استقصاء تأثير درجة الحرارة على بعض الخصائص الريولـوجية والكهربائية لبوليمر(البولي ستايرين)

م.م.شيماء هادي خضير
كلية التربية/جامعة بابل

الخلاصة :

تم في هذا البحث دراسة بعض الخواص الريولوجية (الكثافة واللزوجة) والخواص الكهربائية (التوصيلية الكهربائية والتوصيلية المولارية ودرجة التفكك) لبوليمرالبولي ستايرين المذاب في التلوين بتراكيز gm/ml%0.1 الى gm/ml 0.9%عند درجات الحرارة^{0}C (20,30,40,50).أظهرت النتائج بان قيم الكثافة واللزوجة لمحاليل البوليمر تزداد مع زيادة التركيز بينما تتناقص بزيادة درجة الحرارة وأظهرت نتائج قياسات الخواص الكهربائية بأن التوصيلية الكهربائية تزداد مع زيادة التركيز بينما التوصيلية المولارية ودرجة التفكك تسلك سلوك معاكسا". أما بالنسبة لتأثير درجة الحرارة فقد وجد ان هذه الخواص تزداد بزيادة درجة الحرارة وهذه النتائج تقترح وجود اتحاد داخلي بين جزيئات البوليمر والمذيب وكذلك بين جزيئات البوليمر نفسها .

Abstract :

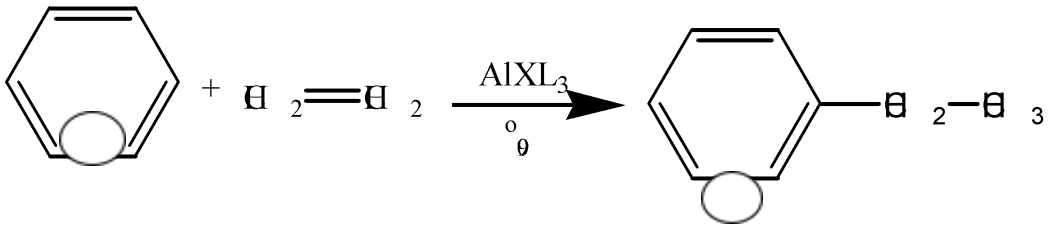
In this work ,A studied Some of Rheological properties (density , viscosity) and some Electrical prosperities (conductivity , molarconductivity and degree of dissociation)for polymer(polystyrene) disolved in Toluene for 0.1gm\ml% to 0.9gm\ml % concentrations in temperature (20 – 50) ^{0}C. .Results show an increase of density and viscosity with increasing of concentration of this polymer .When decrease of most Rheological properties with increase of temperature.

The results of show Electrical measurements an increase Electrical Conductivity with increase of concentration of this polymer when molar conductivity and degree of dissociation decrease with increase of temperature. This results suggest there in association between polymer and solvent molecules and also there is association between polymer molecules it self .

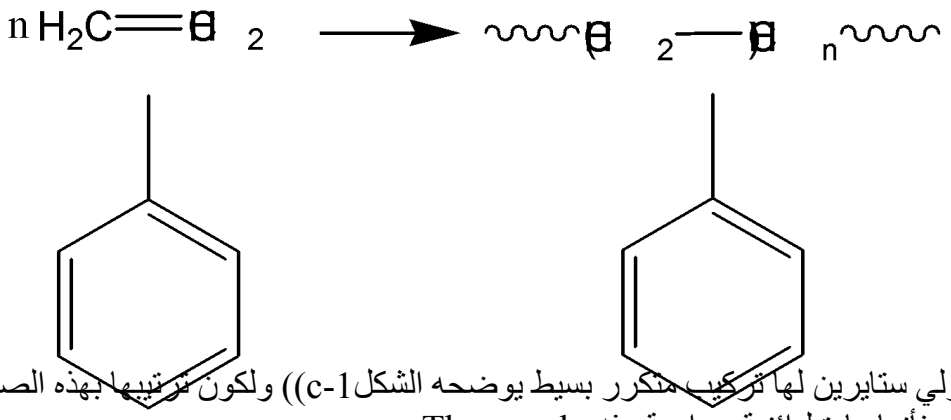
1- المقدمة Introduction

يعد البولي ستايرين من البوليمرات الزجاجية المهمة صناعياً. بدأ إنتاجه صناعياً في أواخر الثلاثينات وهو من البوليمرات الرخيصة نسبيا و يعد من البلاستيكات المطاوعة للحرارة تبلغ درجة انتقاله الزجاجية 100°C وهو يقاوم فعل الكثير من المواد الكيميائية كالحوامض والقواعد ويذوب في العديد من المذيبات مثل البنزين والتلوين والميثانول والكيتون وقد استعملنا في هذا البحث التلوين وله الكثير من الاستخدامات البلاستيكية كصناعة الأغراض المنزلية وفي صناعة البلاستيك المسامي الصلد ومن استعمالات البولي ستايرين المحولة إلى لدائن منها أكياس ورقائق التغليف وأجزاء السيارات والأواني والعبوات والقناني بمختلف أنواعها و الحقائب وصناديق الأمتعة و لعب الأطفال وأنابيب المياه وإطارات أبواب الثلاجات والمجمدات وغيرها (**ال ادم ، 1989**) .

يحضر البولي ستايرين من الستايرين وهذا يحضر من البنزين والاثيلين وذلك بامرار الاثيلين في البنزين تحت ضغط وبوجود كلوريد الألمنيوم كعامل مساعد كما في الشكل (1-a): حيث يتحول المونومير (جزيئة ذات وزن جزيئي واطئ وتمتلك آصرة مزدوجة) إلى بوليمر دون أن يحصل ناتج عرضي . هذا المبدأ معتمد ومستخدم في المواد اللدائنية الحرارية الأساسية مثل البولي ستايرين (مالكوم,1984) كما في الشكل(1-b) .



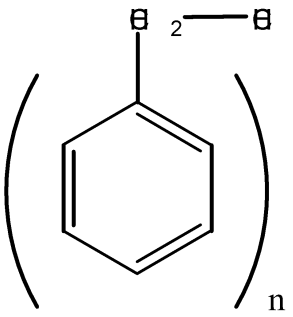
حيث يتحول المونومير (جزيئة ذات وزن جزيئي واطئ وتمتلك آصرة مزدوجة) إلى بوليمر دون أن يحصل ناتج عرضي . هذا المبدأ معتمد ومستعمل في المواد اللدائنية الحرارية الأساسية مثل البولي ستايرين (مالكوم,1984) كما في الشكل(1-b) .



إن البولي ستايرين لها تركيب متكرر بسيط يوضحه الشكل1-c)) ولكون ترتيبها بهذه الصورة من صفة البوليمر الخطي فأنها مادة لدائنية حرارية Thermoplastic .

Styrene

Poly Styrene



شكل (1-c)
يوضح تركيب البولي ستايرين

إن الموقع المعين لحلقة البنزين ، فهي تكون بترتيب عشوائي بصورة كافية لإعاقة عملية التبلور(مالكوم,1984).وبسبب خاصية "Chain Stiffening Effect"لحلقة البنزين فانT_{gS} للمواد التجارية تكون بدرجة حرارة (90-100° C) وتبعا لذلك فان قيمة Tgهذه مضاف إليها الطبيعة العشوائية للبوليمر هو الذي يعطي خاصية لتكون المادة صلبة وشفافة عند درجة حرارة الغرفة (الربيعي,2005). ان وجود حلقة البنزين المتكونة تركيب البولي ستايرين تجعله يمتلك أكثر تفاعلية مع المذيب الهيدروكاربوني مثل البنزين والتلوين (ال ادم ,1983).

إن مادة البولي ستايرين عبارة عن مادة لدنة حراريا وان معامل انكسارها يساوي 1.6 يجعل منه مادة لدنة مفيدة في صناعة العدسات ولها خواص عديدة مرغوب فيها تكون هذه البوليمرات شفافة سهلة التلوين والتصنيع والتكييف وتمتلك خواص حرارية وميكانيكية جيدة نوعا ما ودرجة ليونتها اقل من) 100°C الربيعي,2005). أما عيوب البولي ستايرين منها تتأثر بالمذيبات العضوية ، تتأثر بضوء الشمس حيث تحلل أشعة UV)) الموجودة في ضوء الشمس الأواصر البنزيلية في البوليمر كما أن الأوكسجين الجوي يستطيع مهاجمة الهيدروجينات البنزيلية فيها. هشة لا تتحمل الضغوط العالية ودرجة تلينها واطئة نسبيا مما يحدد استخداماتها(**بلمير, 1971) .** بالاضافة الى ذلك فان هدف البحث هي المساعدة على ايجاد بدائل لهذا البوليمر المستخدم في الكثير من الصناعات ومعرفة أحسن تركيز يستفاد منه في التطبيقات الصناعية وتحسين هذه الخواص بأتجاه يخدم الجانب العلمي والصناعي .

2-الخصائص الريولوجية

Rheologyical Properties

اللزوجة القصية هي إحدى خواص السائل وتعبر عن المقاومة التي تعانيها جزيئات السائل عند حركتها. وتقاس لزوجة المحلول المخفف عادة باستعمال جهازقياس 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: Al-Bermany,1995)).

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

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) أوبويس (poise) .

الخصائص الكهربائية: ***Electrical Properties***

***التوصيلية الكهربائية**

Electrical conductivity

أن جسيمات المواد المذابة تتآلف من أجزاء موجبة وسالبة، وأن هذه الأجزاء تتوجه بشكل قانوني تحت تأثير المجال الكهربائي وهي توضع على هيئة سلاسل يتجه فيها الجزء الموجب من كل جسيم نحو الكاثود، بينما الجسيمات السالبة نحو الأنود. إن التركيب الكيميائي للبوليمر ذو تأثير محدد في حركة الأيونات إذ تزداد توصيلية البوليمرات بزيادة درجات الحرارة اعتماداً على المعادلة(M.Serin,2003):

$$\partial = Ae^{-\Delta u / RT} \quad \partial = Ae^{-\Delta u / RT} \qquad \text{.....} \quad (2)$$

(A) ثابت يعتمد على معكوس الحرارة $(A\alpha \frac{1}{T})$ ، (R) ثابت العام للغازات ، (Δu) طاقة التنشيط.

وتعتمد التوصيلية بصورة أساسية على وجود الأيونات الحرة غير المرتبطة كيميائياً مع الجزيئات الكبيرة، وفي حقيقة الأمر أن هذه الجزيئات الكبيرة لا تشارك في التوصيلية (البيرماني ,2004). لذا فأن التوصيلية تعتمد على عاملين أساسيين هما حاملات الشحنة (n) وقابلية الحركة (μ_x) حسب المعادلة :

$$X = q\bar{n}M_x \qquad \text{.....} \quad (3)$$

*** التوصيلية المولارية:** ***Molar conductivity*** (Λ)

تعرف التوصيلية لإلكتروليت ما على أنها النسبة بين توصيلية المحلول إلى تركيز المحلول المولاري،(حنا ,1992) كما في العلاقة الآتية:

$$\Lambda = \frac{X}{C_m} \qquad \text{.....} \quad (4)$$

*** درجة التفكك:** ***Degree of Dissociation (D.D).***

أول من وضع نظرية التحليل الكهربائي هو العالم ف.جرونوس إذ أوضح أن جسيمات المواد الذائبة تتألف من أجزاء موجبة وسالبة، وعمل بطريقة علماء عدة حتى جاء العالم س.ارينيوس عام (1887) وبنى فرضية التفكك الكهربائي، إذ أشار إلى أن جزيئات الأملاح والأحماض والقواعد أثناء ذوبانها بالماء تتعرض إلى

تفكك تتحول جراءه إلى أيونات. ويدخل مع الأيونات في مركبات غير ثابتة(حنا ,1992). وتمثل درجة التفكك الجزء المتفكك من مول واحد من المحلول في حالة الاتزان Soldki,1983)) وتعطى بالعلاقة:

$$D.D = \Lambda / \Lambda_0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث (Λ_0) تمثل التوصيلية المولارية عند التخفيف اللانهائي، ويتم الحصول عليها من رسم العلاقة البيانية بين الجذر التربيعي للتركيز $(\sqrt{C})$ والتوصيلية المولارية (Λ) وأن نقطة تقاطع المنحني مع محور الصادات تمثل (Λ_0) Soldki,1983)). إذ قيمة (Λ) أصغر من (Λ_0) أي درجة التخفيف حسب قانون استولد $(0 \leq D.D. \leq 1)$ (البيرماني ,2004).

الجانب العملي Part Experimental

تم تحضير أوزان مختلفة من البولي ستايرين من ((0.1 gm\ml -0.9gm\ml لغرض الحصول على محاليل البوليمربوزن جزيئي Mv=90000)) وتمت أذابة هذه الاوزان في 100ml من التلوين عاى جهاز المحرك المغناطيسي الدوار Magnetic stirrer بدرجة حرارة (90) لتسريع عملية ذوبان البوليمرفي التلوين و لمجانسة المحلول .

ولقاس الكثافة استعملت قنينة الكثافة سعة 50ml لقياس محاليل البوليمر المذاب في التلوين كما تم استعمال ميزان رقمي حساس نوع satorrious , ثم قياس لزوجة المحاليل باستعمال مقياس اللزوجة نوع Ostwald ولمدى درجات حرارية من (20-50 ^{0}C).

وتم اخذ قراءات التوصيلية الكهربائية لمحاليل البوليمر باستعمال جهاز رقمي نوع (alpha 800) من صنع شركة (coortelond.Ltd.inpover English) يحتوي على مجسين أحدهما خاص لقياس درجة الحرارة والاخر لقياس التوصيلية الكهربائية وبنسبة خطأ (0.0002 ±) حيث تمت هذه القياسات عند تردد مقداره (20 KHz).

تم السيطرة على درجة الحرارة باستخدام جهاز الثرموستات من صنع شركة (phywe) يعمل يفولتية (220V) ويتكون من حوض مغلف بطبقة من الفلين لحمايته من الاهتزازات الخارجية مزود بجهاز تسخين وتبريد وخلاط وتمت القياسات عند مدى درجات الحرارة20-50 (^{0}C) .

4- النتائج والمناقشة : Results and discussion

يوضح الشكل (1) تأثير تغير التركيزعلى الكثافة المقاسة لمادة البولي ستايرين المذاب في التلوين ويتضح بأنها علاقة خطية ويمكن تفسير هذه الزيادة في قيم الكثافة الى زيادة كتلة المحلول لوحدة الحجم ، والى الانتفاخ الحاصل في جزيئات البوليمر داخل المحلول أي تداخل جزيئات المذيب مع جزيئات البوليمر. (العبادي ,1995) وهذا يتفق مع ما حصل عليه الباحثون (الطيار ,1990و (Rajulu2000 عند دراستهم للبوليمرات (بولي كلوريد الفاينيل ,بولي كاربونايت)

أما بالنسبة الى تأثير درجات الحرارة حيث يلاحظ من الشكل (2) نقصان الكثافة للتركيز (0.5gm/ml%)) بزيادة درجة الحرارة وذلك لان أرتفاع درجة الحرارة سيؤدي الى تمدد السائل البوليمري وبالتالي نقصان قيمة الكثافة (Hassun,1990).

تم حساب قيم اللزوجة القصية باستعمال العلاقة (1) والشكل (3) يوضح الزيادة الخطية للزوجة مع زيادة التركيز ويعود سبب ذلك الى زيادة عدد الجزيئات وحجمها بزيادة التركيز وبالتالي زيادة قوى الاحتكاك الناتجة من الحركة الدورانية والانتقالية بين جزيئات البوليمر وجزيئات المذيب 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

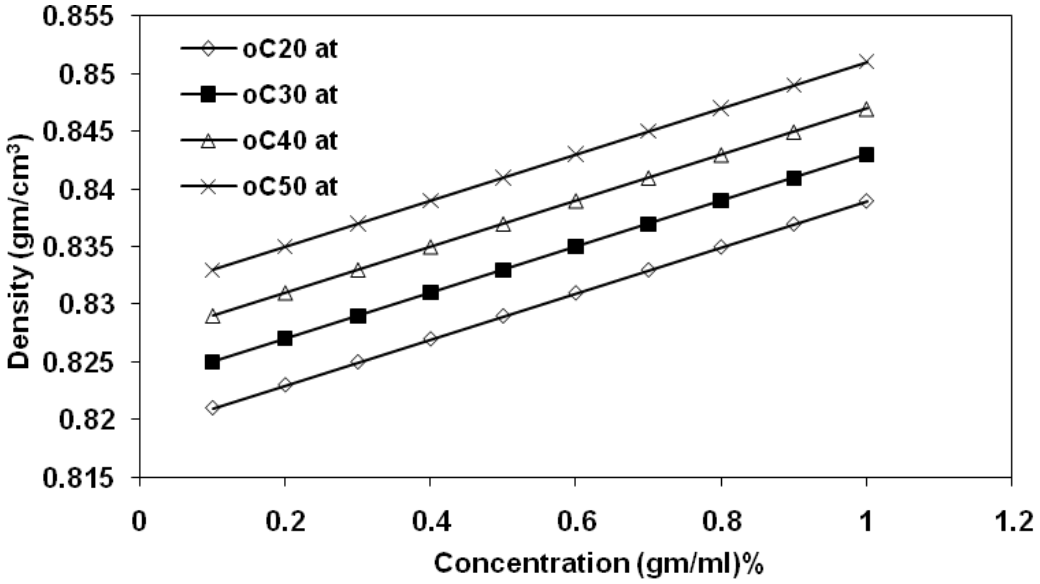
والمذيب. وقد لوحظ أن هنالك زيادة ملحوظة في قيم اللزوجة عند التركيز (0. 5gm\ml%) وما بعده وهذا السلوك يناظر ما حصل عليه البـاحثون (العبادي،Al-Bermany,2003 &,1995 &Hassun *et al,1989*) وسبب ذلك يعود إلى زيادة تكويـن الأواصر الهيدروجينية بين البوليمر المتفكك والماء التي تؤدي إلى تكوين تراكيب شبكية أو جيلاتينية (البيرماني ,2004).

ويظهر من الشكل (4) تناقص قيمة اللزوجة القصية مع زيادة درجة الحرارة بسبب تناقص الكثافة وتمدد المحلول كلما زادت درجة الحرارة (J.wojturski,1998) اما الشكل (5) يوضح زيادة التوصيلة الكهربائية مع زيادة التركيز ويعود سبب ذلك الى الزيادة الناتجة من تغيير في درجة التأين فان تسليط مجال كهربائي يؤدي الى الخلخلة الشحنات في جزيئات البوليمر غير القطبي وجعلها متنافرة اي ظهور ثنائيات قطب محتثة قابلة للتوصيل الكهربائي وبالتالي زيادة التوصيلية لمحاليل البوليـــــمر مع زيادة التركيز (M 2003 serin.) وهذه النتائج تتفق مع ما حصل عليه الباحثون(Al-Bermany,2003&Mansor,1996) عند دراستهم لبوليمراتPVA,CMC))

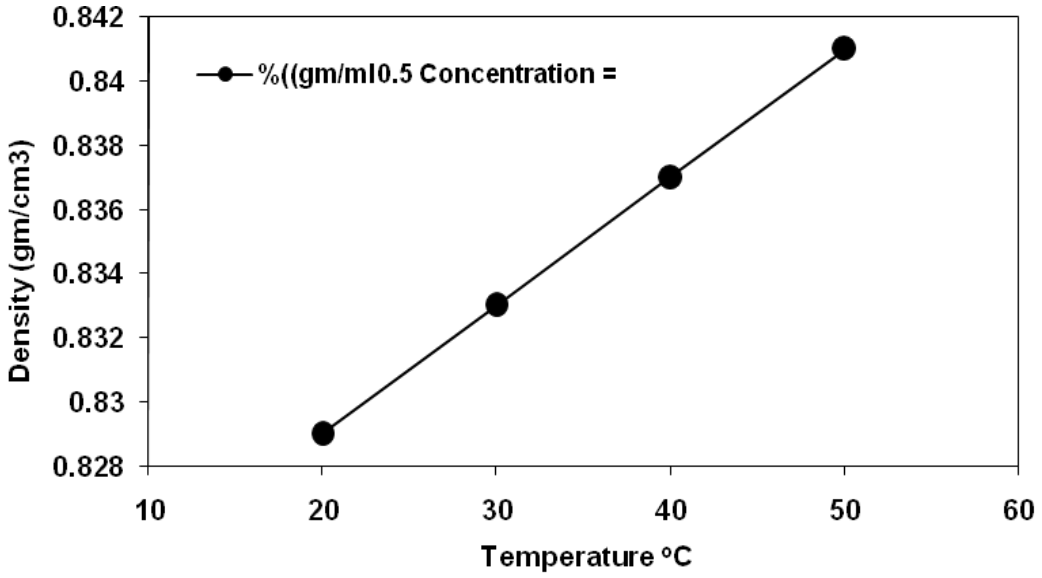
ويوضح الشكل (6) زيادة التوصيلية الكهربائية مع درجة الحرارة وذلك بسبب زيادة الطاقة الحركية للايونات في المحلول وبالتالي تزداد حركتها التي تؤدي الى زيادة التوصيلة الكهربائية بالاضافة الى التناسب الطردي بين التوصيلية ودرجة الحرارة وحسب العلاقة (2) (J.Gines, 2003)

تم حساب قيم التوصيلية المولارية نظرياً من العلاقة (4) والشكل (7) يوضح علاقة التوصيلية المولارية مع الجذر التربيعي للتركيز، إذ يلاحظ من الشكل نقصان قيم التوصيلية المولارية مع زيادة التركيز، وسبب ذلك يعود إلى أن المحاليل المخففة لا يحدث فيها تفاعل بين الجزيئات، والتنافر الكهروستاتيكي المتولد يؤدي إلى نقصان الترابط الجزيئي بين جزيئات البوليمر والمذيب التي تؤدي إلى زيادة أبعاد البوليمر وبالنتيجة إلى إبطاء حركة الأيونات وهذا لا يحصل في التراكيز العالية وكذلك إلى التغير في التأثيرات المتبادلة التي تحصل بين الأيونات، إذ أن كل أيون في المحلول محاط بعدد كبير من الأيونات المعاكسة له بالشحنة وتحت تأثير قوى خارجية على المحلول سوف تسبب حركة الأيون المركزي إلى الأمام للتخلص من هذا الجو الأيوني الذي يحاول إرجاع أو جذب الأيون بسبب الشحنة المعاكسة، فضلاً عن أن الأيون المركزي يتحرك إلى الأمام باتجاه الحيز الذي يحوي على زيادة من الأيونات التي تحمل نفس نوع شحنة الأيون المركزي مما يجعله يعاني تنافراً مع بقية الأيونات، وهذه تسبب إعاقة فعلية في حركة الأيون المركزي. أما في حالة التراكيز الخفيفة فيصبح الجو الأيوني أقل مما يؤدي إلى زيادة التوصيلية في هذه التراكيز. وهذا هو سبب زيادة التوصيلية المولارية عند التراكيز الخفيفة. (الميالي ,2001) وهذه النتائج مشابهة لنتائج الباحثين (النصراوي,1998&، . Al-Bermany,2003)

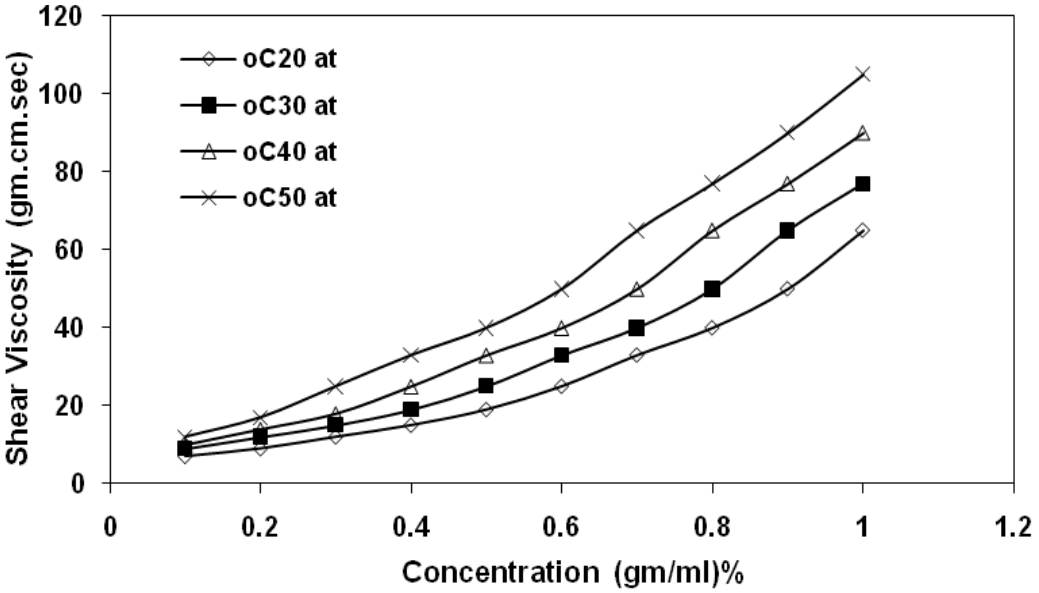
تم حساب قيم درجة التفكك أو الانحلال بعد الحصول على قيم التوصيلية المولارية عند التخفيف اللانهائي عندما (C=0) وذلك من خلال تقاطع المنحني في الشكل (7) مع المحور الصادي وتعويضها بالمعادلة (5). الشكل (8) يوضح نقصان درجة تفـكك البوليمر مع زيادة التركيز وهذه الـنتائج تتفق مع ما حصل عليه الباحثون (Al-Bermany,2002 ،&العامري,2003&النصراوي, 1998) وسبب ذلك أن قانون استولد للتخفيف ينص على أن درجة التفكك للألكتروليتات تزداد مع زيادة درجة التخفيف للمحاليل ويمكن أن نحصل على حالة تفكك كاملة عندما يصل التخفيف إلى قيمة لانهائية ، والمحاليل المخففة جداً يمكن اعتبارها محاليل أليكتروليتية قوية إذ أن درجة التفكك تحدد بالمدى $(0 \le D.D \le 1)$. اما زيادة درجة الحرارة ساعد على زيادة الجذور الحرة في محاليل البوليمر ومن ثم زيادة درجة تفكك البوليمر مع زيادة درجة الحرارة (Serin , 2003, Gines , 2003) .



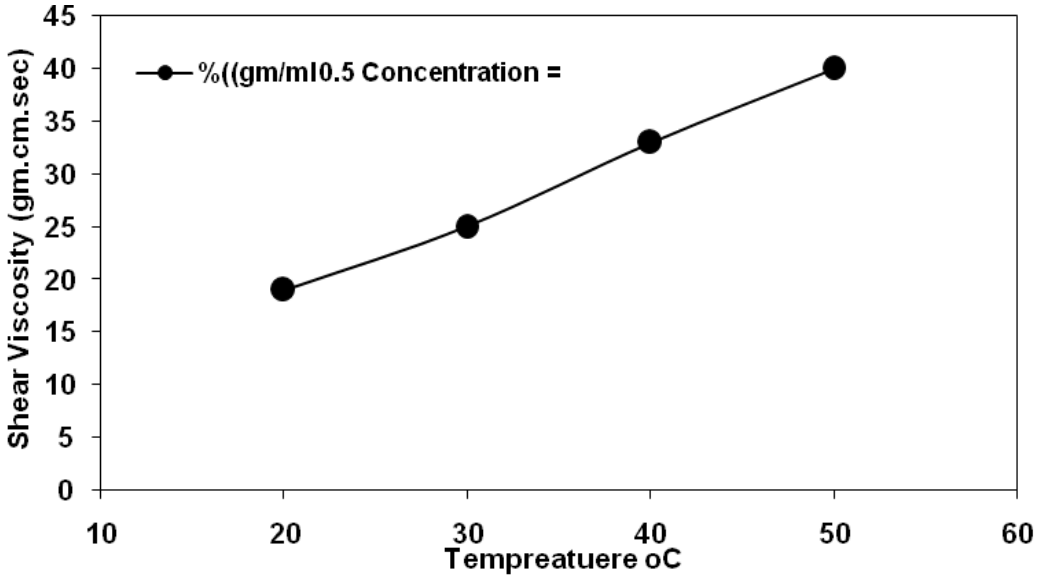
شكل (1) يوضح تغير الكثافة مع التركيز



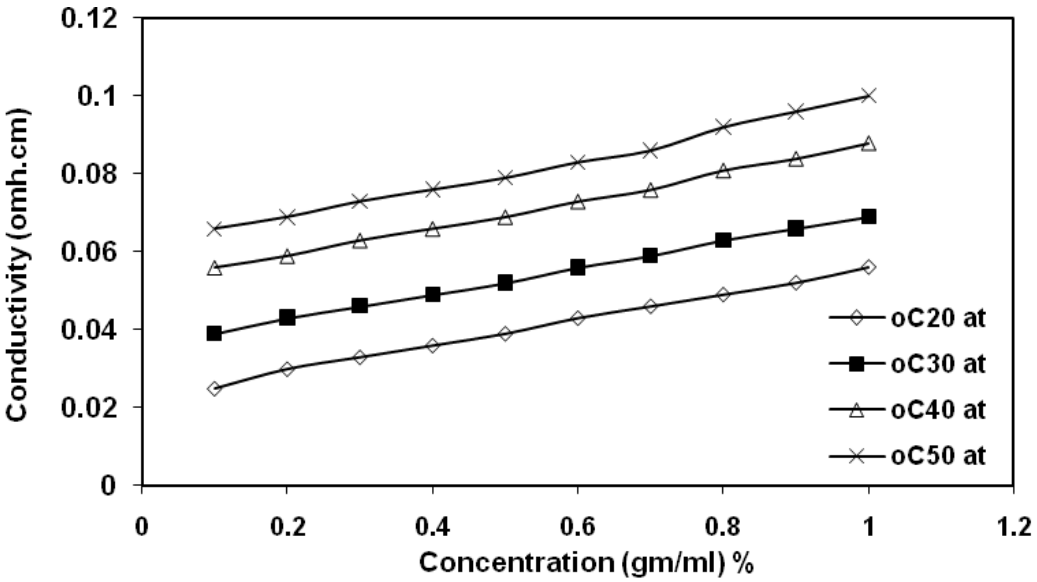
شكل (2) يوضح التغير بين الكثافة ودرجة الحراه



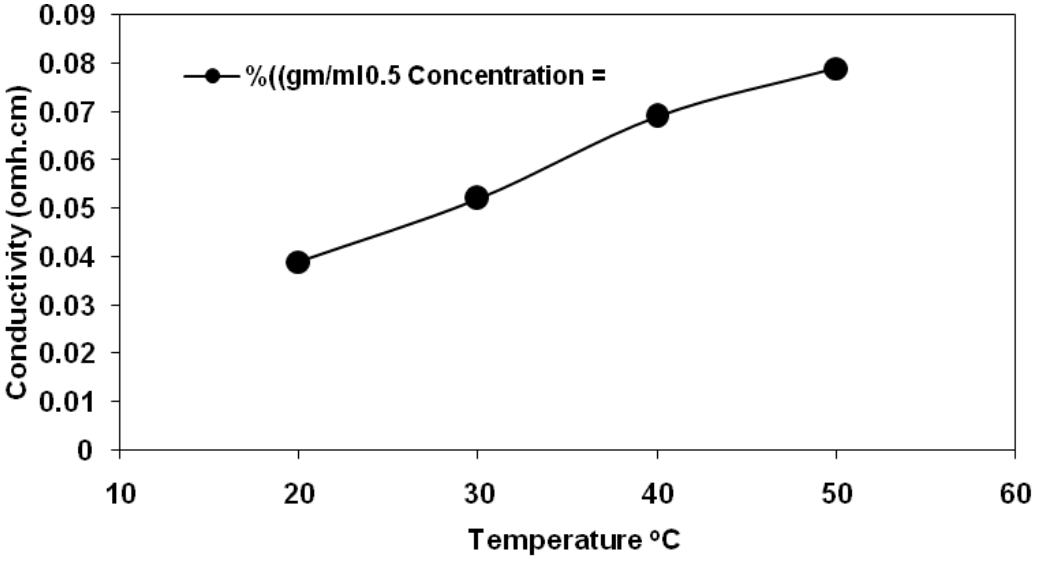
شكل (3) يوضح تغير اللزوجة القصية مع التركيز



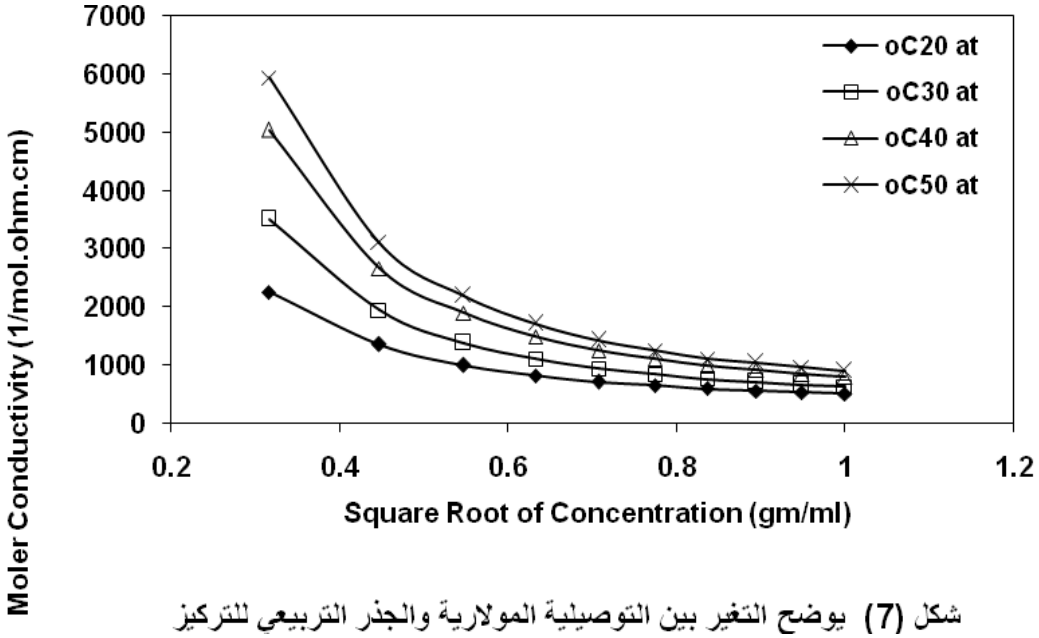
شكل (4) يوضح التغير بين الزوجة القصية مع درجة الحرارة



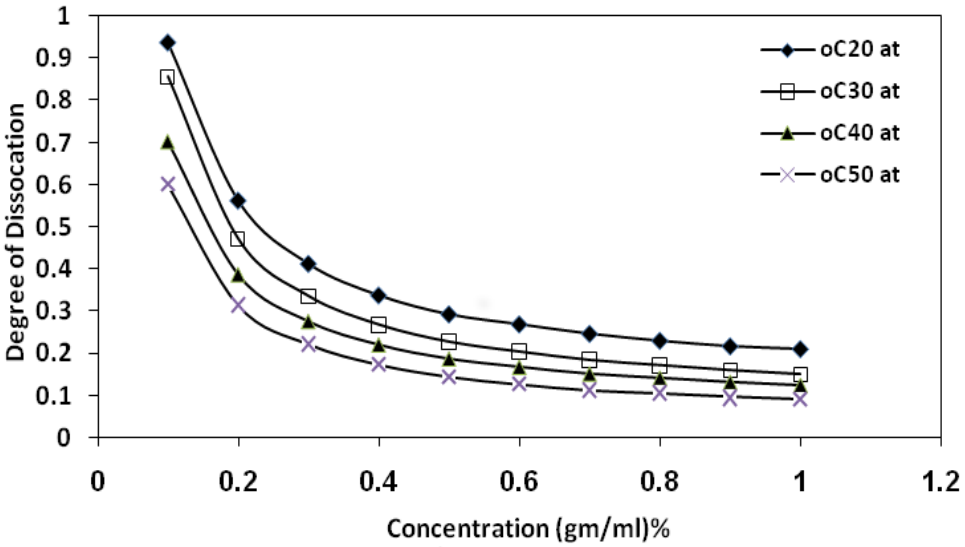
شكل (5) يوضح التغير بين التوصيلية الكهربائية والتركيز



شكل (6) يوضح التغير بين التوصيلية الكهربائية ودرجة الحرارة للبوليمر



شكل (7) يوضح التغير بين التوصيلية المولارية والجذر التربيعي للتركيز



الشكل (8) يوضح التغير بين درجة التفكك والتركيز

الاستنتاجات Conclusion

في هذا البحث تم أستنتاج ما يلي :

1- تبين ان هذه البوليمرات تظمر تغيرا مستمرا في خواص الريولوجية والكهربائية مع زيادة التركيز ولمختلف درجات الحرارة .

2- ان التداخل بين نوعين من الجزيئات (جزيئات البوليمر والمذيب) هو المسؤول عن الزيادة الحاصلة في حجم الجزيئات مما ادى الى تكوين تراكيب معقدة بين جزيئات البولي ستايرين والتلوين.

3-تزداد قيم التوصيلية الكهربائية لهذه المحاليل بزيادة درجة الحرارة بسبب تناقص لزوجة المحلول وضعف أرتباط الايونات بجزيئات المذيب .

4- معرفة مدى قابلية هذه المحاليل على تحمل التاثيرات الخارجية مما يستهدف على أختيار أنسب تركيز يستفاد منه في التطبيقات الصناعية .

المصادرباللغة العربية Refrence

1. ال آدم ، كوركيس عبد و كاشف الغطاء، حسين. 1983 "تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات"، جامعة البصرة- كلية العلوم، 1983.
2. بيريادي، ذنون محمد عزيز وال آدم ، كوركيس عبد. "كيمياء الجزيئات الكبيرة المحدث"، جامعة بغداد- كلية العلوم، 1989.
3. البيرماني,احسان ضياء جواد ,"تاثير أشعة كاما في بعض الخصائص الفيزيائية لبوليمر زانثان سليلوز"رسالة ماجستير ,جامعة بابل ,كلية العلوم ,2004.
4. تاكر، أنا.أ. ، "الكيمياء الفيزيائية للبوليمرات"، ترجمة أكرم عزيز محمد، 1984.
5. حنا ، ادمون ميخائيل ، "الكيمياء الكهربائية"، الطبعة الأولى، دار الحكمة للطباعة والنشر- بغداد ص: 15-25, 1992.
6. الربيعي, شيماء هادي خضير ,"دراسة التوصيلية الحرارية وإجهاد الشد لمتراكب بوليمر –كاؤولين "رسالة ماجستير ,جامعة الكوفة, كلية التربية ,2005 .
7. فريد بلمير. "أساسيات علم البوليمر"، ترجمة د. صلاح محسن عليوي، ط2,1971. 8.مالكلوم ب.ستيفنس. "كيمياء البلمرة"، ترجمة قيس عبد الكريم إبراهيم، كاظم غياض اللامي جامعة البصرة-كلية العلوم،1984.
8. مالكلوم ب.ستيفنس. "كيمياء البلمرة"، ترجمة قيس عبد الكريم إبراهيم، كاظم غياض اللامي جامعة البصرة-كلية العلوم،1984.

9.الطيار، صباح خضر "دراسة تأثير المذيبات المختلفة على الخصائص الفيزيائية لمادة بولي كلوريد الفاينيل باستعمال تقنية الموجات فوق السمعية"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد- كلية التربية الثانية، ابن الهيثم،1990.

10العامري، صالح حسون "تأثير أشعة كاما ودرجة الحرارة في بعض الخصائص الفيزيائية لبولي ستايرين بيوتادايين"، رسالة ماجستير، جامعة بابل- كلية العلوم، 2003.

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

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

المصادر باللغة الانكليزية Refrence

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

2. Al-Bermany, A.K.J.; Al-Nesrawy, S.H.H. and Al-Geaafvy N, B.H. "Babylon University J.", V. 9, N. 3, 2003.

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

4.Mansor, B.A. "The Effect of Gamma Rays on some Physical Properties of Aqueous Solution of Polyvinyl Alcohol (PVA)", Al-Mustansiryah University, M.Sc., Thsis, 1996.

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

6.Hassun, S.K.; Hassan, N.A. and Faisel, A. "Engineering Tech. J." 12, N. 10, 1989..

7.Rajulu, A.V. and Raddy, R.L. "J. Polymeric Mater"., 5, 467, 2000.

8.Soldki, M.E. "Production, Composition and Biodegradation of Xanthan Gum", publ. by Bartlesville Energy Technology Cent. P 3-5,1983.

9. J.Gines , S. Hess , Polymer physics Scienc"8092,(2003) .

10.J . Wojturanr ski , J . Stejskal , O . Quadrat (CCACAA) k (71 , 4, 873 -882 , (1998) .

11.M . Serin , O. Cankurtaran , F, Yilmaz,"Optoelectronics Advanced Materials Materials") . J . 5,3 , (2003) .