دراسة تباين سلوك التمدد الحراري لراتنج البولي استر غير المشبع (UP)المحتوي على الفينوليك بيكالايت(PF) باستعمال تقنية التحليل الميكانيكي الحراري(TMA)

عبد الحميد رحيم الصراف
مريم اسامة عبدالكريم
قسم الفيزياء/ كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم)/ جامعة بغداد

استلم في : ٢٧ تشرين الأول ٢٠١٤ ،قبل في: ٥كانون الثاني ٢٠١٥

الخلاصة

ضبت تقنية (TMA) لدراسة سلوك التمدد الحراري لراتنج من البولي استر غير المشبع (UP) المحتوي على نسب وزنية مئوية مختلفة من الفينوليك بيكالايت، تمكنا من خلال هذة التقنية من تقدير معامل التمدد الحراري الخطي (α) للمتراكب البوليمري المحضر من ناحية وتعيين درجة الانتقال الزجاجي (Tg) له من ناحية اخرى .وقد اتضح من هذة الدراسة ان الاسراف بزيادة نسبة الفينوليك بيكالايت في مادة البولي استر المحضر ادى الى نقصان ال(Tg) . ولوحظ ان قيم (α) تزداد في الدرجات الحرارية الواطئة بينما تنخفض في الدرجات الحرارية العالية وهذا يدل على تحول المادة البوليمرية من الصفة المرنة الى الصفة اللدنة بزيادة درجة الحرارة . وان زيادة نسبة الفينوليك الى ١٥% اعطي اوطئ قيمة ل (α) مقارنة بالنماذج المحضرة الاخرى .

الكلمات المفتاحية : TMA ،معامل التمدد الحراري (α) درجة الانتقال الزجاجي ،الفينوليك بيكالايت

المقدمة

لقد اصبحت البوليمرات جزءاً اساسيا في كل مكان من حياتنا واصبح من الصعب تخيل عالمنا الحديث بدون البلاستيك "plastic" فهذا المنتوج يعد من:اصناف المواد المنزلية وقطع غيار السيارات وأطارات الطائرات والهواتف واجهزة الكومبيوتر وألاطراف الصناعية لجسم الانسان والاستعمالات الطبية مثل القلب الصناعي والعظام الاصطناعية وكذلك التطبيقات الكهربائية والاجزاء التي تدخل ضمن تصنيع المضخات والمحركات والعديد من السلع المادية الاخرى المستعملة في حياتنا اليومية [1] ،حيث ان البوليمرات تمتلك خصائص ممتازة تجعل ارتباطها بمواد اخرى ممايعطي خواص فريدة من نوعها [2]

يمكن تعريف البلاستيك بشكل عام على انها مواد عضوية ذات وزن جزيئي عال، ،وتكون بقوام صلب في شكلها النهائي [3]، هنالك نوعان رئيسان من المواد البلاستيكية،هما المواد البلاستيكية (اللدائن)الحرارية (Thermoplastic) والمواد البلاستيكية المتصلبة حراريا (Thermosets).وكلاهما ينصهران بالقولبة (Molding)التقليدية الى حدود معينة ثم يتصلبان على شكل المنتج المطلوب [4]

فالمواد البلاستيكية المتصلبة حراريا توصف بالبلاستيك الصلب ذي الترابط الشبكي يدعى (cross link) ووجود هذا الترابط يؤدي الى اعاقة السلاسل من الانزلاق الواحدة على الاخرى لذلك من الصعب اعادة نفسه مرة اخرى وبالتالي هي صلبة وغير مرنة وذلك بسبب ان نقاط الاتصال لسلسة الشبيكة يعيق تمدد السلسلة ومن اهم مميزاته لايتحول الى منصهر عند بلوغه درجة الانصهار(Tm) ولكنه يتحلل مثل Ep[5]، والعائلات البلاستيكية المتصلبة حراريا هي الفينوليكات ،اليوريافورمالديهيد، الميلامين فورمالديهيد ،الايبوكسي ،البولي استرات المتصلبة حراريا ،ومعظم انواع البولي يوريثان [4].

ينتج البولي استر من بلمرة كحولات معينة مع الحوامض وهو يتوفر بعدة اشكال (رقائق ،حبيبات ، سائل نقي) ويعد من افضل البوليمرات المتصلبة حراريا كراتنج مدعم حيث يتصف بصلابته وقوته الممتازة مع قدرتة في مقاومة الحرارة لدرجة 260°C لمدة طويلة ، كما يتمتع بمقاومة لتغيرات الظروف الجوية والكيمياوية ولمعظم المذيبات والحوامض والاملاح[6] لذلك فهو يدخل في الكثير من التطبيقات الصناعية كصناعة المواد البلاستيكية المختلفة وصناعة الرقائق(الافلام)وتحضير بعض انواع الطلاءات الواقية وفي صناعة العوازل وكمواد مركبة في صناعة هياكل الزوارق الصغيرة والطائرات وهياكل البناء والجسور[7,8]

اما الفينوليك فينتج من تفاعل الفينول Phenol [C_6H_5OH]مع الألدهيدات مثل الفورمالديهيد [H2CO] Phenol Formaldehyde، ويرمز له بالرمز (PF)نسبة للأسم العلمي فينول فورمالديهيد Phenol Formaldehyde حيث تم ابتكار هذة الطريقة عام 1909من قبل المخترع ليو بيكلاند الذي سمي على اساسه الفينوليك تجاريا اسم بكالايت Bakelite، وتكون المنتجات الفينوليكية اما محشوة او مقواة ومواد الحشوة المستخدمة في الفينوليك هي الميكا (Mica)، الصلصال (Clay)، نشارة الخشب (Flour wood)، السليولوز (Cellulose)، الالياف المعدنية (Mineral Fibers) ونتافات الاقمشة (Chopped Fabric) [4]، والفينوليك يمكن الحصول عليه كسائل للقولبة والصب والطلاء ويمكن انتاجه على شكل مركبات قلوية بلون اسود وهو من اللدائن الرئيسية في الصناعة نظرا لما يتميز به من صلادة وصلابة عندما يدعم وله عزل ممتاز ومقاومة للحرارة تصل الى260°C ومقاوم لمعظم المذيبات الشائعة والحوامض الضعيفة وقلة امتصاصه للماء لذلك يستخدم في الاجهزة الدقيقة وكذلك يستخدم في مقابض المقالي وفيش الكهرباء فهو يفضل في الصناعة لرخص ثمنه [9]

يعرف معامل التمدد الطولي الحراري بانة تقدير تغير طول النموذج بدلالة درجة الحرارة .استعملت هذة التقنية قديما في صناعة الفخار والتعدين وحاليا في المواد البوليمرية .ففي حالة البوليمرات توجد قياسات اخرى غير الطول مثل قياس نقطة الطراوة وتحولات الزجاج والتشوهات الحرارية تحت الاجهاد ومعامل الشد وغيرها لذلك يمكن استبدال تعبير التمدد الحراري باخر اوسع واشمل منه وهو التحليل الميكانيكي الحراري Thermomechanical Analysis(TMA) [10]

يربط معامل التمدد الحراري بتغير ابعاد المادة عند تغير درجة الحرارة ،لذلك يكتب على الشكل الاتي[11]

$$\alpha = \frac{1}{L_0}\frac{\partial L}{\partial T}$$

حيث L_0 هو الطول الاصلي للجسم ،Lالطول الجديد بعد التمدد،Tدرجة الحرارة

في عام (2011)اجرى الباحث .(Nabil) وجماعته دراسة تاثير قولبة وتلدين البولي استر في سلوك التمدد الحراري باستعمال تقنية التحليل الميكانيكي الحراري TMAوذلك لدراسة امكانية استعمال المتغيرات الحرارية (ΔL&α) في عمليات الاعادة والاسترجاع للبوليمر للحصول على خليط او مادة متراكبة مثالية للتطبيقات الهندسية [11]
وفي العام نفسه قام الباحث حيدر وجماعته بدراسة تاثير اضافة الزجاج في الخواص الفيزيائية للبوليمرPVCوالمتراكب PVC/PMMA حيث تم استعمال تقنية التحليل الميكانيكي الحراري TMA وتم التوصل الى ان اضافة الزجاج الى البوليمر PVC يودي الى زيادة درجة حرارة التحول الزجاجي [12]
وفي عام (2012) قام الباحثان (خالد وهدى) بدراسة تحسين المواصفات الحرارية لمتراكب الايبوكسي –تالك باودر (EP-Talc powder)باستعمال تقنية التحليل الميكانيكي الحراري TMAحيث اظهرت النتائج ان زيادة نسبة التالك قد حسنت الخصائص الحرارية ولاسيما درجة الانتقال الزجاجي كما ان قيم معامل التمدد الحراري في حالة هبوط طفيف مع ارتفاع درجة الحرارة [13]
ان الهدف الاساسي من البحث دراسة تباين سلوك التمدد الحراري لمادة مركبة ذات اساس من راتنج البولي استر غير المشبع (UP) المحتوي على الفينوليك بيكالايت (PF) بكسور وزنية مختلفة (5,8,15%wt) باستعمال تقنية التحليل الميكانيكي الحراري (TMA)

الجزء العملي

المواد المستعملة في البحث

المادة الاساس:- في هذا البحث استعمل راتنج البولي استر غير المشبع الذي يكون على هيأة سائل شفاف متصلد حراريا .يصلد هذا الراتنج باضافة مادة بيروكسيد مثيل اثيل كيتون (MEKP) اليه بنسبة (2%) بدرجة حرارة الغرفة.
مادة التطعيم :-تم استعمال مادة الفينوليك المحلي بوصفة مادة مطعمة في تحضير المادة المتراكبة البوليمرية .وهي عبارة عن مادة بلاستيكية متصلبة حراريا وتكون على شكل مسحوق ذي لون رمادي غامق

تصنيع العينات

تم استعمال تقنيه القولبة اليدوية (Hand layup modling) في تحضير عينات المتراكب البوليمري حيث تم تحضير راتنج البولي استر غير المشبع باضافه محلول مصلد اليه نسبه (٢%) بعدها تم اضافه ماده الفينوليك (PF) مع مصلده الى راتنج البولي استر وتم مزجهما معا لحين التجانس وبعد ذلك يصب المزيج في القوالب التي تم تهيأتها مسبقا. قطعت العينات لغرض اجراء التحاليل الحرارية الميكانيكية TMAبقطر 5mmوبطول 20mm

الجهاز المستعمل

تم استعمال منظومه (TMA PT 1000) في تنفيذ اختبار التحليل الميكانيكي الحراري التي تتكون من :

- حجره النموذج
- حامل النموذج
- الفرن
- المتحسسات
- المسيطر
- الحاسبة والطابعة

الشكل رقم (1)يبين منظومة التحاليل الحرارية الميكانيكية

مبدأ عمل منظومه التحاليل الميكانيكية الحرارية :

بعد وضع النموذج في مكانه داخل الماسكات وادخاله الى الحيز المخصص له في قلب الفرن الحراري تبدأ المنظومه تلقائيا بتطبيق المدى الحراري الذي تم تحديده واعداده سلفا لذلك تبدأ العينه بالتمدد او الانكماش حسب الاعدادات الموضوعه حيث يعمل المجس على تسجيل التغير في طول العينه بدقه متناهيه ومن ثم يرسل كأشاره الكترونيه الى جهاز الحاسوب الذي بدوره يحول هذه الاشاره الى بيانات واشكال مفهومه حيث تعرض بشكل مخطط بدلاله التغير بالطول ودرجه الحرارة والزمن

النتائج والمناقشة

من خلال هذة الدراسة واعتمادا على قياس التغير الحاصل في طول النماذج المحضرة من البولي استر غير المشبع(UP)الحاوي على نسب مختلفة من الفينوليك بيكالايت من (5%_15%).ومن خلال النتائج المستحصلة تمكنا من معرفة ان ارتفاع درجة حرارة النماذج المحضرة في الدرجات الحرارية مابين (20℃_200℃)هي العامل الاساس في حدوث زيادة الطاقة الحرارية للجزئيات في السلسلة البوليمرية مصحوبة بمعدلات انفعال كبيرة نسبيا اثناء عملية التسخين ،ما يؤدي في النهاية الى حدوث تغير لدن كبير يسبب زيادة الطول القياسي للنماذج المحضرة (شكل رقم2)، إذ أن هنالك

حدود معينة من النسبة المئوية للاستطالة الحرارية لمادة البولي استر غير المشبع الذي يحتوي على نسب مختلفة من الفينوليك بيكالايت يمكن القبول بها (شكل رقم(a,b ٣) ومن اهمها :

*ألا تقل النسبة المئوية للاستطالة الحرارية لمادة البولي استر غير المشبع ذي النسبة 5% فينوليك بيكالايت عن ($5.3*10^{-3}$ %) وعن($1.05*10^{-3}$%) للنموذج ذي النسبة 8% فينوليك بيكالايت وعن ($0.9*10^{-3}$%) للنموذج ذي النسبة 15% فينوليك بيكالايت عن درجة حرارة 20℃

*ألا تزيد النسبة المئوية للاستطالة الحرارية لمادة البولي استر غير المشبع ذي النسبة 5%فينوليك بيكالايت عن (2.81%)وعن(2.31%) للنموذج ذي النسبة8% فينويك بيكالايت وعن (0.95%)للنموذج ذي النسبة 15%فينوليك بيكالايت عن درجة حرارةC ° 200

من جانب اخر يتضح من الشكل (٢) والشكل (٤) الذي يقودنا للتوصل الى المواصفات النوعية القريبة من الواقع التنفيذي لهذة النماذج المحضرة وهي امكانية احتساب درجة الانتقال الزجاجي Tgوفق المواصفة ASTM –E1545 من خلاله التي تبين وحسب الشكل (٤)ان قيم Tgتتناقص تبعا لزيادة النسبة المئوية الوزنية للفينوليك بيكالايت في جسم البولي استر،كما نلاحظ من الشكل ان قيمة Tgهي 60 ℃ للنموذج ذي النسبة 5% فينوليك بيكالايت و29 ℃للنموذج ذي النسبة 8% فينوليك بيكالايت و23 ℃ للنموذج ذي النسبة 15%فينوليك بيكالايت.

بما ان درجة الانتقال الزجاجي تعتمد على حركة مجاميع الذرات والجزيئات في المادة اللدائنية فبالتالي كلما تعقد الربط وازدادت قوة الاواصر امتلكت المادة اللدائنية (Tg) اعلى حيث انها سوف تحتاج الى طاقة اعلى لتحريك المجاميع الجزيئية [14] ،وان وجود مادة الفينوليك بيكالايت داخل البوليمر ولو بنسب قليلة قد عمل على اضعاف القوى بين الجزئيات مما ادى ان تكون الطاقة اللازمة لتكسير الاواصر قليلة بحيث ان زيادة درجة الحرارة قد تؤدي الى حركة الوحدات الابتدائية للسلاسل الجزيئية وارتخاء الاواصر فيما بينها ممايؤدي الى زيادة ليونة المادة[15] وبالتالي انخفاض درجة الانتقال الزجاجي كلما زادت نسبة الفينوليك بيكالايت لان ذلك يدل على تحول المادة من الاقل مرونة الى الاكثر مرونة .

ولعل هذة الحقائق ، اي ظهور تناقص في درجة الانتقال الزجاجي مع زيادة النسبة المئوية الوزنية للفينوليك بيكالايت في جسم البولي استر غير المشبع لم تكن الا مؤشراً على عمل مادة الفينوليك بيكالايت كشائبة او كحشوة في جسم البولي استر غير المشبع ، ومن الحقائق المعلومة ايضا ان كل المواد المحضرة كانت تمتلك درجة انتقال زجاجية واحدة ، الا ان هذا لا يعني بالضرورة عند مزج البولي استر بالفينوليك بيكالايت باسلوب التعاقب وبدرجة حرارة الغرفة يقود الى تكوين خلائط بوليمرية ، ولكي نستطيع تفهم وتصور هذة العملية يجب فهم طبيعة التفاعل التشابكي الترابطي (Cross Linking) من حيث علاقتة بحرارة التفاعل فالبولي استر غير المشبع تحدث عملية تحوله من مادة بوليمر اولي كمر (اي بمعنى بوليمر غير كامل البلمرة)الى بوليمر كامل البلمرة بدرجة حرارة الغرفة (25±2)، وعموما التفاعلات التشابكية (Cross Linking) وفي اثناء عملية تصلب البولي استر غير المشبع تقود الى ارتفاع درجة حرارة مزيج البولي استر ومصلده (بيروكسيد مثيل اثيل كيتون Methyl Ethyl keton Peroxide,MEKP)الى درجة حرارة بحدود ٧٥ ℃ [16]وهي درجة حرارة غير كافية لاتمام تفاعلات التشابك الترابطي للفينوليك بيكالايت التي تتم عملية القولبة فيه بدرجة حرارة اعلى من 100℃واقل من 150 ℃ كحد اقصى وبالتالي فان اضافة الفينوليك بيكالايت الى مزيج البولي استر ومصلده اثناء عملية القولبة له تكون غير كافية لحدوث التفاعل التشابكي الترابطي مابين خليط النوفولاك ومصلده(هيكسا مثيلين تترامين Hexamethylene _Tetraamine,HMTA) الذي هو المكون الاساس للفينوليك بيكالايت وهذا يتفق مع الباحثين (Adams& Hanoush)[17]اللذين اوضحا في دراستهما السابقة ان تفاعل مادة الايبوكسي مع الراتنج الفينولي المخلوط مع بعضه البعض بالتعاقب لايحدث الا في درجة حرارة 100 ℃ وكذلك يتفق مع الباحثان &Shokralla)[18] (Muaikelوالباحثة (سعاد حامد)[19] هذا يعني ان تفاعل مثل هكذا خلائط لاتكون في احد انواعه القابلية في حدوث تفاعلات التقسية بدرجة حرارة الغرفة الا بدرجة لاتقل عن 100℃.

ان هذة المؤشرات التي امكن تثبيتها في دراستنا الحالية ووفق مفهوم علم المواد تعني الحصول على مادة متراكبة بوليمرية من مزج البولي استر غير المشبع بالفينوليك بيكالايت عند النسب المستعملة وفي درجة حرارة الغرفة(٢٥±٢) وهكذا يساعد وجود مادة الفينوليك بيكالايت في جسم البولي استر في تحسين مقاومته للتمدد الحراري،فقد وجدت هذة الدراسة ومن خلال الشكل رقم (٥) مدى تأثر معامل التمدد الحراري بدرجة حرارة المادة المتراكبة المحضرة وان درجة حرارة المادة المتراكبة ضمن حدود ال100℃وما بعدها تؤثر في مقدار قيمة معامل التمدد الحراري و ان انخفاض قيم معامل التمدد الحراري(α) للبولي استر مع زيادة النسبة المئوية الوزنية للفينوليك بيكالايت وان سبب ذلك يعود الى حقيقة تفوق الراتنجات الفينولية بصورة عامة على بقية المواد البوليمرية بثباتها الحراري لكونها تمتاز بثبات حراري عال، جدا [20]

الاستنتاجات

١-عملت مادة الفينوليك بيكالايت كشائبة او كحشوة في جسم البولي استر غير المشبع
٢-ان قيم Tg تتناقص تبعا لزيادة النسبة المئوية الوزنية للفينوليك بيكالايت في جسم البولي استر
٣-وجود مادة الفينوليك بيكالايت في جسم البولي استر يساعد في تحسين مقاومته للتمدد الحراري

٤-يتأثر معامل التمدد الحراري بدرجة حرارة المادة المتراكبة المحضرة ضمن حدود ال ١٠٠ °C ومابعدها

المصادر

1 National Research Council(U.S.).Committee on polymer Science and Engineering ,(1994),"Polymer science and Engineering:The Shifting Research," National Academy Press,Washington.

2 خنساء سلمان ،صباح نوري ،احلام عبد الامير وليث محمد، (٢٠١٤)،"دراسة الخواص الميكانيكية لنظام بولي استر غير المشبع -كاربيد البورون "،المجلة العراقية للهندسة الميكانيكية ،المجلد ١٤ ،العدد ١،الصفحات (١٧٤-١٨٥).

3 Hansiurgen Saechtling and Wilhelm Beer,(1983), International plastic Handbook, Collier Macmillan , canada.

4 ترجمة واعداد المهندس :سليمان خليفة ،(١٩٩٦)،"اللدائن المقساة بالحرارة "،سلسلة شذى لعلم البلاستيك ،دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع .

5 Baddley, D.F. and Cannon, J.A.,(1988),"Progressive Engineering Materials",united kingdom

6 Biron, M. ,(2007),"Thermoplastics and Thermoplastic Composite ",1st Edition ، Burlington ، MA:Elsevier

7 Budinski, K.G. ,(1996),"Enginerring Materials ,Properties &Selection",Pretic Hall,New Jersey

8مسار نجم عبد ،(٢٠١٣)،"تاثير اضافة زجاج الشموع التالفة على بعض الخواص الميكانيكية للبولي استر " مجلة جامعة بابل / العلوم الهندسية ،المجلد ٢١ ،العدد ٣.

9 سليمان خليفة ،(1991)،"البلاستيك تصميم وانتاج "،دار دمشق للطباعة والنشر.

10 محمد ، فاضل جاسم ، (1985)،التحاليل الحرارية ،جامعة بغداد ،كلية العلوم.

11 Rmmo . N.N., Harbee .K.H and Mahdi .H.A.,(2011),"TMAand DSC study of molded and annealed polyester:a thermal expansion and crystallization evalution"Al_Mustansiriyah.

12محمد، حيدر سلمان ; حسين ،مظفر يعقوب; عباس، سمية محمد ; قاصد ،صباح عجيب ،(2011)"دراسة تاثير اضافة الزجاج على الخواص الفيزيائية للبوليمر PVCوالمتراكب PVC/PMMA"،مجلة الكوفة الهندسية ،المجلد الثالث،العدد الاول 10.

13 الراوي ، خالد رشاد ; علي ،هدى محمد جعفر ،(2012)،"تحسين المواصفات الحرارية لمتراكب الايبوكسي _تالك باودر (Ep_Talc Powder)باستخدام تقنية التحليل الميكانيكي الحراري Thermomechanical analysis(TMA)،مجلة كلية التربية الاساسية /جامعة بابل ،العدد خاص

14 Mccrum. N.G., Buckly ,C.P., and Bucknall ,C.Bb.,(1997),"Principle of Polymer Engineering "Second Edition, JhonWiley&Sons,New york

15 Thernton, P.A., and Colangelo, V.J. ,(1985)," Fundamental of Engineering Materials",prentic - HallInc,Inc

16سلمان ،علي جاهل ،(2011)،"تاثير التقوية بالالياف على الموصلية الحرارية والخواص الميكانيكية للراتجات المتصلبة حراريا "،مجلة القادسية للعلوم الهندسية ،المجلد ٤،العدد١.

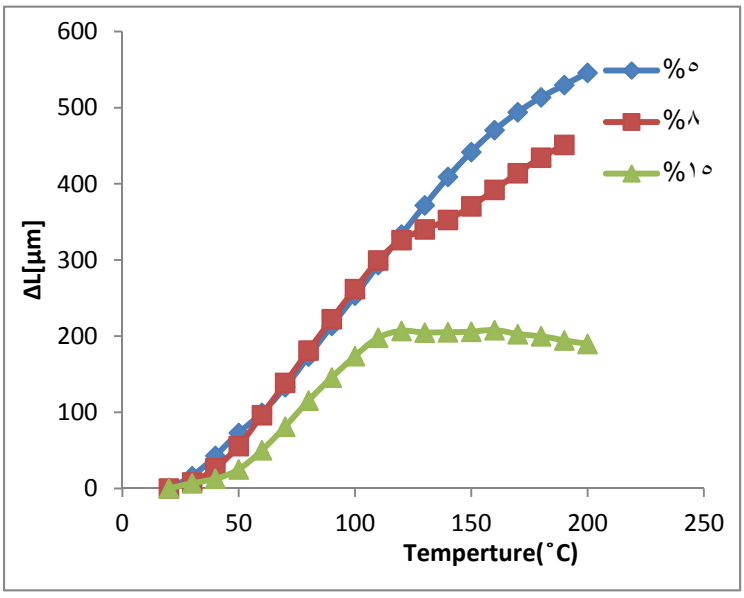
17 Adams, G.A. and Hanoush, W.S.,(1999),"Synthesis of some New sequential IPN،S of Novolac_EpoxyResins",Iraqi J.Polymer, 3, 1

18 Shokralla , S.A. and AL_Muaikel ,N.S.,(2010),"Thermal Properties of Epoxy(DGEBA)/Phenolic Resin (Novolac)Blends,The Arabian Journal for Science and Engineering , 35, 1B

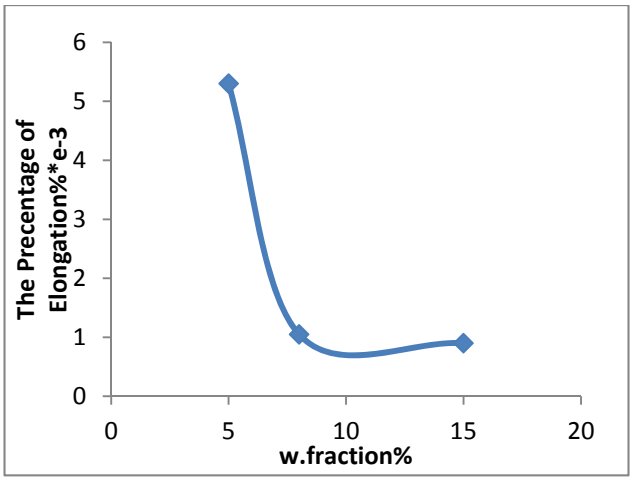
19 الربيعي، سعاد حامد العيبي ،(2008)،"دراسة تاثير درجة الحرارة على الخواص الميكانيكية لمتراكبات ذات اساس بوليمري "،رسالة دكتوراة ، كلية تربية ابن الهيثم –جامعة بغداد.

٢٠ الصافي، رولا عبد الخضر عباس ،(2001)،"دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراكباتها"،رسالة ماجستير ، قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجيا.

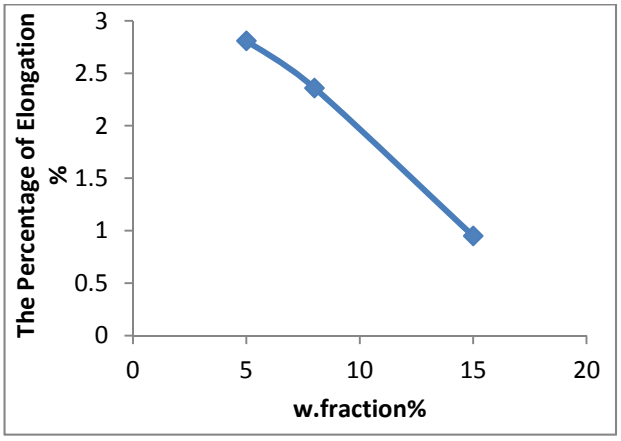
شكل رقم (١) منظومة التحاليل الميكانيكية الحرارية (TMA)



شكل رقم (٢) مقدار الاستطالة كدالة لدرجة الحرارة للتراكيز المختلفة للفينوليك بيكالايت

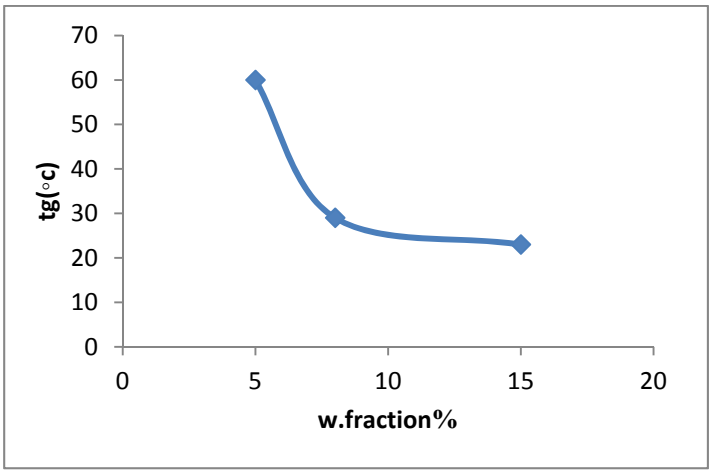


(a)

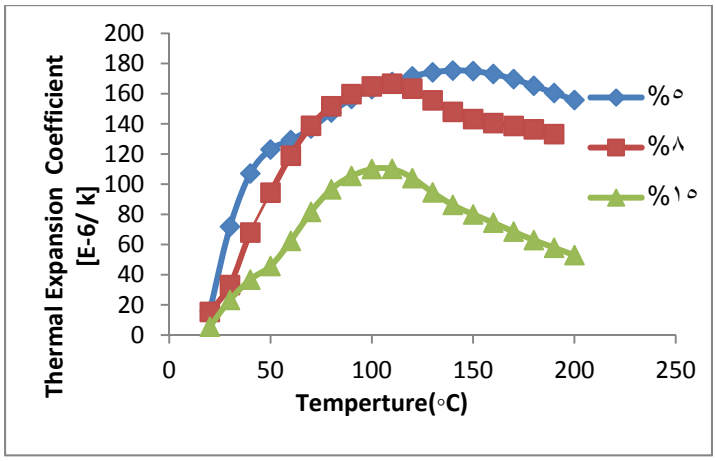


(b)

شكل رقم (3) : النسبه المئوية للاستطاله الحرارية كدالة للنسب الوزنية للفينوليك بيكالايت :(a) عند درجة حرارة ٢٠ سيليزي ، (b) عند درجة حرارة ٢٠٠ سيليزي.



شكل رقم (٤) : درجة الانتقال الزجاجي كدالة للنسب الوزنية المختلفة للفينوليك بيكالايت.



شكل رقم (٥) : معامل التمدد الحراري كدالة لدرجة الحرارة للنسب الوزنية المختلفة للفينوليك بيكالايت .

Study the Contrast of Thermal Expansion Behavior of the Unsaturated Polyester resin (UP) containing Phenolic Bakelite(PF) By Using The Thermomechanical Analysis Technique(TMA)

Abdil Hameed R. Al-Saraf
Mariam O. Abd Alkareem
Dept.of physics/College of Education for Pure Science (Ibn Al-Haitham)/University of Baghdad

Received in :27October 2014, Accepted in :5January 2015

Abstract

TMA Technique was used to study the behavior of the thermal expansion (α) of the unsaturated polyester resin(UP) containing ratios wt % of different phenolic Bakelite. We can through this technique evaluate the coefficient of linear thermal expansion (α) on the one hand and the glass transition temperature(Tg) of his other hand of polymer composite prepared .Evidenced from this study that extravagant increases the ratio of phenolic Bakelite in polyester prepared led to a decrease in the Tg and it was observed that there is increase in the values of (α) in low temperture and decrease in high temperture due to transformation of polymeric material from elastic to plastic , and therefore, increase the ratio to 15% phenolic which gave a low value of (α)compared to the other the samples prepared.

Keywords: TMA, thermal expansion coefficient, the glass transition temperature and phenolic Bakelite