

تأثير اشعة كاما على الخواص الريولوجية والميكانيكية لمتراكب
بولي ستايرين-بنتونايت باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية

وسن كامل حسن

قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة كربلاء، العراق

تاريخ الاستلام: 2015/Aug/18

تاريخ قبول النشر: 2015/Sep/30

Abstract

Depending on study mechanical properties and acoustic idices for polystyren-bentonite composite samples by using ultrasonic waves technique at non-destructive test. The mechanical dynamic variables were studied by using technique of velocity of an ultrasonic wave pulse from which wave velocity, elastic modulus, dencity, shear viscosity, absorbtion coefficient, relaxation time, relaxation amplitude, compressibility and wave length at room temperature after and befor irradiation.

The results showed that all properties increase lineary or exponentially with increasing of composite concentration while decreasing specific acoustic impedance, elastic modulus, velocity and wave length.

Keywords

polystyren-bentonite, ultrasonic waves technique, specific acoustic impedance.

الخلاصة

اعتمد لدراسة الخواص الميكانيكية والمعاملات الصوتية للنماذج بوليستايرين - بنتونايت المتراكبة باستخدام تقنية الفحص بالذبذبات فوق الصوتية كفحص غير اتلافي. وتم دراسة متغيرات الميكانيك الديناميكي بتقنية سرعة نبضة الموجة فوق الصوتية حيث تم استخراج قيم كل من سرعة الموجة، معامل المرونة، الكثافة، اللزوجة القصية، معامل الامتصاص، زمن الاسترخاء، سعة الاسترخاء، الانضغاطية والطول الموجي عند درجة حرارة المختبر قبل التشعيع وبعده.

بينت النتائج ان جميع الخواص تزداد زيادة خطية او اسية مع زيادة تركيز المتراكب بينما تناقصت قيم الممانعة الصوتية النوعية ومعامل المرونة والسرعة والطول الموجي.

الكلمات المفتاحية

بوليستايرين - بنتونايت، تقنية الفحص بالذبذبات فوق الصوتية، الممانعة الصوتية النوعية.

1. المقدمة

تتكون عندما يكون الوسط محدودا أو شبه محدود وتنحصر الحركة الاهتزازية في سطح الجسم، [2،3].

2. الجزء النظري

المادة المترابطة هي مادة تتكون من ربط مادتين بطرق تكنولوجية مختلفة للحصول على خواص جديدة لاثقها المواد الاولية الداخلة في التكوين.

الخواص الريولوجية:

أ. الكثافة: هي نسبة الكتلة الى حجم المادة الحقيقي (الكثافة الحقيقية) والظاهري (الكثافة الظاهرية) حيث ان الكثافة الحقيقية هي المادة الصلبة في الجسم من دون مسامات والكثافة الظاهرية المادة الصلبة مع المسامات.

ب. اللزوجة القصية: ان اساس جريان المواد الصلبة هو وجود اجهاد قصي صغير، وبعض الباحثين سموها بالمداد الصلبة العشوائية مثل الزجاج وعدد من البوليمرات التي يمكن قياس لزوجتها. اما المواد ذات اللزجة العالية جدا فتدعى بالسوائل، اما لزوجة النماذج قيد البحث فقيست باستخدام المعادلة التالية بواسطة جهاز اوستولد، [4]:

$$\eta_s/\eta_0 = t_s \rho_s / (t_0 \rho_0) \dots \dots \dots (1)$$

حيث t_s, t_0 : زمن جريان الماء 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.

2.1. الخواص الميكانيكية

ان الممانعة الصوتية النوعية للوسط قيست باستخدام العلاقة، [5]:

$$Z = \rho v \dots \dots \dots (2)$$

ومعامل المرونة هو مقلوب الانضغاطية بالعلاقة التالية،

ان الصوت عبارة عن موجات مرنة يمكنها الانتقال خلال الاوساط الصلبة والمائعة فاذا كان تردد الموجات الميكانيكية محصور بين 20-20000 (Hz) كان الصوت مسموعا من الاذن البشرية وسميت بالموجات الصوتية (Sound wave) أما اذا كان التردد أعلى من 20000 (Hz) فأن الموجات الميكانيكية تسمى بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic waves) وهذه الموجات تمتلك أطوالا موجية مختلفة للمواد المختلفة.

ان الموجات فوق الصوتية ينحصر ترددها بالمدى (20KHz-3MHz) ولها نفس خصائص الموجات الصوتية كالسرعة ووجود وسط مادي لانتقالهاويمكن توجيهها كحزمة ضيقة أي أنها تشبه في سلوكها هذا الموجات الكهرومغناطيسية التي تتميز بانتقالها في الفراغ والاوساط المادية، [1].

تتكون الموجات فوق الصوتية من تشكيلات غير مستمرة وذات طاقة اختراق عالية وبكتلة وسط غير محدودة يتم انتقالها خلاله بعدة انماط من الامواج:

1. الامواج الطولية أو الانضغاطية (Waveslongitudinal): هي امواج تتولد من انضغاطات متتالية في الوسط ويكون اهتزاز جزيئاته باتجاه حركة انتقال الموجة، وتعتمد سرعة انتشارها على معامل المرونة ونسبة بواسون والكثافة.

2. الامواج المستعرضة أو القصية (Transverse Waves): هي امواج تهتز جزيئاتها باتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة.

3. الامواج السطحية (Surface Waves): هي موجات

الطاقة ليحدث الانتقال سمي بزمن الاسترخاء ويعتبر

[6]:

مقياس لسرعة تبدد الطاقة ويعطى بالعلاقة، [8]:

$$t = (4\eta_s)/(3\rho v^2) \dots\dots\dots(7)$$

وسعة الموجة فوق الصوتية بعد عملية الاسترخاء فتعرف

بسعة الاسترخاء وتعطى بالعلاقة [8]:

$$D = \alpha/f^2 \dots\dots\dots(8)$$

والانضغاطية حسب من معادلة لابلاس بالعلاقة

التالية، [8]:

$$B = (\rho v^2)^{-1} \dots\dots\dots(9)$$

3. الجزء العملي

3.1. المواد وتحضير النماذج

حضر المتراب والمكون من بوليمر البولي ستايرين كمادة

اساس وهو من البوليمرات الزجاجية المطاوعة للحرارة

المذاب في التولوين بدرجة حرارة (80 °C) المبينة خصائصه

في الجدول ادناه [9]:

جدول (1) الخصائص النموذجية للبولي ستايرين (9)

100	درجة الانتقال الزجاجي (Tg(°C)
240	درجة الانصهار البلوري (Tm(°C)
105	قوة الشد kg/m ²
2.5-1.0	الاستطالة %
1.04-1.09	الكثافة gm/cm ³
1.60-1.59	معامل الانكسار
2.65-2.4	ثابت العزل الكهربائي
اصفرار	تأثير ضوء الشمس
	تأثير الحوامض القوية والقواعد القوية

معالجته بمادة بولي فاينيل الكحول PVA كمادة رابطة للمادة

المالئة على سطح البوليمر والجدول (3،2) يبين التركيب

الكيميائي والمعدني لحام البنتونايت العراقي [10].

$$K = \rho v^2 \dots\dots\dots(3)$$

اما الطول الموجي للموجات فوق الصوتية للنماذج قيد

البحث فيحسب باستخدام العلاقة التالية، [6]:

$$\lambda = v/f \dots\dots\dots(4)$$

ان سرعة الموجات فوق الصوتية قيست باستخدام

المعادلة التالية:

$$v = x/t \dots\dots\dots(5)$$

حيث x هي الازاحة التي تقطعها الموجة خلال الزمن t.

والامتصاص الناشئ عن اللزوجة القصية يتناسب

مع مربع تردد الموجات فوق الصوتية يسمى بمعامل

الامتصاص ويعبر عنه بالعلاقة، [7]:

$$\alpha = (8\pi^2 \eta_s)/(3\rho v^3) \dots\dots\dots(6)$$

اما المعدل الزمني اللازم لقفز الجزيئات بين موقعين

متماثلين لتكتسب الجزيئة طاقة كافية للتغلب على حاجز

كما تم اختيار مادة البنتونايت كمادة مالئة للبوليمر

والمجهز منمنطقة الصفرة بعدما اجري عليه عملية الغسل

والتجفيف والطحن بحجم حبيبي ($D > 75 \mu m$) وتمت

الجدول (2) التركيب الكيميائي لخام البنتونايت العراقي

SiO ₂	56.77	K ₂ O	0.6
Al ₂ O ₃	15.67	P ₂ O ₅	0.65
Fe ₂ O ₃	5.12	SO ₃	0.59
CaO	4.48	CL	0.57
MgO	3.42	L.O.I	0.49
Na ₂ O	1.11	C (total)	0.56

الجدول (3) التركيب المعدني لخام البنتونايت العراقي

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

التذبذب وتعتمد سرعتها على زمن مرور الموجة بين نقطتين في ذلك الوسط حيث توضع العينة بين المجسجين الذي يقوم احدهما بتوليد الموجات والاخر يستلمها بعد عبورها من خلال الوسط (المادة)، ويسجل الزمن اللازم لعبور الموجة ويقاس طول الوسط بالميكروميتر وتحسب السرعة، [11] والجهاز المستخدم لهذا الغرض هو (OYO-Sonic viewer model-5217A) ذو تردد (26 KHz) والشكل (1) يوضح صورته

ان العينات السيراميكية المضافة لمادة PVA بنسبة (1%) اضيفت للبولي ستايرين المذاب بالتولوين ووضعت المادة الناتجة في طبق خزفي (petry dish) وتم اجراء الفحوص الريولوجية والميكانيكية قبل وبعد تشعيه باشعة كاما باستخدام مصدر الكوبلت (Co-60) وبجرعة اشعاعية (rad 4000).

3.2. الفحص بالموجات فوق الصوتية

ان عملية الفحص تتمثل بجهاز يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية الى اهتزازية (فوق صوتية) تسمى مجسات



شكل (1): جهاز الموجات فوق الصوتية

4. النتائج والمناقشة

الموجات فوق الصوتية ويعزى الى حدوث تفاعل ارتباط بين ثلاث انواع من الجزئيات: البوليمر، المذيب وجزئيات المادة المائلة والذي يسبب تقليل طفيف في خواص الشد وحدث تغيرات متكررة للضغط الموجي للجزئيات لتتملأ الفراغات في الشبكة برجعها الى مواقعها الرئيسية ويؤدي الى تناقص السرعة القصية للوسط، وان تأثير اشعة كاما سبب زيادة التشابك بين السلاسل البوليمرية سببها انشطار الاصرة الهيدروجينية عن طريق اتحاد جذرين متجاورين لتكوين شبكة وثم زيادة السرعة، [13].

أما معامل المرونة الموضح بالشكل (5) فيلاحظ نقصانه بزيادة تركيز المترابك البوليمري لحدث انضغاط اكثر للجزئيات اثناء تولد الموجات فوق الصوتية، هذا الانضغاط سوف يملأ الفراغات بين جزئيات البوليمر ويقيد حركتها لحدث تفعل تشابكي لجزئيات المادة المائلة مع سلاسل البوليمر وكثرة السطوح البينية مما يقلل من مرونة المترابك. وان تصرف معامل المرونة بالتشعيع هو تصرف مشابه لسرعة الموجات فوق الصوتية، [14].

يلاحظ من الشكل (6) زيادة معامل الامتصاص بزيادة

الشكل (2) يوضح العلاقة بين الكثافة والتركيز حيث يلاحظ زيادة الكثافة بزيادة تركيز المحلول البوليمري المترابك وبما ان الكثافة هي الكتلة لكل وحدة حجم وان كثافة المادة المائلة هي اكبر من كثافة البوليمر فان أي زيادة في تركيز المادة المائلة (البتوننايت) يؤدي الى زيادة كثافة المترابك وذلك لاشغالها للفراغات بين جزئيات البوليمر وزيادة كتلة المحلول وحصول انتفاخ لجزئيات البوليمر. ولو حظ ايضا ان عملية التشعيع ادت الى زيادة لكل القيم بسبب انحلال الاواصر البوليمرية وتوليد جذور حرة تربط سلاسل البوليمر الواحدة مع الاخرى [8].

اما زيادة اللزوجة القصية مع زيادة تركيز المحلول الموضح بالشكل (3) والمقاس بالمعادلة (1) فيرجع الى تكون قوى احتكاك بين جزئيات البوليمر سببها تكون سلاسل بوليمرية ذات جزئيات كبيرة الحجم وباشكال معقدة [12]. ويوضح الشكل (4) ايضا علاقة سرعة الموجات فوق الصوتية مع التركيز بنقصان السرعة مع زيادة التركيز لحصول انحلال لسلاسل البوليمر وتكسرها اثناء تولد

نتيجة لزيادة الاحتكاك الداخلي بين طبقات السائل من تأثير الموجات فوق الصوتية، اما التشيع فانج تشابكاً للحلقات البوليمرية مع بعضها وزيادة التفاعل الداخلي لطبقات المتراب وادى الى حدوث عمليات تضاعف وتخلخل واعادة تهيج للجزيئات للرجوع الى مواقعها الاصلية [15].

وتم حساب سعة الاسترخاء الموضح بالشكل (10) وحيث انها تتناسب تناسباً طردياً مع معامل الامتصاص المين بالعلاقة (6) وبذلك فان الزمن يزداد بزيادة تركيز المحلول لكبر عزم القصور الذاتي للجزيئة الذي يعود الى كبر المسافة التي تقطعها الجزيئة اثناء عملية الاستثارة والتشيع زاد من تقوية الاواصر البوليمرية وزاد عزم القصور الذاتي لها [15].

والطول الموجي يتناقص مع زيادة التركيز الموضح بالشكل (11) حيث ان زيادة تركيز الجزيئات يكون سلاسل بوليمرية مغلقة ويحدث تفاعلات اكبر لضعاف التضاعفات والتخلخلات للموجات المتولدة بوساطة هذه الجزيئات [14].

5. الاستنتاجات

1. متراب بولي ستايرين-بتنونايت اعطى تحسن وزيادة في خاصية الكثافة والزوجة القصية ومعامل الامتصاص وزمن الاسترخاء وسعة الاسترخاء والانضغاطية عدا السرعة القصية والممانعة الصوتية النوعية ومعامل المرونة والطول الموجي مع زيادة تركيز المتراب.

2. يتبين من خلال البحث ان متراب بولي ستايرين-بتنونايت هو وسط ماص جيد للموجات فوق الصوتية يمكن تطبيقه على سطوح مختلفة ماصة لهذه الموجات ويمكن الاستفادة منه في تطبيقات صناعية

التركيز ولتراكيز مختلفة للمحلول حيث يكون سلوكه مشابهاً لسلوك اللزوجة لاعتماده على اللزوجة بحسب العلاقة (6)، وان الطاقة الكامنة للجزيئات البوليمرية ادت الى استثارة الالكترونات في المستويات عند تشيعها الذي ادى الى زيادة امتصاص الذرات مع زيادة التركيز [13].

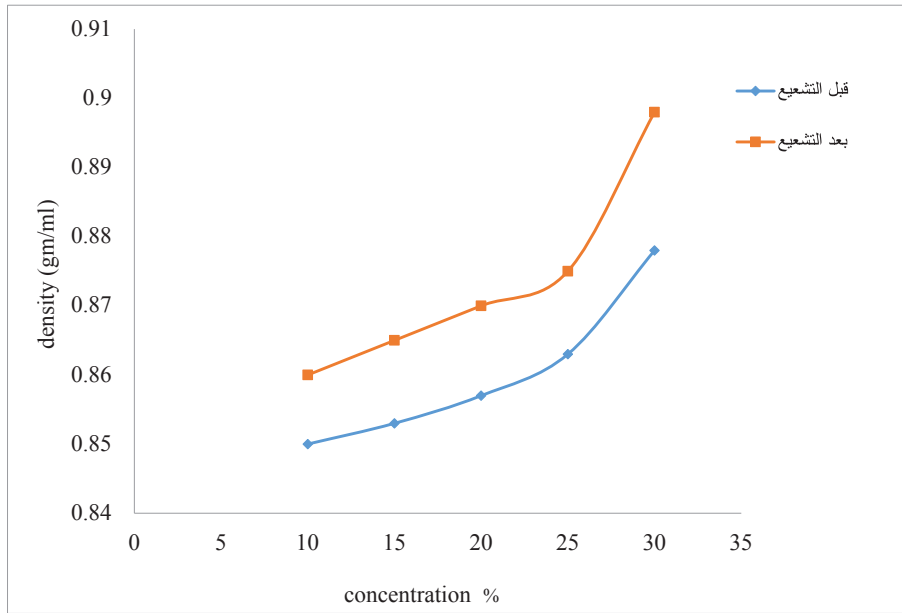
تم حساب قيم الممانعة الصوتية النوعية لمختلف التراكيز حسب العلاقة (2) ويلاحظ تزايد نسب الممانعة الصوتية النوعية بزيادة التراكيز لاعتماد الممانعة على السرعة الانضغاطية والكثافة حيث ان الزيادة تؤدي الى زيادة الكتلة وثبات الحجم أي زيادة عدد الجزيئات واثم انعكاس الموجات وتشتتها عند السطح الفاصل بين الواسطين وهو اساس حدوث المقاومة (العاقة) الصوتية النوعية، اما التشيع باشعة كما فيؤدي الى زيادة عدد الجزيئات في المحلول ادى الى زيادة شدة ناقلات الشحنة المركزية وبذلك زيادة سرعة الموجات فوق الصوتية وهذا ماوضحه الشكل (7)، [7].

اما انضغاطية النماذج فحسبت بوساطة معادلة لابلاس رقم (9) ونرى ان الانضغاطية تزداد بزيادة تركيز المحلول وهذا التصرف ينسب الى تولد الذبذبات فوق الصوتية يؤدي الى حدوث التفاف عشوائي لسلاسل البوليمر الواحدة مع الاخرى ويؤدي الى تغير تكوين وتشكيل الجزيئات وهذا ما وضح الشكل (8) بالاضافة الى تقارب وتجمع السلاسل البوليمرية احدها مع الاخرى لتكون نوعين من الجزيئات نتيجة لارتباط السلاسل التي ترفعها من مكان وتضعها في مكان اخر من اثر التشيع باشعة كما [15].

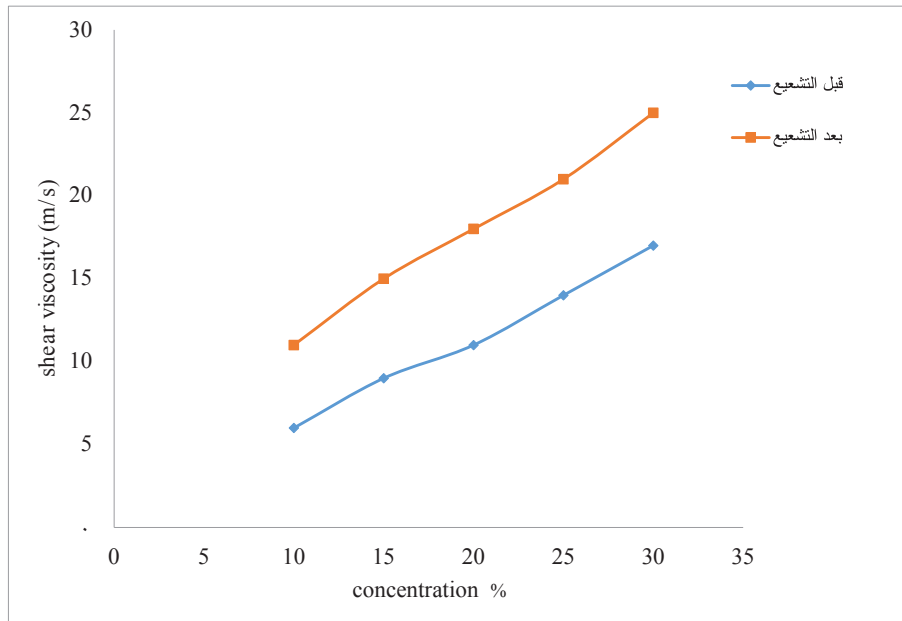
اما زيادة زمن الاسترخاء بزيادة تراكيز المحلول المبينة بالشكل (9) الذي تم حسابه حسب العلاقة (8) فيرجع زيادة الزمن الى اعادة الجزيئة المستثارة الى موقعها الاصلية

الخواص لمركب بولي ستايرين - بنتونايت اعتمادا على طبيعة التشعيع وظروفة ونوع البوليمر.
 5. ان التشعيع حسن من الخواص الفيزيائية للمركب عن طريق تقوية البوليمر ضد التأثيرات الخارجية وتحرير الاواصر.

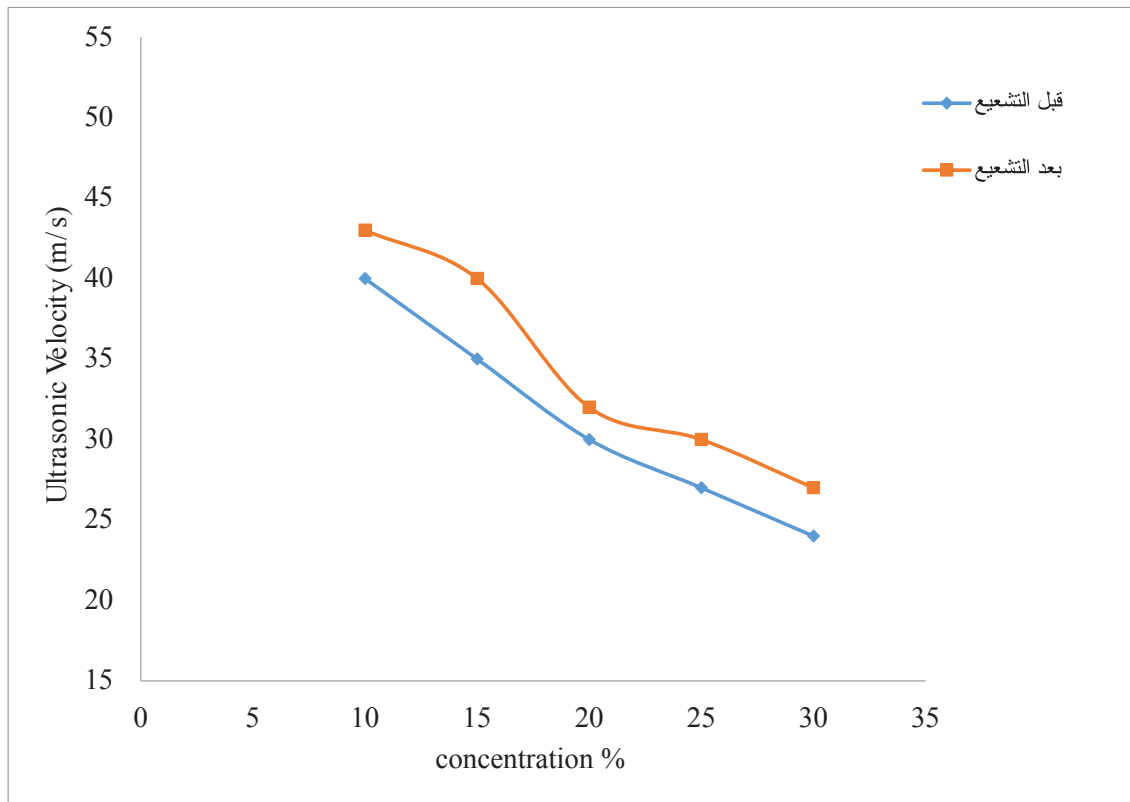
متعددة لتتأجه الجيدة بوصفه احد منتجات الصناعات البتروكيمياوية.
 3. حبيبات المادة المائلة (البنتونايت) ملئت الفراغات بين الجزيئات البوليمرية ومن ثم قيدت حركتها.
 4. ان التشعيع باشعة كاما قد حسن وغير بعض



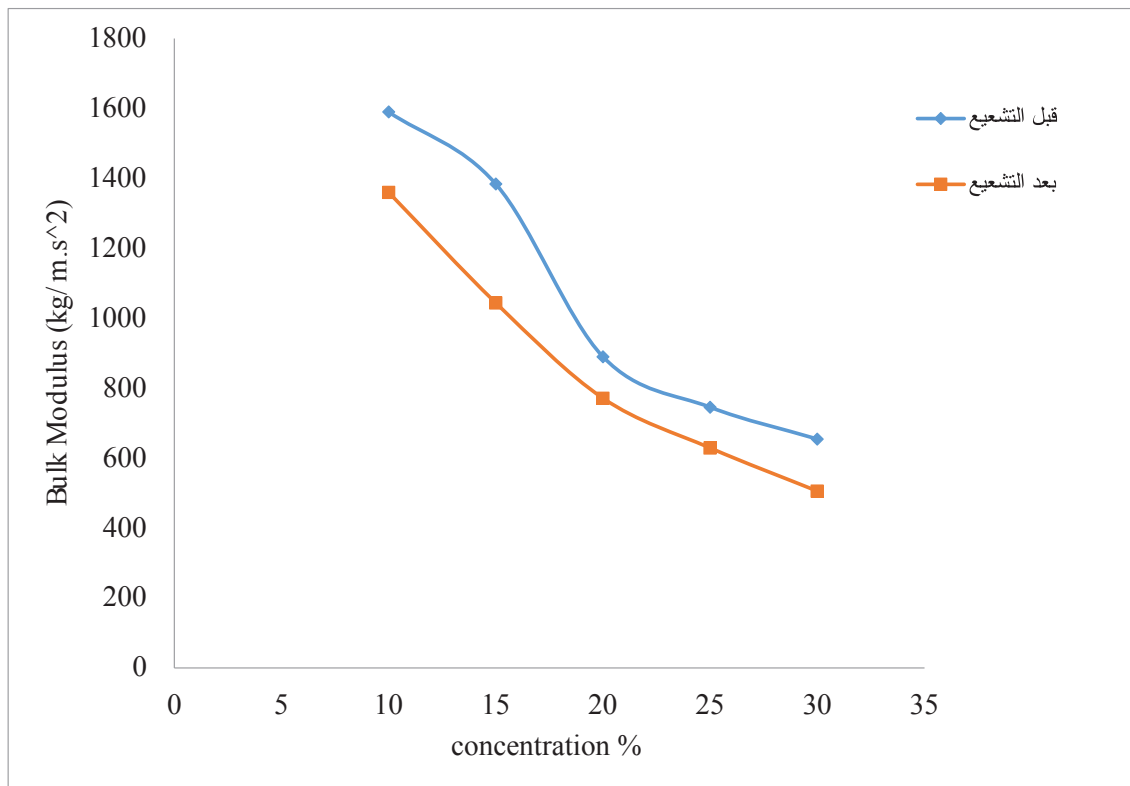
شكل (2): علاقة الكثافة الى التركيز



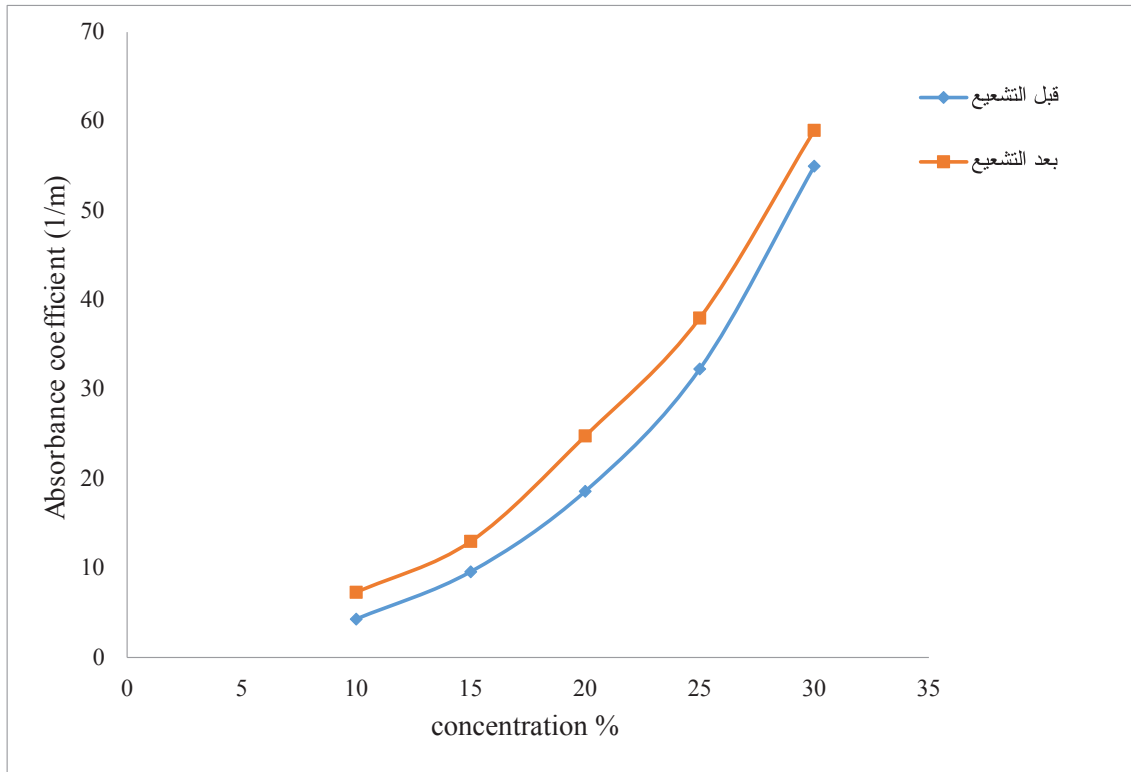
شكل (3): علاقة اللزوجة الى التركيز



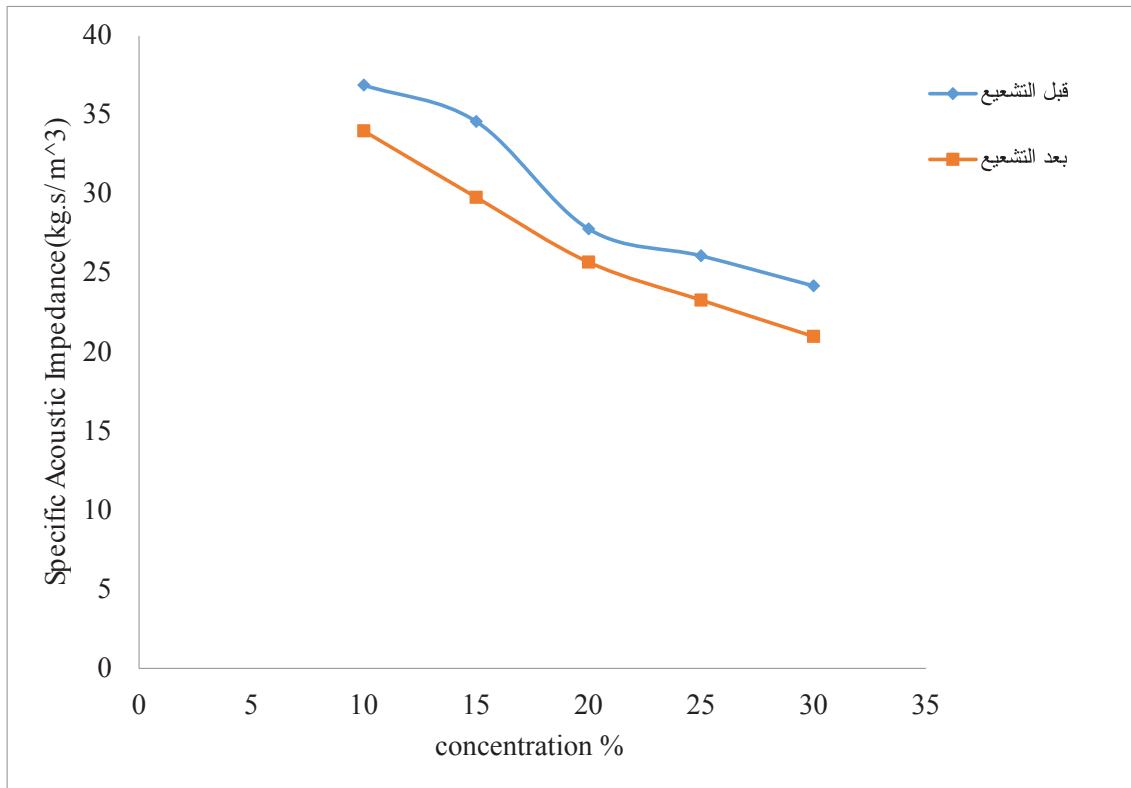
شكل (4): علاقة سرعة الموجات فوق الصوتية الى التركيز



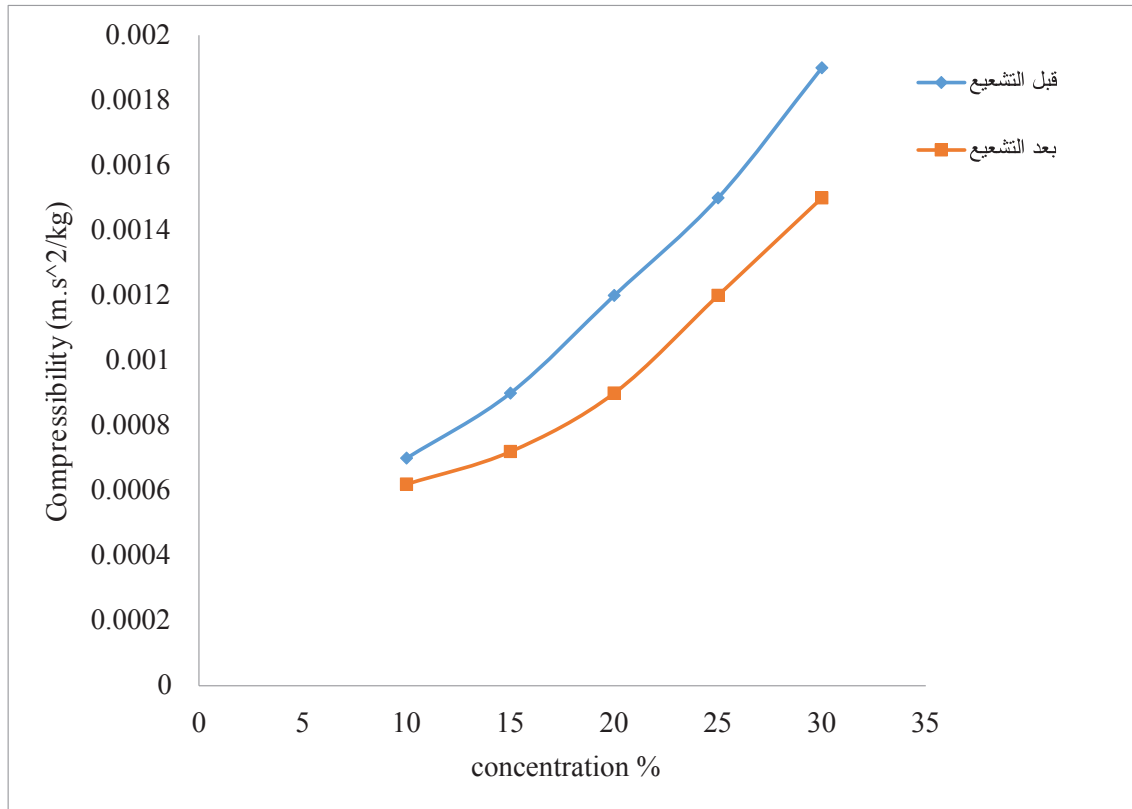
شكل (5): علاقة معامل المرونة الى التركيز



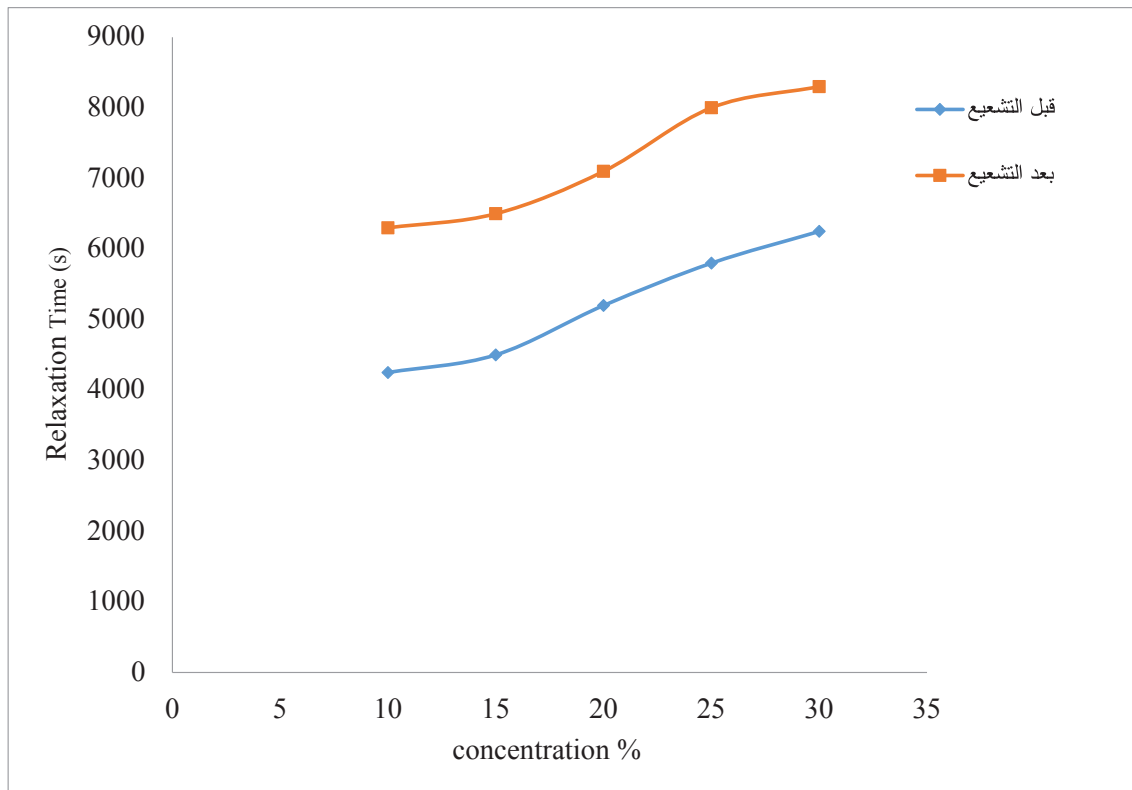
شكل (6): علاقة معامل الامتصاص الى التركيز



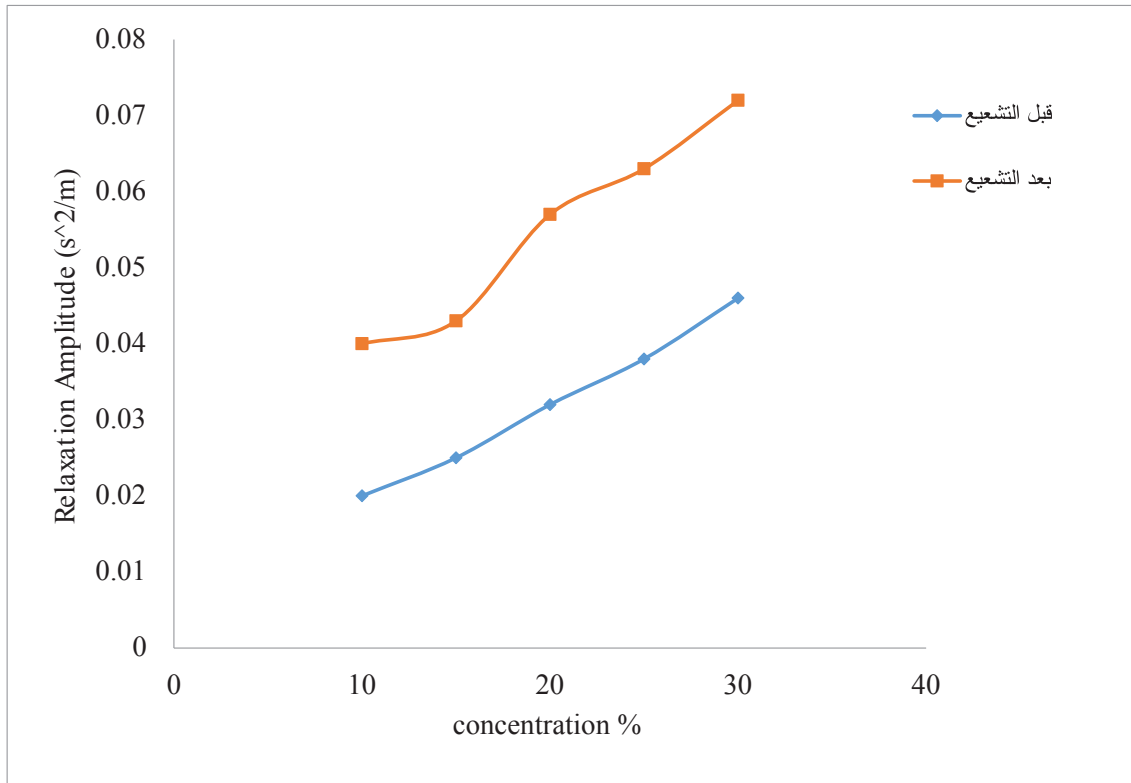
شكل (7): علاقة الممانعة الصوتية النوعية الى التركيز



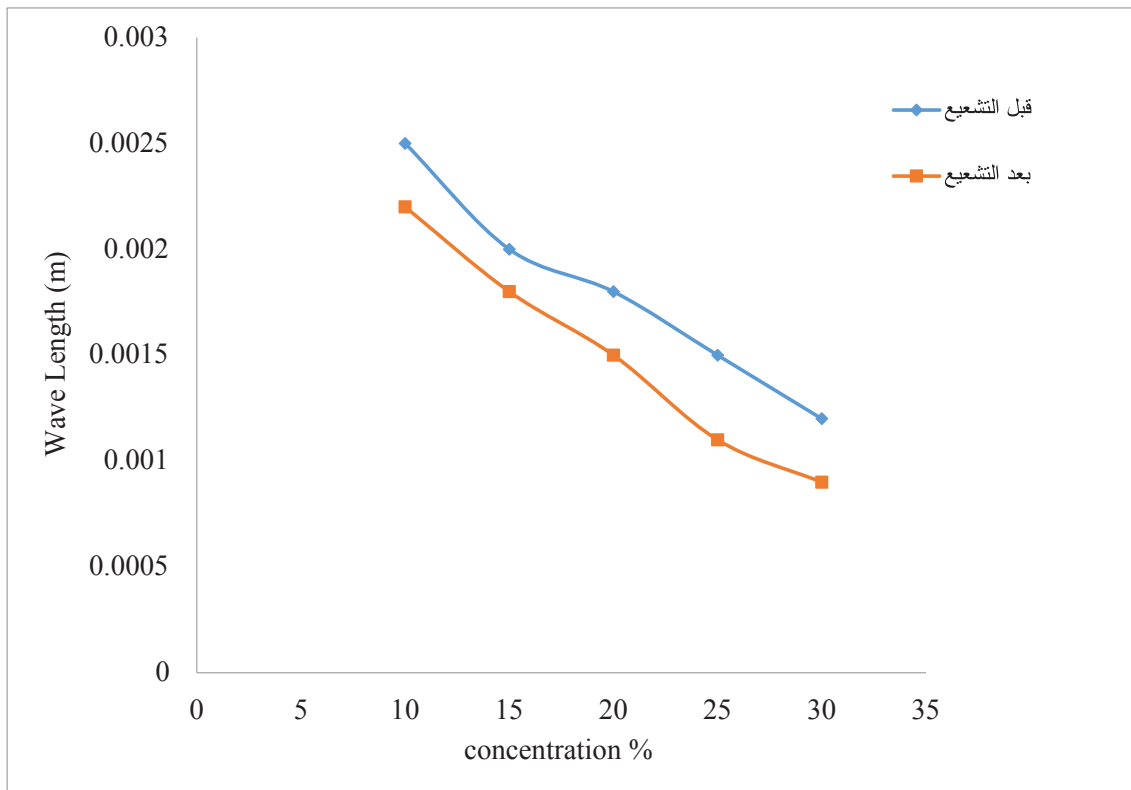
شكل (8): علاقة الانضغاطية الى التركيز



شكل (9): علاقة زمن الاسترخاء الى التركيز



شكل (10): علاقة سعة الاسترخاء الى التركيز



شكل (11): علاقة الطول الموجي الى التركيز

“International J. of Earth Science “2•3•88-92,(2013).

- [11] P.J.Coghill• D.Giang,“Ultrasonic velocity measurments in powders and their relationship to strength in particles formed by agglomeration” ,”Powder Technology “, **208**,694-701,(2014).
- [12] T.Hornowski ,A.Jozefczac and A.Skumiel ,”effect of poly ethelene glycol coating on the acoustic properties of bio compatible magnetic fluide” ,”Int. J. Thermo. Phys.”, **31**,70-76,(2010).
- [13] J.Formageau ,E.Brusseau ,D.Vary and G.Gimenez, “characterization of PVA cryogel for intravascular ultrasound elasticity imaging”, “IEEE transactions on Ultrasonic ferroelectrics”, **50**,10,1318-1324,(2003).
- [14] P.K.Kohatgi,T.Matsunaga and N.Gupta, “Compressive and Ultrasonic properties of polyester fly ash composites” , “J.Mater. Sci.” , **44**,1485-1493, (2009).
- [15] S.K.Hassun , “Ultrasonic study and visco relaxation of PVA” ,”British Polymer Journal” ,**21**,333-338,(1989).

المصادر References

- [1] B. Hall & V. John «Non-destructive testing» ,Mac Mill Ed.,LTD , (1988).
- [2] Ahlam N. «Ultrasonic pulses technique applied to dynamic elastic modulus measurement» «J. of Engineering &Technology» ,**13**•3,(1994).
- [3] S. Mindess ,”Acoustic emision & Ultrasonic pulses velocity of concreet” ,**4**•3, (1982).
- [4] K. Naoichi•S.Sasajima•H.Ito,“J. of the society of material science” ,japan energy society,**27**(293):157-161,(2008).
- [5] B.Rie ,M.Briet ,C.Collin ,”Assessment of pulse wave velocity” ,Artery Research, **3**•1,3-8,(2009).
- [6] J.Lamb ,”Physical Acoustics” ,john wiely & sons,Inc,2•N.Y.,(2007).
- [7] S.J. Al-Ani ,”Acostica J.” , **83**•213-255,(2006).
- [8] A.J. Al-Bermany , “Education College J.” ,**1**•5,(2010).
- [9] L.J.Sato ,K.Ichidure ,S.Asano ,S.Akeda ,M.Oshima and A.Tabata,“Eur. Polymer J.” ,**41**•547,(2005).
- [10] M.A.Asad ,S.Kar ,Suitability of bentonite clay,