دراسة تأثير الأسيتون والكحول الايثيلي على سلوك التصلب والخواص الميكانيكية لمركبات البولي استر غير المشبع

د. رامي منصور*

د. لطيفة الحموي**

رؤيا نعمان***

(تاريخ الإيداع 24 / 5 / 2021. قُبِل للنشر في 1/ 8 / 2021)

ملخّص

تؤثر مواد الإضافة مهما كانت نسبتها على سلوك منحني تصلب البولي استر غير المشبع والذي يشكل الأساس في فهم سلوك عملية التشكيل، يهدف البحث لدراسة تأثير النسب (0,2,5,10%) من الاسيتون والكحول الايثيلي على لزوجة وسلوك منحنيات التصلب للبولي استر غير المشبع إضافة للتغيرات التي تحدثها هذه النسب في خواص الشد لمنتج نهائي من البولي استر غير المشبع المسلح بطبقة من نسيج القنب.

بينت النتائج تشابه كل من الاسيتون والكحول من حيث سلوك منحنيات التصلب على الرغم من اختلاف ميكانيزم التأثير. بين اختبار اللزوجة وجود تغير نسبي منخفض في قيم اللزوجة (upr)، باختبار العينات على الشد تبين حدوث انخفاض في قيم اجهاد الشد بزيادة نسبة المواد المضافة حيث انخفض إجهاد الشد بنسبة (17.4%) عند إضافة (10%) من الاسيتون في حين سبب الكحول الايثيلي انخفاض بنسبة (55.4%) كما تبين وجود تحسن طفيف في الاستطالة عند الانقطاع ما يدل على أن هذه المواد لعبت دور ملدن بالنسبة للبولي استر غير المشبع.

الكلمات المفتاحية: منحنيات تصلب البولي استر غير المشبع ، مواد الاضافة، الاسيتون ، الكحول الايثيلي .

* استاذ – قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

** استاذ مساعد – قسم هندسة التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

*** طالبة دكتوراه – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

Study the Effect of Acetone and Ethyl Alcohol on the Curing Behavior and Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Composites

Dr. Rami Mansour*
Dr. Latifeh Alhamwi **
Roya Noman ***

(Received 24 / 5 / 2021. Accepted 1 / 8 / 2021)

□ ABSTRACT □

The additives effect the behavior of unsaturated polyester curing curves, which forms the basis of understanding the behavior of formation process, regardless of their ratio.
This research aims to study the effect of percentages (0,2,5,10%) of acetone and ethyl alcohol on the viscosity and behavior of the unsaturated polyester curing curves, in addition to the changes caused by these percentages in tension properties for the finished product of unsaturated polyester reinforced with a layer of jute.
The results showed the similarity of curing curves behavior of the acetone and alcohol although the mechanism effect is different.
The viscosity test shows that there is a low relative change in the values of the viscosity of UPR. By testing the samples on tensile strength, it was found that there was a decrease in the tensile stress values with the increase in percentage of Additives, as the tension decrease by (17.4 %) when adding (10%) acetone, while alcohol caused a decrease by (55.4%), it was also found that there was a slight improvement in the elongation at break, indicating that these materials played a plasticizer role for the UPR.

Keywords: unsaturated polyester curing curves, Additives, acetone ,ethyl alcohol.

* **Professor - Designing and Production Department- Faculty of Electrical & Mechanical Engineering- Tishreen University- Lattakia- Syria.**
** **Associate Professor - Designing and Production Department- Faculty of Electrical & Mechanical Engineering- Tishreen University- Lattakia- Syria.**
*** **Ph.D. Student- Faculty of Electrical & Mechanical Engineering- Tishreen University- Lattakia- Syria.**

مقدمة:

تؤثر مواد الإضافة مهما كانت نسبتها على سلوك منحني تصلب البولي استر غير المشبع، والذي يشكل الأساس في فهم سلوك عملية التشكيل لما يقدمه من معلومات أساسية حول البارامترات المميزة كزمن المرحلة التحريضية، درجة حرارة بدء التجلتن أو التصلب، الزمن اللازم لحدوث التصلب، ودرجة الحرارة العظمى الناتجة عن التفاعلات الحاصلة في مزيج (UPR) [1].

يؤثر على سلوك منحني التصلب عدة عوامل تجعل من الصعب جداً قوننة هذا السلوك نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر نسبة ونوع مادة التشبيك المستخدمة والتي تعتبر بحد ذاتها مادة مذيبة تساهم في إعطاء (UPR) اللزوجة المناسبة و تتراوح عادةً بين (30%) حتى (45%) ونتيجة لذلك تختلف لزوجة (UPR) ومجالات استخدامه من الصب المباشر في قوالب محضرة مسبقاُ (Casting) حتى الانتاج باستخدام طريقة الدهان اليدوي (Hand – lay up) أو البخ (Spry –up) إضافة لمجمل المكونات الأخرى التي تدخل في تركيب المادة الرابطة كمانعات التصلب أثناء التخزين والتي تعتبر مادة حافظة والمواد الأخرى المضافة لأهداف تصنيعية [2].

يتم التعامل بحذر مع كمية مواد التشبيك المضافة للبولي استر غير المشبع، وهي في هذا البحث مادة الستيارين التي تلعب دور المذيب، وتساهم بإنشاء جسور رابطة عرضية بين جزيئات البولي استر وتشكيل الشبكة ثلاثية الأبعاد في كتلة المنتج النهائي، يتحقق هذا عادة باستخدام المادة البادئة البيروكسيدية التي تقوم بفتح الروابط المشتركة الموجودة في كل من جزيئات الستيارين وجزيئات البولي استر القصيرة مما يسمح بارتباطها ببعضها البعض مشكلةً بالمحصلة الجملة الشبكية اللاعكوسة [3].

تشير الدراسات المرجعية [4,5] إلى تأثر نشاط التفاعلات الحاصلة في جملة المزيج باختلاف نسبة مواد الإضافة المستخدمة وتعتبر من الدراسات التي تتناول تأثير بعض أنواع المذيبات على لزوجة البولي استر غير المشبع دون تغيير محتويات مادة الأساس التي تتألف عادة من البولي استر غير المشبع مضافاً لها المادة الشابكة.

تتوفر دراسات مرجعية [6,7,8] عن استخدام الاسيتون في الترطيب المسبق لألياف التسليح دون أن تتطرق إلى دراسة تأثير هذه المادة على خواص التصلب والخواص الميكانيكية للمنتج النهائي.

يشكل التحكم بعملية تصلب (UPR) هدفاً أساسياً للعاملين في مجال البلاستيك المسلح ذو الأساس البوليميري (UPR). ولذلك فإن اللزوجة عند التصنيع تعتبر بارامتر أساسي لاسيما عند التصنيع بطريقة التشكيل بالخلخلة بالضغط (vacuum) حيث يكون من الضروري تحقيق الملء الكامل لحيز القالب مع مراعاة الترطيب الجيد والمتجانس لكافة أطرافه [9].

أهمية البحث وأهدافه:

استناداً لما سبق ذكره فإن الهدف الرئيس للبحث هو دراسة تأثير بعض مواد الإضافة مثل الاسيتون والكحول الايثيلي باعتبارها مواد إضافة معدلة لمادة (UPR) على منحنيات التصلب وتحديداً على القيم المميزة لمنحنيات التصلب ومدى تأثير هاتين المادتين على لزوجة المزيج بالتالي فإن أهداف البحث تمثلت بدراسة تأثير النسب المختلفة لكل من الاسيتون والكحول الايثيلي على:

1- قيم اللزوجة.

2 –القيم المميزة لمنحنيات التصلب.

3 –الخواص الميكانيكية للمركب النهائي.

طرائق البحث ومواده:

1- مادة البولي استر غير المشبع تحوي على (1.5% MEKP + 0.5 % cobalt nafthanate)

ولها الخواص التالية بدرجة حرارة الوسيط المحيط عند الاختبار:

الخصائص	المواصفات	الواحدة
الحالة	سائل لزج وردي اللون	
اللزوجة عند الدرجة 21C	1-0.08	Pa.S
زمن التجلتن عند إضافة 1.5% من مادة MEKP	20-15	Min
درجة الحرارة الأكسوثرمية العظمى عند إضافة 1.5% من مادة MEKP	146	C

2- المادة البادئة: بيروكسيد الميثيل إيثيل كيتون (MEKP) نوع Butanox -M-50.

3- المادة المسرعة: محلول الكوبالت نفتنات الحاوي على نسبة 6 % كوبالت.

4- مادة الاسيتون المطروحة في الأسواق المحلية.

5- مادة الكحول الايثيلي المطروحة في الأسواق المحلية.

6- نسيج القنب : متوفر في الأسواق المحلية بشكل أكياس لتعبئة المحاصيل الزراعية.

طرق الاختبار والأدوات المستخدمة:

تم إنشاء منحني العلاقة (درجة الحرارة- الزمن) باستخدام طرائق تقليدية بجو غير معزول حرارياً (غير أديباتي) بدرجة حرارة الوسط المحيط بين (20-25 C) ، حيث تم وضع مادة البولي استر في كأس من البلاستيك من ثم أضيف لها النسب المختارة من المواد المذيبة مع كل من المادة البادئة والمسرعة وفق النسب المذكورة في البحث، تم تحريك الخليط يدوياً لمدة لا تتجاوز الدقيقة الواحدة وقد استخدم للقياس ما يلي:

أ- ميزان زئبقي مدرج حتى الدرجة (200 C).

ب – ميقاتية لقياس الزمن.

ج- ميزان دقيق بدقة قياس تصل حتى (0.001 g).

❖ قياس اللزوجة:

تم قياس اللزوجة بطريقة الكرة الساقطة والتي تعتمد على حساب سرعة سقوط كرة صغيرة من الحديد بكثافة($2\ g/cm^3$) ونصف قطر (0.003 m) ضمن مسافة معلومة ومحددة على اسطوانة مدرجة تحوي السائل اللزج المراد قياس لزوجته، بعد ذلك تم التعويض في قانون ستوكس المعطى بالعلاقة :

$$\eta = \frac{2gr^2}{9v}(\rho k - \rho f)$$

حيث:

η : اللزوجة . (Pa.s) . ρ_k : كثافة الكرة (g/cm^3).

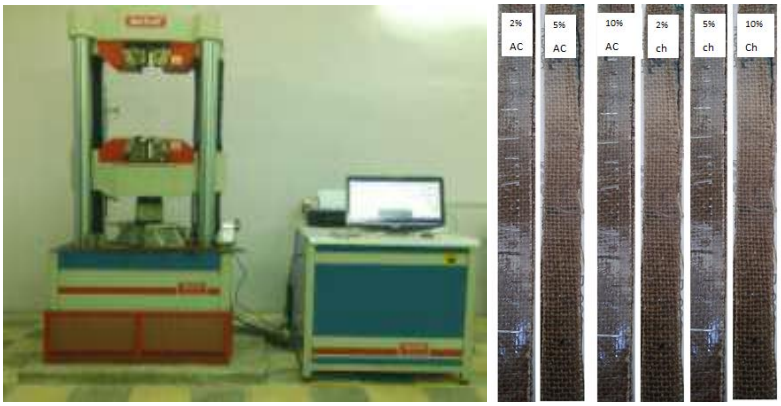
ρ_f: كثافة السائل (g/cm^3). g : الجاذبية ($9.81\ m/s^2$).

v: سرعة الكرة في السائل (m/s).

❖ اختبار الشد:

من أجل اختبار الشد تم بالطريقة اليدوية (Hand – lay up) تحضير عينات من البولي استر غير المشبع المسلح بطبقة واحدة من نسيج القنب مع النسب المختارة من مواد الإضافة.

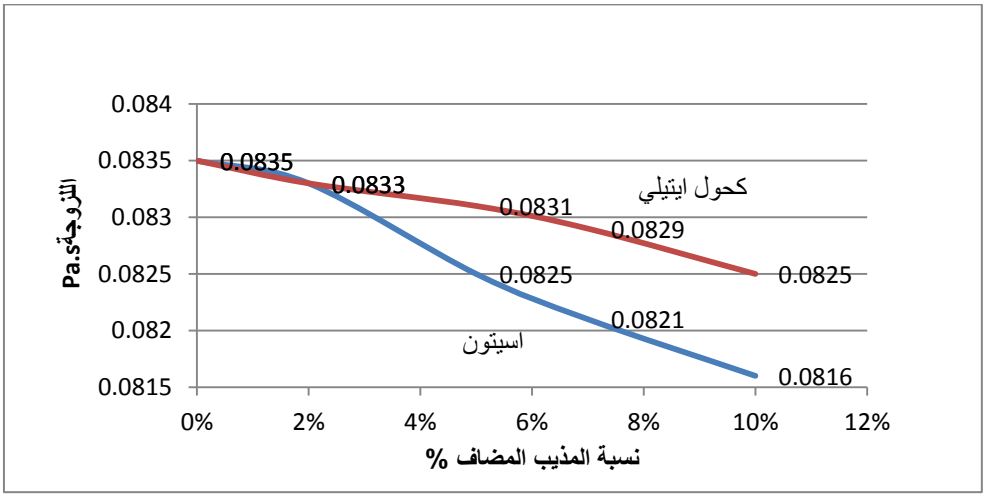
بعد تمام التصلب تم اقتطاع عينات مستطيلة بأبعاد cm (20x2) من الألواح المحضرة وإجراء الاختبارات على آلة شد نوع (iber test) في مخابر كلية الهمك بجامعة تشرين، سرعة الاختبار (5 mm/min) استناداً للمواصفات القياسية (ISO 6259).



الشكل (1) – صورة عينات الشد المحضرة وآلة اختبار الشد المستخدمة .

النتائج والمناقشة:

أظهرت نتائج قياس اللزوجة بدلالة كل من الاسيتون والكحول الايثيلي لمركبات من (UPR) الحاوية على نسب ثابتة من الكوبالت والمادة البادئة القيم المبينة في الشكل (2).

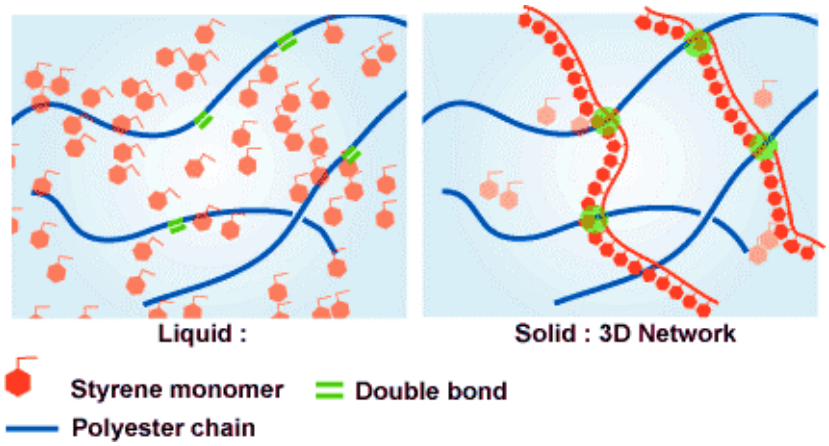


الشكل (2) – منحنيات تغير قيم اللزوجة للبولي استر غير المشبع بدلالة كل من الاسيتون والكحول الايثيلي – كافة المركبات تحتوي على 1.5% بيروكسيد MEKP

كما هو واضح من الشكل (2) يلاحظ حدوث انخفاض بقيم لزوجة البولي استر غير المشبع السائل بزيادة نسبة كل من الكحول الايثيلي والاسيتون، ويلاحظ أن تأثير الاسيتون أكبر بالمقارنة مع تأثير الكحول الايثيلي، وأن مقدار الانخفاض النسبي الحاصل بقيم اللزوجة يبلغ (1.197%) عند إضافة الكحول بنسبة (10%) وتبلغ (2.275%) عند إضافة نفس النسبة من الاسيتون، وعلى الرغم من التغير النسبي الصغير بقيم اللزوجة إلا أن هذه النتيجة تؤكد الدور المذيب لهذه المواد، وأنه من الممكن استخدامها إذا اقتضت الضرورات التكنولوجية في تخفيف لزوجة (UPR). تؤكد هذه النتيجة أيضاً ضرورة رصد التغيرات الحاصلة في الخواص الفيزيائية والميكانيكية بهدف التحديد الدقيق لإمكانية استثمار مثل هذه المواد في الصناعة عند الضرورة.

تعتبر تفاعلات التصلب الحاصلة بين مكونات مزيج (UPR) من التفاعلات الناشرة للحرارة [10] .

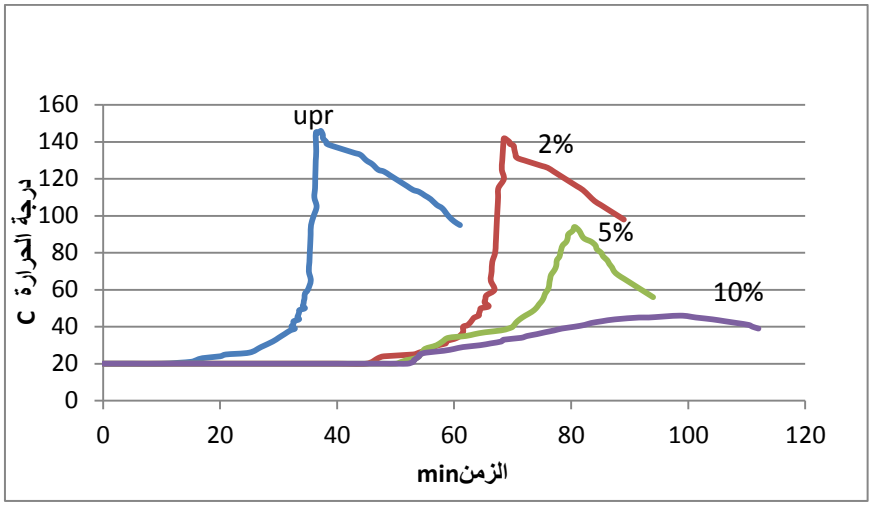
تبدأ التفاعلات بين مكونات المزيج عند إضافة المادة البادئة (initiator) التي تساهم بفتح الروابط المشركة بين جزيئات البولي استر القصيرة (oligomer) ، وكذلك فتح الروابط المشتركة في البولي ستيارين الذي يساهم في تشكيل الجسور العرضية بين جزيئات البولي استر غير المشبع الطويلة وبالمحصلة الحصول على منتج نهائي ذو بينة شبكية ثلاثية الأبعاد لا عكوسة. يوضح الشكل (3) ميكانيزم تشكل هذه البنية الذي يبين آلية عملية التصلب وتشكل البنية الشبكية الفراغية.



الشكل (3) – آلية عملية التصلب وتشكل البنية الشبكية الفراغية للبولي استر غير المشبع [11].

تمر التفاعلات الحاصلة بين مكونات المزيج بعدة مراحل تمثل بمنحني العلاقة الواصف لتغير درجة حرارة المزيج بالنسبة للزمن.

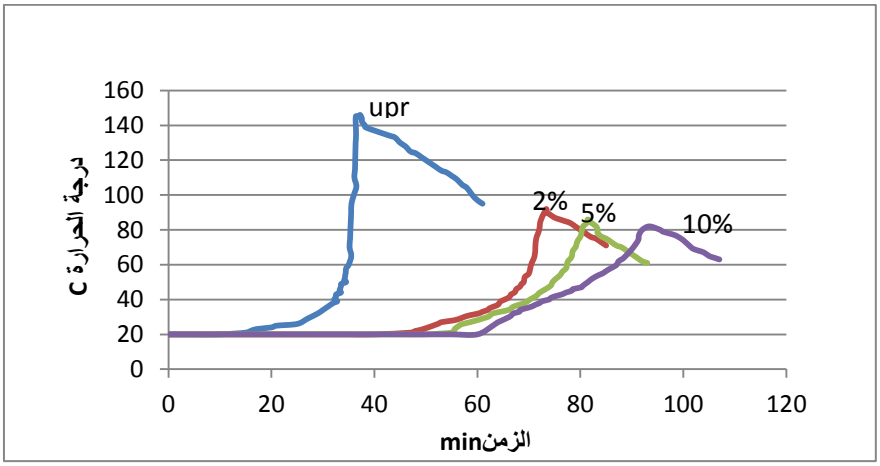
أظهرت دراسة منحنيات التصلب وجود تأثير واضح لمواد الاذابة المستخدمة على هذه المنحنيات، ويبن الشكل (4) منحنيات التصلب لمركبات البولي استر غير المشبع الحاوية على نسبة ثابتة من المادة البادئة (1.5%) ونسبة ثابتة من المادة المسرعة الكوبالت نفتنات (0.5%) ، حيث يلاحظ انخفاض في درجة الحرارة العظمى بزيادة نسبة الاسيتون وزيادة كل من درجة حرارة التجلتن وزمن المنطقة التحريضية.



الشكل (4) – منحنيات التصلب لمادة البولي استر غير المشبع بدلالة نسب مادة الاسيتون المضافة

تعتبر هذه التغيرات هامة جداً بالعملية التكنولوجية لأنها تعطي امكانية التحكم بالعملية الانتاجية، فانخفاض درجة الحرارة العظمى هام جداً لأنه يخفض من حدة التفاعلات الكيميائية الحاصلة بين مكونات المزيج أثناء حادثة التصلب، والتي تعتبر بحد ذاتها السبب الرئيس في نشوء الاجهادات والتشوهات الداخلية. لذلك يعد تخفيض الحرارة العظمى مطلب أساسي خاصة عند إنتاج قطع ذات أحجام كبيرة وبالتالي ينبغي أخذها بعين الاعتبار من الناحية التصنيعية [12].

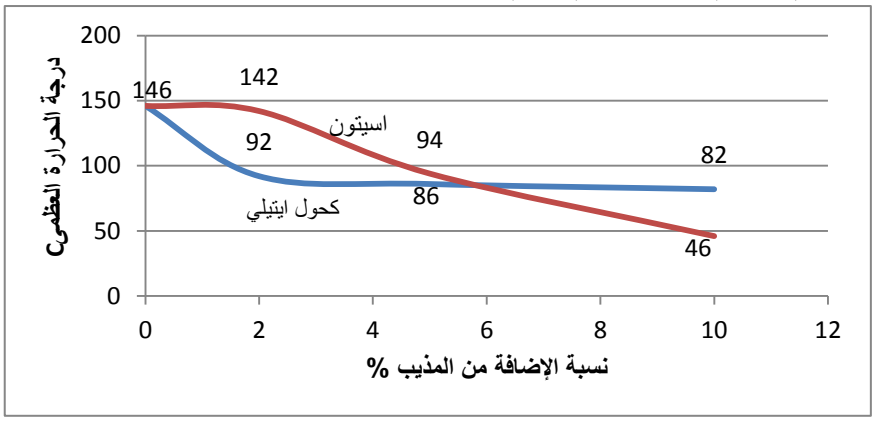
بنفس الأسلوب تم دراسة تأثير الكحول الايثيلي على منحنيات التصلب ويظهر الشكل (5) منحنيات التصلب لمادة (UPR) بدلالة نسبة الكحول الايثيلي المستخدم، ويبين الشكل (5) أن تأثير إضافة الكحول الايثيلي على منحنيات التصلب مشابه لتأثير سلوك الاسيتون ، حيث نلاحظ حدوث انخفاض طفيف بدرجة الحرارة العظمى عند زيادة نسبة الكحول الايثيلي مع استمرار حدوث تغيرات واضحة بالقيم المميزة لهذه المنحنيات.



الشكل (5) – منحنيات الصلب لمركبات البولي استر غير المشبع بدلالة نسبة الكحول الايثيلي

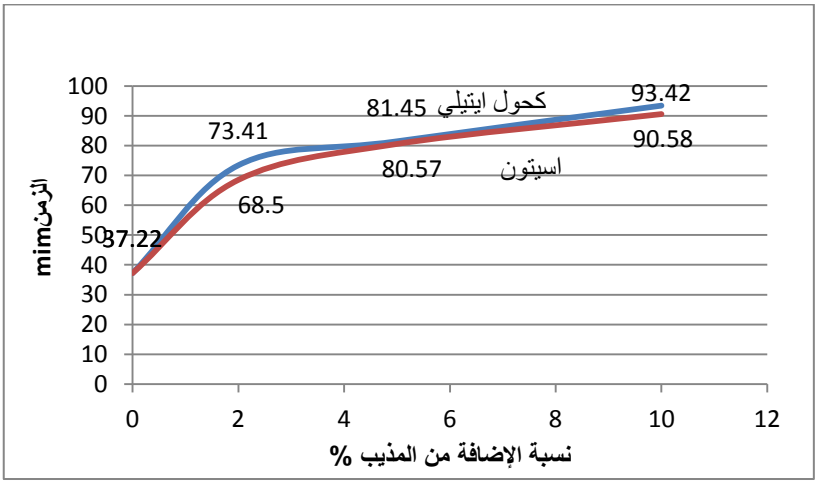
يبدو واضحاً من الشكل (6) ميل قيم درجة الحرارة العظمى (Tmax) للتناقص بزيادة نسبة المواد المذيبة مع ملاحظة حدوث استقرار بقيم درجة الحرارة عند استخدام الكحول الايثيلي (بعد النسبة 2%)، كما يلاحظ ثبات نسبي بقيم

(Tmax) باستمرار زيادة النسبة المضافة من الكحول، في حين هناك استمرار في تناقص قيم (Tmax) بزيادة نسبة الاسيتون لتبلغ الدرجة (46 C°) عند النسبة (10%) للاسيتون.



الشكل (6) – منحنيات تغير درجة الحرارة العظمى T_{max} بدلالة نسبة كل من الأسيتون والكحول الايثيلي لمركبات UPR الحاوية على نسب ثابتة لكل من البيروكسيد والمسرع

إن هذه المقارنة تؤكد التأثير الذي تبديه كلتا المادتين على درجة الحرارة العظمى وتؤكد من جهة أخرى وجود اختلاف بميكانيزم التأثير عند استخدامهما بعملية التصنيع، وأنه لا داعي لاستخدام نسب أعلى من (2%) من الكحول الايثيلي إذا كان الهدف من الاستخدام تهدئة حدة التفاعلات الحاصلة بين مكونات المزيج على الرغم من تطابق منحنيات زمن الوصول للدرجة العظمى كما هو مبين بالشكل (7) حيث يلاحظ حدوث تطابق في مسارات المنحنيات مما يدل على أن كلتا المادتين الأسيتون والكحول الايثيلي لا تؤثران على زمن انتهاء التصلب وإنما تختلفان بميكانيزمات التأثير.



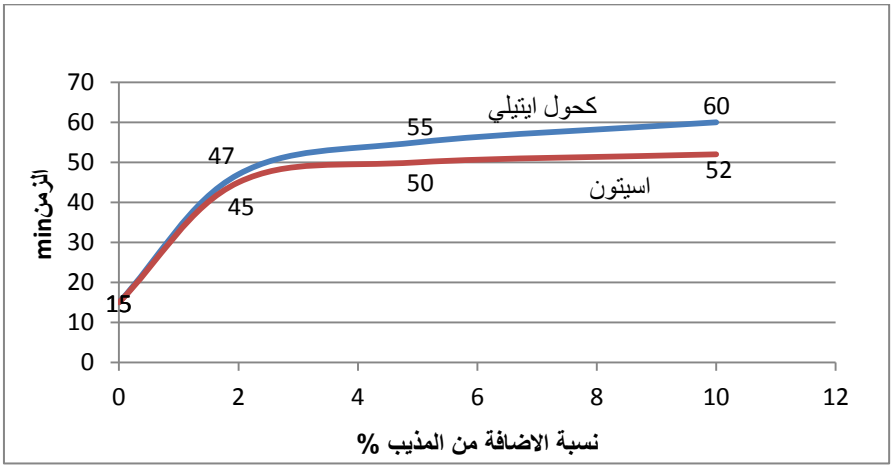
الشكل (7) – منحنيات تغير زمن الوصول للدرجة T_{max} بدلالة نسبة كل من الاسيتون والكحول الايثيلي لمركبات UPR الحاوية على نسب ثابتة لكل من البيروكسيد والمسرع

استناداً للنتائج المبينة في منحنيات التصلب أصبح واضحاً أن الاسيتون والكحول الايثيلي يلعبان دور المواد المهدئة بالنسبة لـ (UPR) كما تساهم مهما بلغت نسبتها بحدوث تغيرات في سلوك منحنيات التصلب بالرغم من القيم المنخفضة للتغير النسبي الحاصل في اللزوجة والتآلف الكبير بين هذه المواد والبولي استر السائل عند مزجهما ببعضهما البعض.

بهدف القراءة الدقيقة لتأثير كل من الاسيتون والكحول الايثيلي على القيم المميزة لمنحنيات التصلب تم إنشاء منحنيات تغير درجة حرارة التجلتن بدلالة النسب المضافة لكل من الاسيتون والكحول الايثيلي. يبين الشكل (8) منحنيات تغير زمن التجلتن (t gel) بدلالة النسب المضافة. وكما هو واضح أن تأثير الكحول الايثيلي أفضل مقارنةً بالأسيتون إذ أن زمن الوصول لمرحلة بدء التصلب أكبر عند كل النسب على الرغم من التشابه الواضح في مسارات المنحنيين.

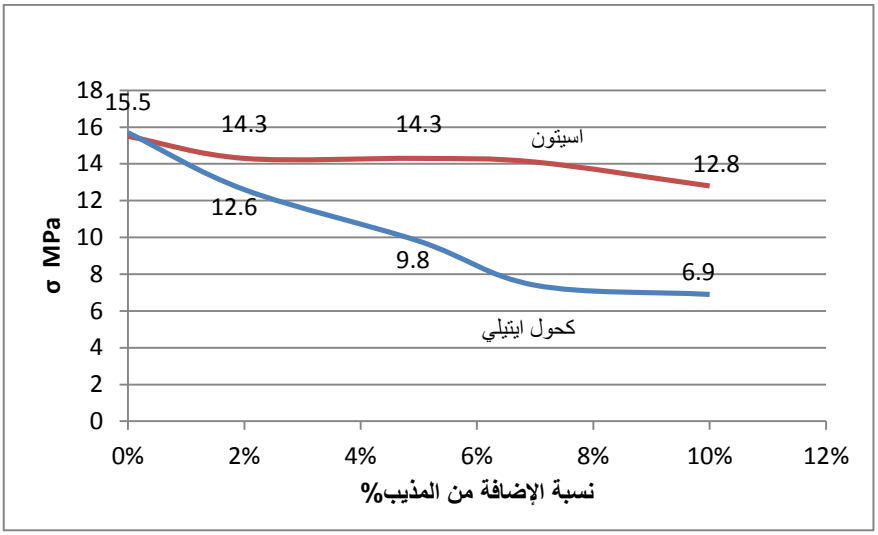
يعتبر الزمن اللازم لبدء التجلتن من الأزمنة الهامة لأنه يعبر عن بدء التحول الطوري للمادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة. وهذا مهم جداً خاصة إذا كانت المنتجات المراد تشكيلها ذات أحجام كبيرة.

ينبغي الإشارة إلى أن الخليط يبقى محافظاً على قوامه وخصائصه ضمن المجال التحريضي الأول على منحني التصلب قبل الوصول لدرجة حرارة التجلتن (t gel) هذا المجال يضمن استقرار وتجانس خواص المنتج النهائي خاصةً عندما يكون المنتج كبيراً.



الشكل (8) – منحنيات تغير زمن التجلتن لمركبات UPR بدلالة نسب الأسيتون والكحول الايثيلي

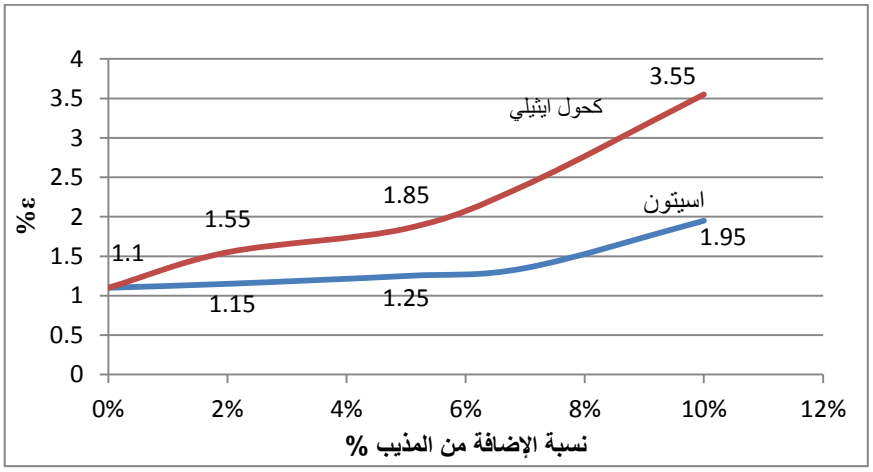
أصبح واضحاً الدور المؤثر لإضافة كل من الكحول الايثيلي والأسيتون على اللزوجة ومنحنيات التصلب. لهذا السبب كان لابد من دراسة تأثير النسب المضافة من هذه المواد على بعض الخواص الميكانيكية كإجهاد الشد والاستطالة النسبية عند التحطم. يظهر الشكل (9) منحنيات تغير إجهاد الشد عند التحطم بدلالة نسب مواد الاذابة المضافة، وكما هو واضح من الشكل حدوث انخفاض بقيم إجهاد الشد عند زيادة النسبة المضافة من هذه المواد، ويبدو جلياً من الشكل التأثير السيء للكحول الايثيلي مقارنةً بنسب الاسيتون المضافة.



الشكل (9) – منحنيات تغير إجهاد الشد بدلالة نسبة المواد المذيبة (الأسيتون – الكحول) لمركبات البولي استر غير المشبع المسلحة بطبقة واحدة من نسيج القنب – كافة المركبات حاوية على نسب ثابتة من البيروكسيد والمسرع.

تؤكد هذه النتيجة تأثير مواد الاضافة المستخدمة لأنها تساهم بشكل أو بآخر في تخفيض قوى الارتباط بين الجزيئات، ويبدو من الشكل أيضاً أن تأثير الأسيتون أقل بالمقارنة مع تأثير الكحول الايثيلي، حيث انخفض إجهاد الشد بنسبة (17.4%) عند إضافة (10%) من الاسيتون في حين سبب الكحول الايثيلي انخفاض بنسبة (55.4%).

كما أظهرت قيم الاستطالة النسبية عند الانقطاع حدوث تحسن طفيف عند زيادة نسب مواد الاذابة المستخدمة ويبدو من الشكل (10) أن تأثير الكحول الايثيلي أكبر بالمقارنة مع تأثير الاسيتون. يمكن تفسير ذلك بأن المواد المضافة تلعب دور المواد الملدنة في البوليمر والتي تتصف عادة بتأثيرها السلبي على الإجهاد والإيجابي على الاستطالة النسبية.



الشكل (10) – منحنيات تغير الاستطالة النسبية بدلالة نسبة المواد المذيبة (الأسيتون – الكحول) لمركبات البولي استر غير المشبع المسلحة بطبقة واحدة من نسيج القنب – كافة المركبات حاوية على نسب ثابتة من البيروكسيد والمسرع.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

– يساهم كل من الاسيتون والكحول الايثيلي في تخفيض لزوجة البولي استر غير المشبع لذلك من الممكن استخدامها كمواد مذيبة عندما تقتضي الضرورات التكنولوجية.

– يلعب كل من الاسيتون والكحول الايثيلي دور المادة المهدئة للتفاعلات الكيميائية الحاصلة في البولي استر غير المشبع وتساهم في حدوث تغيرات في سلوك منحنيات التصلب.

– انخفاض قيم اجهاد الشد بزيادة نسبة كل من الاسيتون والكحول الايثيلي مع حدوث تحسن طفيف في الاستطالة النسبية عند الانقطاع مما يؤشر على الدور الملدن لهذه المواد.

التوصيات:

– دراسة تأثير كل من الاسيتون والكحول الايثيلي بوجود مواد مالئة.

– دراسة تأثير الاسيتون والكحول الايثيلي على الخواص الفيزيائية لمركبات البولي استر غير المشبع.

– دراسة تأثير إضافة أنواع أخرى من مواد الاضافة كالميثانول على سلوك منحنيات التصلب للبولي استر غير المشبع.

References:

1- Tang, L.W: Tam, K.C; Yue, C.Y; Hu ,X; Lam, Y.C; Li, L. *influence of the molecular weight of ethylene vinyl acetate copolymers on the flow and mechanical properties of uncompatibilized polystyrene/ethylene-vinyl acetate copolymer blends*. Polymer International .vol. 50,No.1,2001,129-134.

2- Aurer, J. H; Kasper, A. *Unsaturated Polyester Resins*. technical collaboration of BÜFA Reaktionsharze GmbH & Co. KG and DSM Composite Resins AG.2003.

3- Poillucci, R; Hansen, Ch. *Reducing use of styrene monomer in unsaturated polyester resins*. Toxics Use Reduction Institute(TURI), Technical Report No. 74.2013.

4-Mansour,R .*Effect of additive materials on kinetic curves of unsaturated polyester resin*, Damascus university .vol.10, No.1,2001, pp.129-141.

5- Loos ,M ; Coelho ,L; Pezzin ,S .*The Effect of Acetone Addition on the Properties of Epoxy*. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 18, 2008, pp. 76-80.

6- Liu ,Y; Via, B. K.; Pan, Y ;Cheng, Q; Guo, H; Auad, M. L ; Taylor ,S. *Preparation and Characterization of Epoxy Resin Cross-Linked with High Wood Pyrolysis Bio-Oil Substitution by Acetone Pretreatment*. Polymers, Vol .9, No.106,2017.

7- Zahra, Kh; Reza, T. *Effect of ascorbic acid, ethanol and acetone on adhesion between the treated fiber posts and composite resin cores*, J A dv Prosthodont, vol.4,2012, 187-91.

8- Ansari, F; Skrifvars, M; Berglund, L. *Nanostructured biocomposites based on unsaturated polyester resin and a cellulose nano fiber network*, Composites Science and Technology, 117 ,2015 ,298-306.

9- Broad, A. *Development of Vacuum Assisted Composites Manufacturing Technology for Wind Turbine Blade Manufacture*. PHD thesis. University of Central Lancashire,2013.

10- Azki ,A; Mansour, R; Alhamwi, L. *The Effect of Catalyst and Accelerator Material on Curing Curves of Unsaturated Polyester Resin (UPR*).Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. 32, No. 3,2010.

11- Waigonkar , S ; Babu, B; Rajput ,A .*curing studies of unsaturated polyester resin used in FRP products*, Indian journal of Engineering & Materials sciences,Vol.18,2011,pp.31-39.

11- European composite industry Association, (EuCIA), - European legislation governing the polyester industry. Safe handing Guide No.3. 2017. www.eucia.eu