995] يمكن حساب اللزوجة للمحلول بقياس زمن الجريان لحجم معين من المحلول خلال أنبوبة أوستولد–فينسك ومقارنته بالزمن اللازم لجريان الحجم نفسه من مادة قياسية (كالماء المقطر) إذ أن:

$$\frac{\eta_s}{\eta_0} = \frac{t_s \rho_s}{t_0 \rho_0} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث (t_s, t_0) زمن الجريان للماء المقطر والمحلول على التوالي. ρ_s, ρ_0 كثافة الماء المقطر والمحلول على التوالي. η_s, η_0 اللزوجة القصية للماء المقطر والمحلول على التوالي.تقاس اللزوجة القصية بوحدة (g/cm.s) وتسمى بالبويس (poise) .

3– الخواص الميكانيكية: Mechanical Properties

1-3 سرعة الموجات فوق السمعية: Ultrasonic Velocity (V)

أن سرعة الموجات فوق السمعية تختلف باختلاف الوسط الناقل لها. ويمكن حساب سرعة الموجات فوق السمعية في الأوساط المختلفة بدلالة كثافة الوسط (ρ) ومعامل المرونة (k) وتسمى هذه العلاقة بصيغة نيوتن [البيرماني ,2003]

$$V = \sqrt{k/\rho} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

إن الامتصاص الناشئ عن اللزوجة القصية والحرارة يسمى بمعامل الامتصاص الكلاسيكي (α_c) ويتناسب مع مربع تردد الموجات فوق السمعية ويعبر عنه بالعلاقة:

$$\alpha_c = \alpha_{vis} + \alpha_{th} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

إذ (α_{vis}) معامل الامتصاص الناشئ عن اللزوجة.و (α_{th}) معامل الامتصاص الناشئ من الانتقال الحراري من مناطق التضاغط إلى مناطق التخلخل نتيجة لمرور الموجات فوق السمعية في الوسط. لذا يكون معامل الامتصاص [Hassan,1988]:

$$\alpha_c = \frac{8\pi^2 f^2 \eta_s}{3\rho V^3} + \frac{\delta(\gamma-1)\omega^2}{2\rho C_v \gamma V^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

(γ) تمثل النسبة بين الحرارة النوعية عند ضغط ثابت (C_p) والحرارة النوعية عند حجم ثابت (C_v)، (δ) التوصيلية الحرارية، (f) تردد الموجات فوق السمعية حيث أن $(2\pi f = \omega)$ التردد الزاوي. أن جزء من عملية الامتصاص يحول طاقة الموجات فوق السمعية إلى حرارة مباشرة، وفي معظم السوائل فأن الامتصاص الناتج عن الحرارة يكون ذا كمية صغيرة جداً إذ يمكن إهمالها لذلك تصبح العلاقة السابقة على ما يأتي [Hassan,1988] :

$$\alpha_c = \alpha_{vis} = \frac{8\pi^2 f^2 \eta_s}{3\rho V^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

3- 2 الاسترخاء في السوائل: Relaxation in Liquids

إن حدوث أي تغير فجائي في المنظومة يؤدي بها إلى السير إلى حالة موازنة جديدة تدعى هذه الظاهرة بالعملية الاسترخائية. وهذه العملية تحدث خلال زمن معين يعرف بزمن الاسترخاء ويرمز له بالحرف (t) (Relaxation Time). إن زمن الاسترخاء هو المعدل الزمني اللازم لقفز الجزيئات بين موقعين متماثلين يمكن أن تتميز بها وتكتسب الجزيئة طاقة كافية للتغلب على حاجز الطاقة ليحدث الانتقال، لذلك يعتبر زمن الاسترخاء مقياساً لسرعة تبدد طاقة الموجة.

ويعطى زمن الاسترخاء بالعلاقة[Hassan,1988] :

$$t = \frac{4\eta_s}{3\rho V^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

وتعرف النسبة (α / f^2) بسعة الاسترخاء (Relaxation Amplitude) وهي سعة الموجة فوق السمعية بعد عملية الاسترخاء[Hassan,1988] :

$$D = \alpha / f^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

والممانعة الصوتية النوعية تعرف من العلاقة الآتية [Blitz,1967] :

$$z = \rho V \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

ويمكن حساب الانضغاطية من معادلة لابلاس [Blitz,1967] :

$$B = (\rho V^2)^{-1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

وأن معامل المرونة هو مقلوب الانضغاطية ويعطى بالعلاقة الآتية [Blitz,1967] :

$$k = B^{-1} = \rho V^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

4 -المواد وطرائق العمل

4-1 تهيئة المواد الأولية وتشمل:

أ- كاؤولين دويخلة

هي سيليكات الألمنيوم المائية ورمزه الكيميائي ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$) ويمتاز بنعومة الحبيبات وشكله ألصفائحي الذي يساعد حركة بعضها فوق بعض وهو ذات لون ابيض وله درجة انصهار تساوي (1770°c) في حالته النقية وتنخفض إلى درجة انصهار (1545°c) في حالة وجود شوائب [Plancon,2000]ويستخدم في صناعة الأصباغ والورق وفي صناعة الإطارات كمادة مالئة [الربيعي ,2005& Walls, 2000] استخدم مسحوق الكاؤولين من مقلع عراقي بحجم حبيبي اقل من (50µm).

ب- البولي فاينيل الكحول .P.V.A

يعد من البوليمرات الخطية غير المشحونة التي تستطيع الذوبان في الماء لكنه يذوب بسهولة وسرعة عند درجة حرارة (90°C) [عباس، 2004] وبذلك يستخدم عاملاً مثخناً لعدة أنظمة استحلابية وعالقية وكذلك يستعمل لإنتاج الأفلام وصفائح التغليف عندما يراد أن تكون هذه الصفائح ذائبة في الماء. وكذلك يمكن ان يكون البوليمر غير ذائب في الماء وذلك بعد أن يعامل ببعض المواد الكيميائية[الربيعي ,2005&عباس، 2004] .

ج- البولي ستايرين .P.S

وهو من البوليمرات المهمة صناعياً ويعد من البلاسيتكات المطاوعة للحرارة تبلغ درجة انتقاله الزجاجية(100°C)هو يقاوم فعل الكثير من المواد الكيميائية كالحوامض والقواعد [فريد بلمير،1971] ويذوب في العديد من المذيبات وله الكثير من الاستخدامات البلاستيكية كصناعة الأغراض المنزلية وصناعة البلاستيك المسامي الصلد [ال ادم,1989].

د- البنزين

من المركبات الاروماتية وتتألف جزيئته من ست ذرات كاربون مرتبطة مع بعضها على شكل حلقة سداسية منتظمة تتصل كل منهما بذرة(C_6H_6) وهو سائل عديم اللون سريع الاشتعال له رائحة مميزة وهو سام يغلي عند درجة(80°c) ويتجمد عند (5°C) اقل كثافة من الماء ولا يمتزج معه[الربيعي ,2005& Bonndy,1952]. والبنزين المستخدم في البحث تم استيراده من شركة(Fluka AG, CH-9470 Buchs (Human Carcinoger Benzen for HpLc

4-2- تحضير النماذج:-

مرت عملية تحضير النماذج بعدة مراحل كما يأتي:

أ- تم استخدام الكاؤولين العراقي كمادة أولية مالئة بحجم حبيبي اقل من (50µm) مطحون باستعمال طاحونة الكرات (Ball Milling) ذات الكرات الالومينا النقية نوع (CROSCHOPP) ألمانية الصنع واستمرت عملية الطحن لمدة (7hr) للحصول على درجة النعومة المطلوبة.

ب- غسل الكاؤولين بحامض (HCl) وذلك للتخلص من اوكسيد الحديد الحر وكل الاكاسيد والمعادن التي تذوب في هذا الحامض وزيادة تركيز المعادن الرئيسية الموجودة وثم يرشح ويغسل بالماء المقطر للتخلص من الشوائب ولمعادلة المكون.

ج- أجريت عملية النخل(Sieving process)وذلك لإجراء التصنيف الحجمي لها وقد استخدمت مناخل ألمانية الصنع نوع (Cro-Prazisossieb) بحجم قطر فتحته اقل من(50μm) مع هزاز ألماني نوع(Retsch) وحمصت مادة الكاؤولين دويخلة بدرجة حرارة c°(100) لمدة (.7hr) وذلك لأنه عند التسخين تبدأ الأطيان بفقدان ماء التشكيل والماء البلوري, وهذا الفقدان سوف يؤدي الى تهدم الشبكية البلورية والتقلص الذي يحدث ضمن المدى الحراري حيث أن التحميص له تأثير على المسامية والتوصيل الحراري والعزل الكهربائي.

د- تمت عملية خلط المواد الأولية Mixing process وقد حضرت خلطات وفق نسب خلط ثابتة باستعمال طريقة الخلط ألانزلاقي وقد وزنت النسب المخلوطة باستعمال ميزان حساس (Mettler) ذو قدرة تحسس (10^{-4}) ومعدل تحميل (200gm).

هـ- حضر محلول(.P.V.A) بإضافة البوليمر إلى الماء مع التحريك المستمر بدرجة(c°80)ثم يضاف اليه الخلطات المحضرة سابقاً (والتي تمثل الكاؤولين محمص ومغسول بالحامض ومنخول) وتستمر عملية الخلط وخلال الخلط يتم إضافة الحامض (HCl) للتحكم بحامضية المزيج ثم يتم تجفيفه.

و- يحضر البولي ستايرين بقيم محددة بعد إذابته في المذيب المناسب (استخدم مذيب البنزين في البحث) حيث تم التحضر بمزج البولي ستايرين مع المذيب عند درجة حرارة (c°90) باستعمال خلاط نوع (Magnetic stirrer).

ز- تضاف النسبة المطلوبة من الكاؤولين المحفز إلى (polystyrene) المذاب عند الدرجة الحرارية المطلوبة ثم توضع المادة النهائية في طبق خزفي (pettry dish) ثم تجري الفحوص الريولوجية والميكانيكية .

5 النتائج والمناقشة:- Results and Discussion

تم أخذ القياسات العملية وكذلك الحسابات النظرية لكل من الخصائص الريولوجية والميكانيكية ، كما نوقشت أسباب التغيرات التي تحدث في هذه الخواص عند زيادة التركيز أو نقصانه

5-1 الحسابات الريولوجية: Rheologyical Calculation

- الكثافة Density

تم قياس الكثافة لكافة التراكيز باستعمال قنينة كثافة ذات سعة مقدارها (10ml) وميزان إلكتروني مصنع من قبل شركة (Mettler Switzarland) بحساسية 0.0001) عمليا وكما هو موضح في الشكل (1) الذي تزداد فيه قيم الكثافة مع زيادة التركيز وسببها يعود إلى زيادة كتلة المحلول والانتفاخ الحاصل في جزيئات البوليمر نتيجة لذوبانها في المذيب والمواد الأخرى ، وهذه الزيادة تتفق مع ما حصل عليه الباحثون (Hassun et al. 1988 &1989, Hassun, عبد المجيد 1993).

-اللزوجة القصية Shear Viscosity

تم حساب قيم اللزوجة القصية باستعمال المعادلة (1) والشكل (2) يوضح تغير اللزوجة القصية مع التركيز ونلاحظ أن قيم اللزوجة تزداد مع زيادة تركيزه وسبب ذلك يعود إلى تحويلها إلى شكل معقد مما يؤدي إلى تكوين سلاسل بوليمرية ذات جزيئات كبيرة الحجم نتيجة لزيادة تركيز البوليمر في المحلول وبالتالي تؤدي إلى زيادة قوى الاحتكاك الدورانية والانتقالية بين جزيئات البوليمر والمذيب [Al-Bermany, 1995] .

5-2 الحسابات الميكانيكية: Mechanical Calculation

5-2-1 القياسات فوق السمعية Ultrasonic Measurements

5-2-1-1 سرعة الموجات فوق السمعية Ultrasonic Velocity

تم قياس سرعة الموجات فوق السمعية وذلك بقسمة المسافة التي تقطعها الموجة داخل محلول البوليمر على زمن التأخير (delay time) والشكل (3) يوضح العلاقة بين سرعة الموجات فوق السمعية مع التركيز إذ نلاحظ أن سرعة الموجات فوق السمعية تزداد كلما ازداد التركيز وسبب ذلك هو أن التفاعل (Interaction) أدى إلى اتحاد نوعين من جزيئات البوليمر والمذيب مما أدى إلى تكوين جزيئات كبيرة (Macromolecular) داخل المحلول و التي تعمل على نقل الموجات الميكانيكية من مصدر الاضطراب على هيأة حزم موجية، مما أدى إلى زيادة السرعة خلافاً للسوائل البسيطة أو النقية [شريف,1983] (Purity) . وتتفق هذه النتائج مع نتائج الباحثين [Al-Ani, 1992 & , Hassan1988]

5-2-1-2 معامل امتصاص الموجات فوق السمعية Ultrasonic Absorption Coefficient

تم حساب قيم معامل الامتصاص للموجات فوق السمعية عند تراكيز مختلفة باستعمال المعادلة (5) والشكل (4) يوضح زيادة معامل الامتصاص مع زيادة التركيز، حيث أن معامل الامتصاص يعتمد على اللزوجة والتوصيلية الحرارية والتشتت وبما أن كلاً من التوصيلية الحرارية والتشتت تأثيرهما قليل في المعادلة (5) لذا يمكن إهماله لذلك فاللزوجة هي مسؤولة عن زيادة امتصاص الموجات فوق السمعية وفي بعض الأحيان يسمى معامل امتصاص اللزوجة [Blitz,1967] . لذا فإن أي زيادة في اللزوجة تؤدي إلى زيادة في معامل الامتصاص إذ إن معامل الامتصاص يعتمد اعتماداً كبيراً على التركيز في المحلول.وهذا السلوك يتفق مع ما حصل عليه الباحثون [عبد المجيد ,1993& العبادي, 1995]

5-2-1-3 زمن الاسترخاء Relaxation time

تم حساب قيم زمن الاسترخاء باستعمال القيمة العملية المقيسة لكل من الكثافة واللزوجة والسرعة حسب العلاقة (6)، والشكل (5) يوضح العلاقة بين زمن الاسترخاء والتركيز، إذ يلاحظ زيادة زمن الاسترخاء مع التركيز فيفسر بزيادة حجم السلاسل البوليمرية مما يؤدي إلى زيادة الاحتكاك الداخلي بين طبقات السائل الناتجة من التضاغط والتخلخل نتيجة تأثير الموجات فوق السمعية وبذلك يزداد الزمن اللازم لإعادة الجزيئة المستثارة إلى وضعها الأصلي وهذه النتائج تشابه ما حصل عليه الباحثون [AL-Bermany, 1995 & الميالي, 2001]

ظروف تحضير الأطيان			ظروف تهيئة البولي ستايرين	
درجة حرارة التحميص °c	معدل الحجم الحبيبي μ m	كمية إضافة الكاؤولين g	كمية إضافة P.V.A g	كمية البولي ستايرين المستخدمة g	كمية المذيب المستخدم ml
100	<50	1.5	0.5	30	15

جدول (1) تحضير الكاؤولين المحفز إلى البولي ستايرين

4-1-2-5 سعة الاسترخاء Relaxation Amplitude

تم حساب قيم سعة الاسترخاء من العلاقة (7) ,الشكل (6) يوضح العلاقة بين سعة الاسترخاء والتركيز إذ يلاحظ من الشكل أن سعة الاسترخاء تزداد مع زيادة التركيز والسبب يعود إلى كبر المسافة التي تقطعها الجزيئة أثناء عملية الاستثارة، بسبب كون عزم القصور الذاتي للجزئية الكبيرة يكون كبيراً (النصراوي،1998) علاوة على أن سعة الاسترخاء تتناسب طردياً مع معامل الامتصاص كما موضح بالعلاقة السابقة، وهذه النتائج تتفق مع نتائج الباحثين (Hassun &,1988 Hassun &1989, Hassun &1990 عباس, 20041 & العبادي, 1995).

4-1-2-5 الممانعة الصوتية النوعية Specific Acoustic Impedance

تم الحصول على قيم الممانعة الصوتية النوعية باستخدام العلاقة (8) والشكل (7) يوضح زيادة قيم الممانعة مع زيادة التركيز، وسبب ذلك يعود إلى زيادة عدد الجزيئات في المحلول الذي تؤدي إلى زيادة كثافة الوسط الناقل وبالتالي زيادة سرعة الموجات فوق السمعية لأن السرعة تزداد بشكل كبير مع زيادة التركيز مما يؤدي إلى زيادة الممانعة الصوتية النوعية وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحثون [البيرماني, 2004 & Hassun1990,&Al-Ani1992]

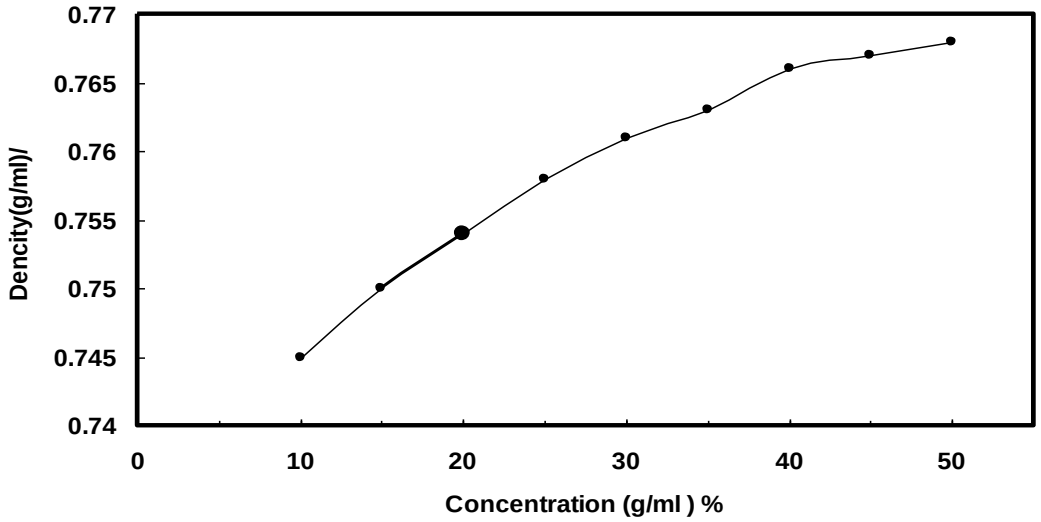
5-1-2-5 الانضغاطية Compressibility

تم الحصول على قيم الانضغاطية من العلاقة (9) والشكل (8) يوضح تغير قيم الانضغاطية مع التركيز إذ يوضح الشكل نقصان قيم الانضغاطية مع زيادة التركيز، وسبب ذلك يعود إلى اندماج نوعين من

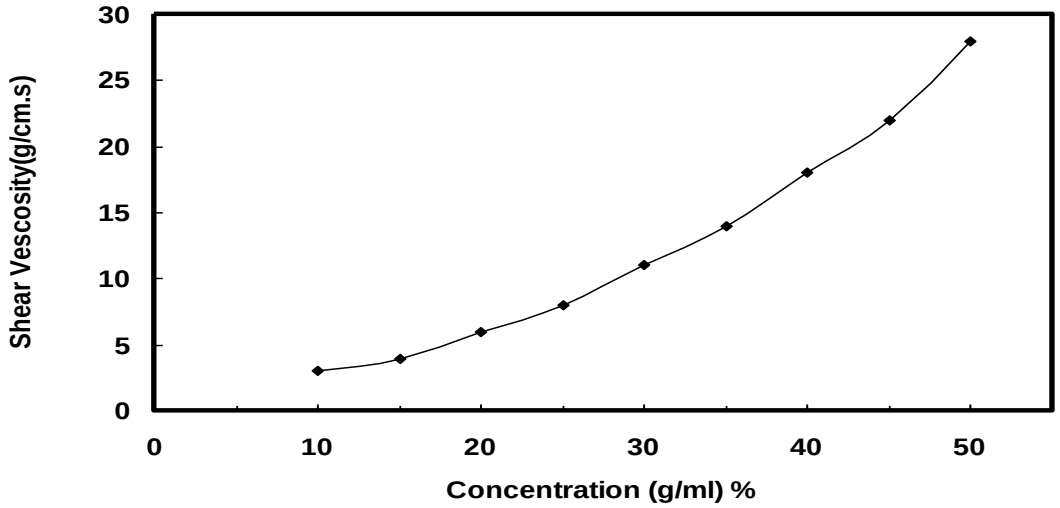
الجزيئات التي أدت بدورها إلى تجمع السلاسل البوليمرية المتقاربة بعضها مع بعض نتيجة اندماج نوعين من الجزيئات. وهذا يتفق مع ما حصل عليه الباحثون [الطيار,1990&عبد المجيد ، 1993&العامري,2003]

5-2-1-6 معامل المرونة Bulk Modulus

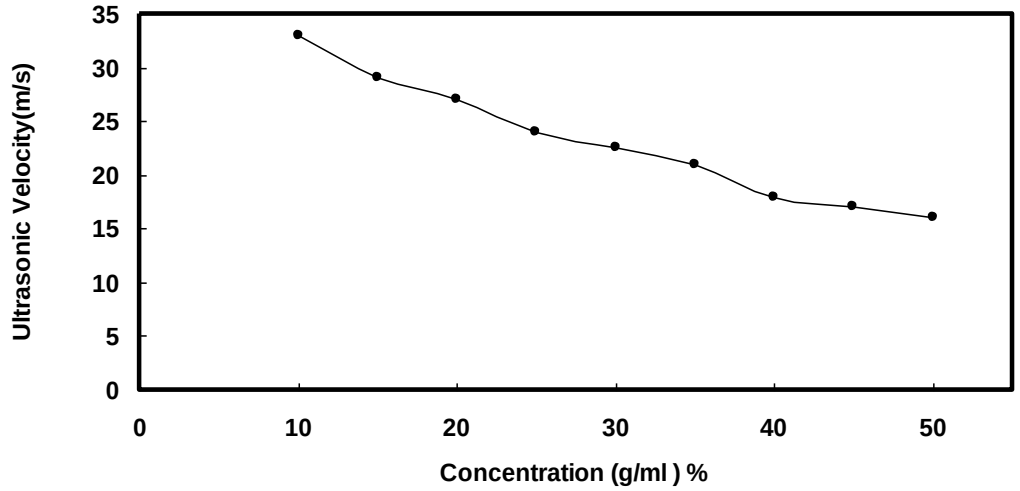
تم حساب قيم معامل المرونة لمختلف التراكيز حسب العلاقة (10) والشكل (9) يوضح تغير قيم معامل المرونة مع زيادة التركيز، إذ نلاحظ من الجدول زيادة قيمها وسبب ذلك من خلال العلاقة السابقة يلاحظ اعتماد معامل المرونة على سرعة الموجات فوق السمعية بصورة رئيسة لذلك فمن المتوقع سلوك معامل المرونة نفس سلوك سرعة الموجات فوق السمعية وهذه النتيجة تتفق مع نتائج الباحثين [Al-Bermany, 1995 &الميالي,2001].



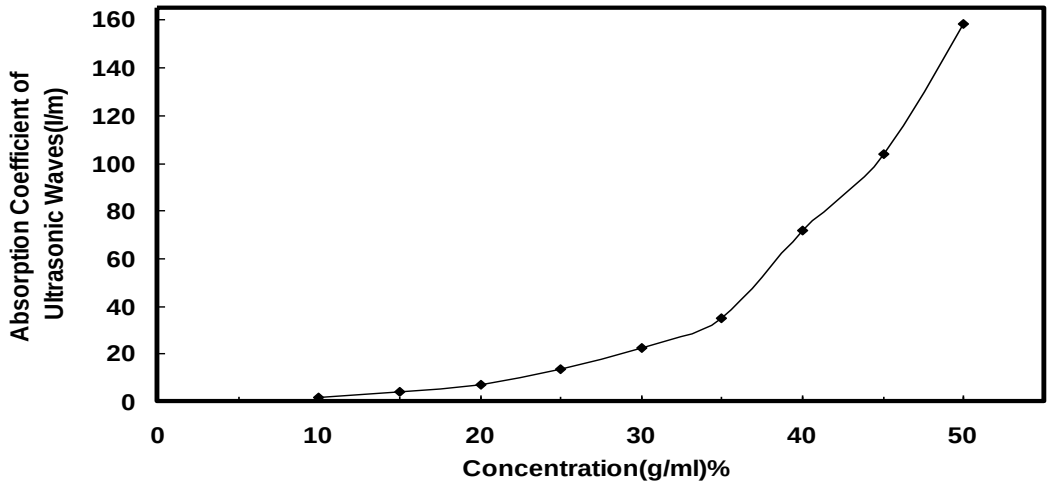
الشكل (1) يوضح تغير الكثافه مع التركيز



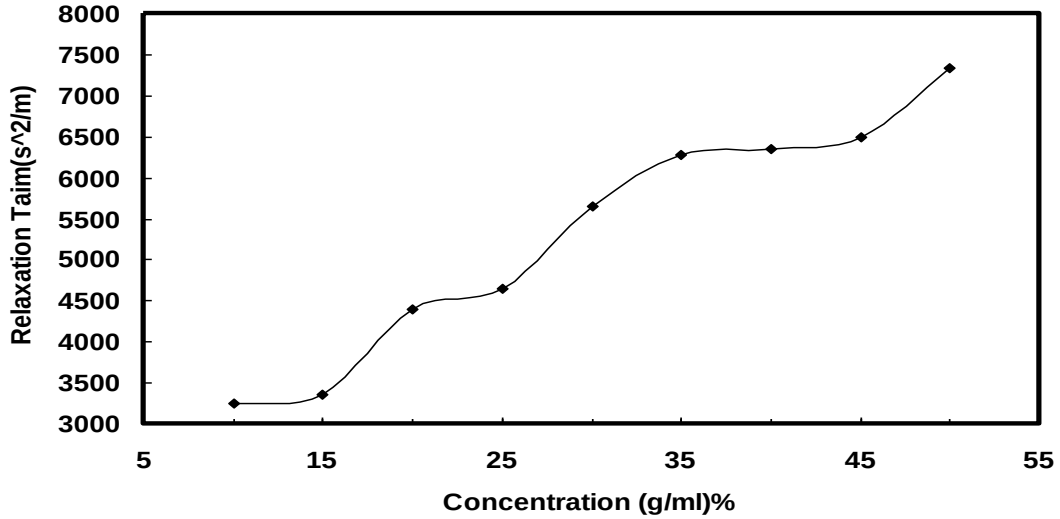
الشكل (2) يوضح تغير اللزوجه القصيه مع التركيز



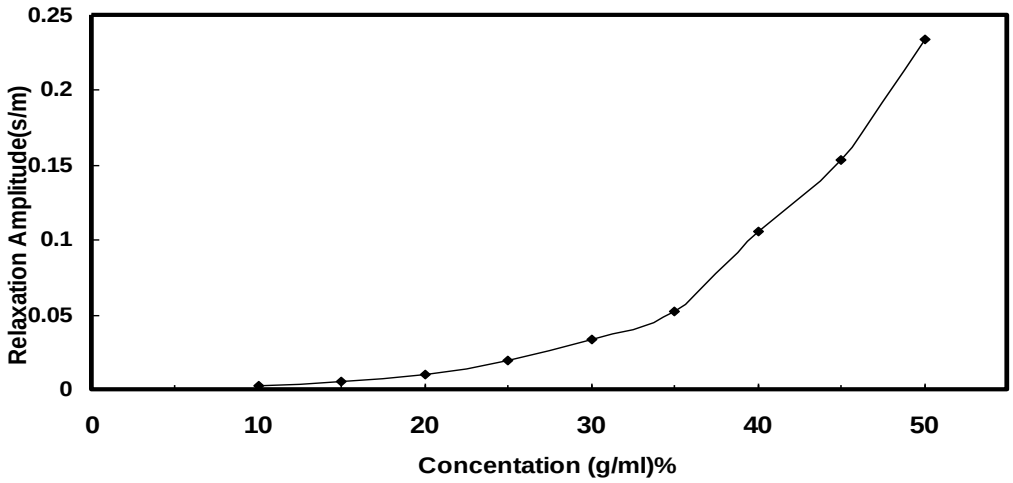
الشكل (3) يوضح تغير سرعة الموجات فوق الصوتية مع التركيز



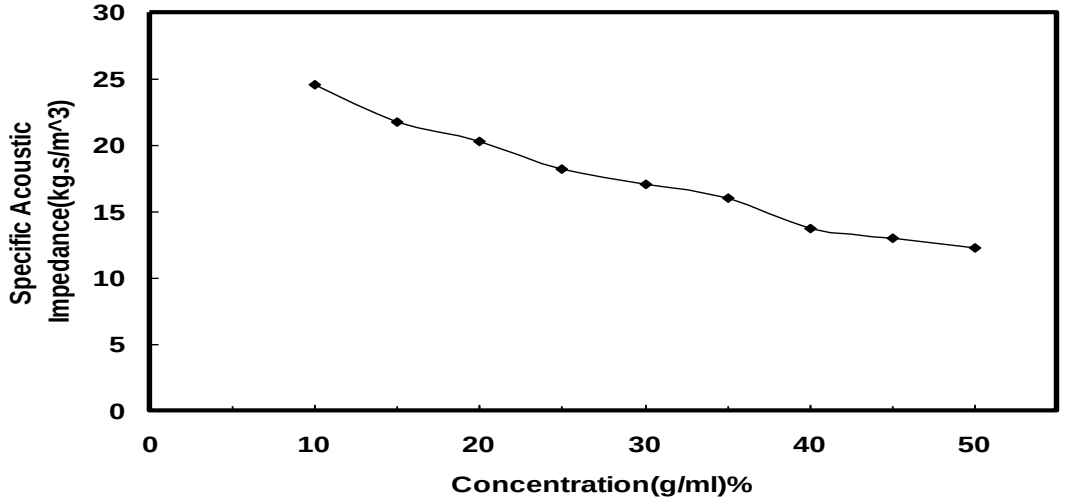
الشكل (4) يوضح تغيرمعامل امتصاص الموجات فوق الصوتيه مع التركيز



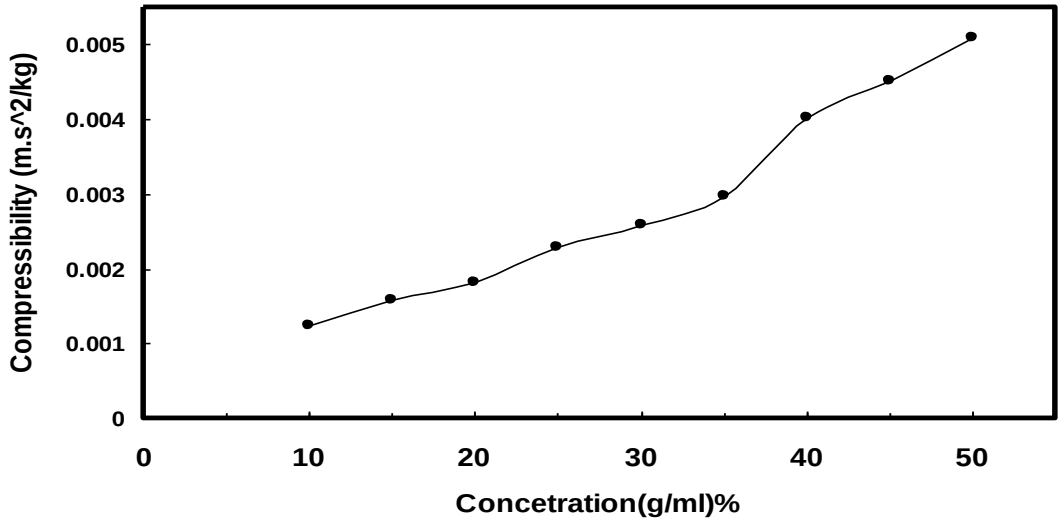
الشكل (5)يوضح تغير زمن الاسترخاء مع التركيز



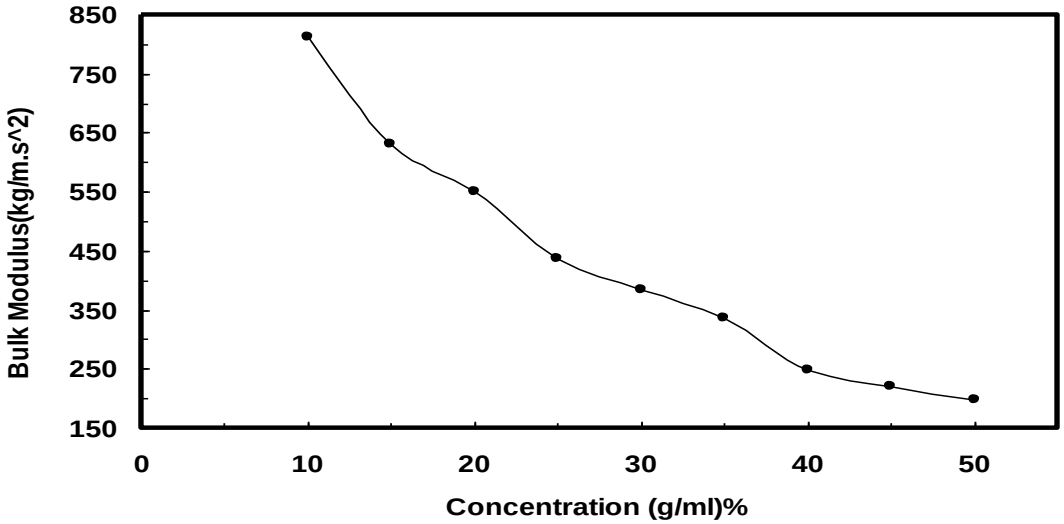
الشكل (6) يوضح تغيرسعه الاسترخاء مع التركيز



الشكل (7) يوضح تغير الممماتعه الصوتيه النوعيه مع التركيز



الشكل (8) يوضح تغير الانضغاطيه مع التركيز



الشكل (9)يوضح تغير معامل المرونه مع التركيز

6- الاستنتاجات : Conclusion

من خلال النتائج والرسومات البيانية أمكن التوصل إلى الاستنتاجات الاتيه :

1. من خلال هذا البحث فان متراكب بوليمر –كاؤولين تضمر تغيراً مستمراً في خواصها الريولوجية والميكانيكية مع زيادة التركيز لذلك يمكن الاستفادة منها في التطبيقات الصناعية المختلفة .
2. إن عملية امتصاص وتوهين طاقة الموجات فوق السمعية تعتمد بصورة كبيرة على كل من طول السلسلة البوليمرية وتركيز المحلول .
3. إن وجود الاندماج الداخلي بين جزيئات المذيب وكذلك جزيئات البوليمر نفسها أدى إلى جعل المتراكب أكثر قوة ومتانة.
4. في هذه الدراسة إن استخدام كاؤولين دويخلة العراقي معدل الحجم الحبيبي اقل من (50μm) ومحمص بدرجة حرارة (100°C) كمادة مالئة تعطي أفضل النتائج بوصفه إحدى منتجات الصناعات البتروكيمياوية.

المصادر :

ال آدم ، كوركيس عبد و البيرياي، ذنون محمد عزيز، 1989 "كيمياء الجزيئات الكبيرة المحدث"، جامعة بغداد– كلية العلوم، ص: 171-23.

الربيعي، شيماء هادي خضير 2005، دراسة التوصيلية الحرارية وإجهاد الشد لمتراكب بوليمر– كاؤولين، جامعة الكوفة.

المسعودي، نجاح كاظم عليان ، 2004"دراسة تأثير الظروف البيئية في متراكبات البولي اثيلين عالي الكثافة المدعم بأسود الكاربون"، رسالة ماجستير، كلية العلوم– جامعة بابل.

الميالي، خالدة حسين 2001"تأثير أشعة كاما على بعض الخواص الفيزيائية لبولي ايزوبيوتلين"، رسالة ماجستير، جامعة بابل– كلية العلوم.

العامري، صالح حسون، 2003 "تأثير أشعة كاما ودرجة الحرارة في بعض الخصائص الفيزيائية لبولي ستايرين بيوتاداين"، رسالة ماجستير، جامعة بابل– كلية العلوم.

العبادي، زياد، 1995 "دراسة تأثير أشعة كاما على الخواص الفيزيائية لبولي ستايرين"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد– كلية التربية الثانية، ابن الهيثم.

الطيار , صباح خضر 1990" دراسة تاثير المذيبات المختلفة على الخصائص الفيزيائية لمادة بولي كلوريد الفاينيل باستعمال تقنية الموجات فوق السمعية "رسالة ماجستير ,جامعة بغداد –ابن الهيثم .,

النصراوي، سمير حسن هادي، 1998. "تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لكاربوكسي مثيل سليلوز عالي اللزوجة وواطئ اللزوجة"، رسالة ماجستير – كلية العلوم– جامعة بابل.

شريف ، إبراهيم إبراهيم ، 1983"الفيزياء (1) "أستاذ الفيزياء–كلية الهندسة– جامعة بيروت ص:13–203

فريد بلييمر . 1971 "أساسيات علم البوليمر"، ترجمة د. صلاح محسن عليوي، ط2. ص: 546-2.

عبد المجيد، سعاد مصلح الدين ، 1993"دراسة تأثير أشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية لبعض البوليمرات الذائبة في الماء (بولي فاينيل باريوليرون PVDP)". باستخدام تقنية الموجات فوق السمعية، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية– كلية العلوم،.

عباس، فدوى حمادي، 2004"دراسة تأثير الحامضية وظروف التشكيل على بعض الخواص الكهربائية للجسم البور سليني من مواد محلية، رسالة ماجستير–جامعة بابل/ كلية العلوم.

Al-Bermany, A.K.J. 1995"A Study of the Physical Properties of some Cellulose Derivative Polymers", Al-Mustansiryah University, Ph. D. Thesis.

Al-Ani, S.K.J., 1992"Acustica J.", V. 75, pp. 276- 278. A. Davis, (1983). "Weathering of Polymers ", Applied Science Pub..

Al-Bermany, A.K.J.; Al-Mamory M.H and Al-Bassam, F.A.. 2002"Babylon Univ. J.", V. 7, No. 3.

Al-Bermany, A.K.J., 2003"Babylon Univ. J.", V. 8, No. 3.

Blitz, J. 1967"Fundamental of Ultrasonic", 2nd Edition. Butter Worthes, London, pp 66- 100.

Bonndy, R. H. And Boyer, R. F. 1952 “Styrene its Polymers Copolymers and Derivatives”, Rein hold, New York.

Hassan, S.K. 1988"Acta Polymerica J.", V. 39, N. 11, p 664.

Hassun, S.K. and Rahman, S. 1989"Iraqi J. of Sci.", V. 30, N. 3, p 426.

Hassun, S.K.; Hussain, H. and Hassan, N.A. 1990"Acta Polymerica J.", V. 41, N. 8.

Plancon, A. And Drits, V. 2000 “Clay and Clay Mineral”, Vol.48, No.1, P.57.

Walls, D. S. 2000 “Kaolin Department of Mines and Energy” Mineral Information Leaflet No.10.