استخدام بعض المضافات اللاعضوية في اعاقة اشتعال ولهوبية راتنجي البولي استرغير المشبع والايبوكسي

جليل رهيف عكال

قسم الكيمياء، كلية العلوم للبنات، جامعة بغداد

الخلاصة

تم خلا ل هذا البحث استخدام ثلاثة مضافات لاعضوية وهي، المعقد رباعي اثيل امونيوم بروموثنائي كلوروفنيل فوسفين (I)، البارافين المكلور (II) ومزيج من كليهما بنسبة 50% وزنا (III) لبيان الفعل التأزري وذلك لاعاقة اشتعال ولهوبية راتنجي البولي استرغير المشبع والايبوكسي لما لهذين الراتنجين من أهمية صناعية واسعة استخداماتهما في الحياة العملية تتطلب ان تحافظ على أبقاء مشتقاتهما بعيدة عن الاشتعال.

أثبتت النتائج التي تم الحصول عليها كفاءة هذه المركبات في تثبيط اللهوبية وايقاف الاشتعال من خلال الفحوصات المعتمدة عالميا حسب قياسات (ASTM) وهذه الفحوصات تمثلت في قياس معامل الاوكسجين المحدد (LOI)، سرعة الاشتعال ومعدل حد الاشتعال وزمن الاشتعال وكذلك أقصى ارتفاع يصل اليه اللهب.

لقد أظهرت النتائج ان كفاءة وفعالية المضافات اعلاه تتبع التسلسل الاتي اعتمادا على تركيبها وتفككها الحراري في اثناء الاشتعال

III > I > II

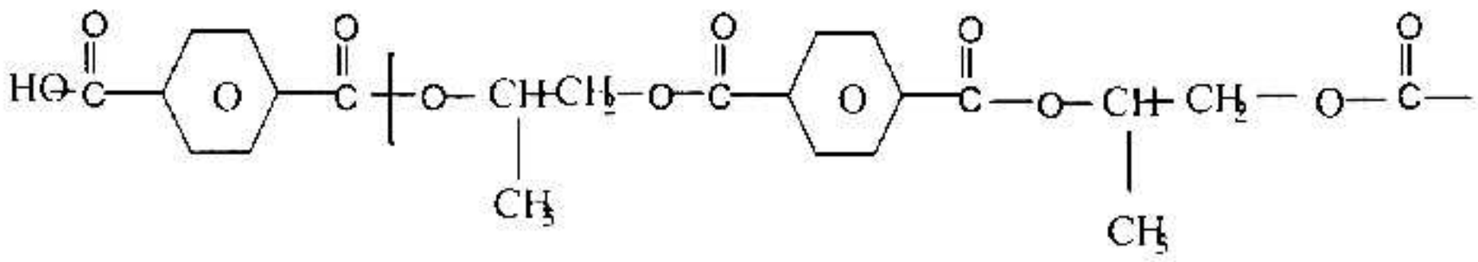
المقدمة

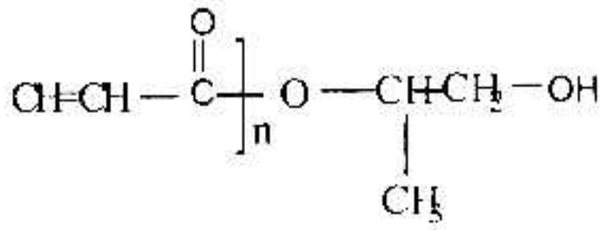
يعد عن البوليمرات بأنها جزيئات كبيرة (Macromolecules) ذات وزن جزئي عال تتكون من تكرار وحدات البناء وتحضر بعملية البلمرة من خلال تفاعل المونمر لينتج عنها بوليمرات خطية، متفرعة أو شبكية ثلاثية الاتجاه (2،1).

تصنف البوليمرات اما حسب طريقة تحضيرها الى، بوليمرات اضافة وبوليمرات تكثيف (3)، او حسب اصل البوليمرات فهي، طبيعية كالحرير والقطن والاصماغ وصناعية كالبولي اثلين، البولي بروبلين ....الخ (4)، يضاف الى هذين التصنيفين هناك تصنيف تكنولوجي بالاعتماد على خواصها فهي اما مطاوعة للحرارة او متصلبة حراريا.

راتنج البولي استرغير المشبع (5)

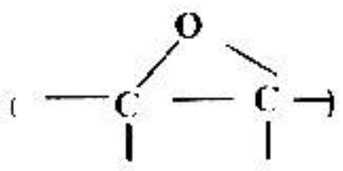
يعتبر هذا البوليمر المذاب في الستايرين ذا تركيب خطي وزنه الجزيئي واطئ يحتوي على آصرة مزدوجة قابلة للتشابك والدخول في تفاعل بلمرة مشتركة ويحتوي على مجاميع كاربوكسيلية للاسترة كما في الصيغة التركيبية الاتية:



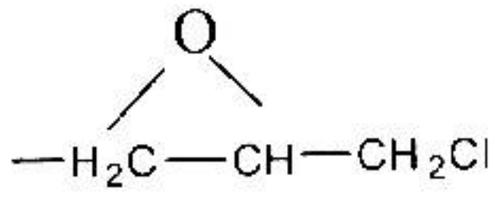


ويحضر هذا البوليمر بعملية البلمرة التكثيفية لحوامض كاربوكسيلية مشبعة وغير مشبعة وكلايكولات مع فقدان جزئية ماء (Esterification) وبعدة طرائق اهمها طريقة الانصهار عند درجات حرارة مرتفعة وطريقة الاوكسيد كاستخدام مواد احادية الايبوكسيد مثل اوكسيد الاثلين مع حامض الماليك او استخدام انهيد ريد غير مشبع وهنا يستخدم الكلايكول اوالحوامض ثنائية القاعدة كمواد بادئة.

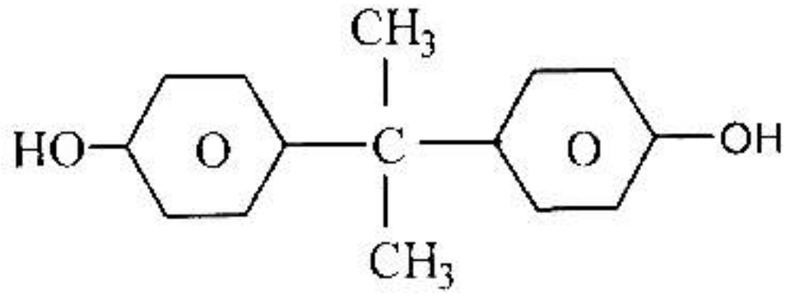
راتنج الايبوكسي

يحتوي راتنج الايبوكسي على مجموعة الايبوكسايد  ويعد راتنج الايبوكسي احد الأنواع الشبكية (Network) وتتكون من ارتباط سلاسل بوليمرية مع بعضها البعض (6) او باستخدام مونمرات تحوي مجاميع فعالة متعددة مثل الكليسرول بدلا من ان تكون حاوية على مجموعتين فعالتين مثل اثيل كلايكول.

يحضر راتنج الايبوكسي من تفاعل تكثيف بالنمو التدريجي بين الايبوكسايد ومركب يحتوي على مجموعتي هيدروكسيل، فاول الانواع التجارية للايبوكسي تم تحضيره من تفاعل ثنائي فينلول بروبان (DPP) والمعروف ايضا بالبس فينول -A- مع مادة ايبي كلوروهايدرين (ECH) (7)، حيث تتكاثف المجاميع الفعالة في كلا المركبين بوجود محلول قاعدي عند درجة حرارة بين 50- 110 م°.

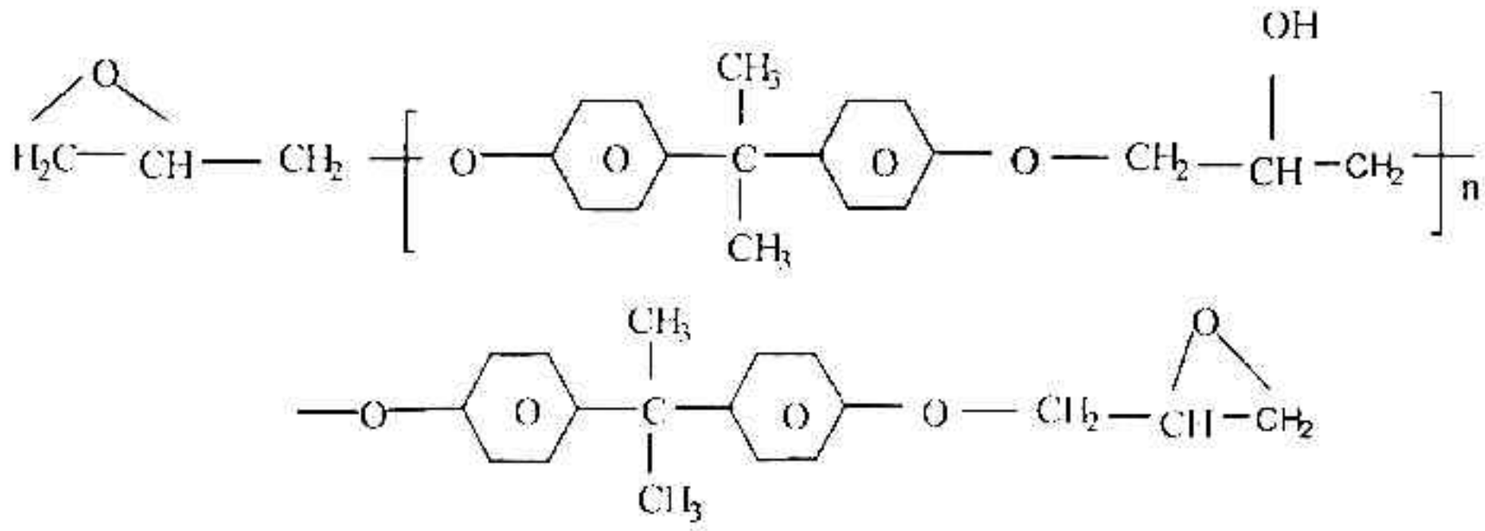


(ECH)



(DPP)or (Bisphenol-A)

ويعبر عن الصيغة التركيبية للايبوكسي كما يأتي:



وتعتمد (n) على النسبة المولارية لكل من (ECH) و (DPP) حيث تكون هناك زيادة من (ECH) لإتمام التفاعل والتحكم بهذه الزيادة يغير في الوزن الجزيئي للبوليمر. يمكن تقسية راتبخ الايبوكسي بالبلمرة الاضافية لانتاج بوليمر متشابك ذي وزن جزيئي عال، ومن عوامل التقسية الامينات كونها باحثة عن النواة تضاف الى الحلقة الايبوكسيدية (8).

المواد المضافة (9)

وهي عبارة عن مواد كيميائية عادة ما تكون صلبة تضاف الى البوليمر لتحوير وتطوير عدد من الخواص الفيزيائية، الميكانيكية والكهربائية وغيرها حسب مايقتضيه الاستخدام الجديد للبوليمر او لتقليل كلفة انتاج البوليمر.

في بحثنا هذا تم استخدام مضافات لإعاقة اللهب وزيادة مقاومة الاشتعال وهي من نوع معوقات اللهب الخارجية (10) وهي عبارة عن مركبات كيميائية غير سامة و غير فعالة احيانا تمزج مع البوليمر دون حدوث تفاعل كيميائي ويجب أن تكون امتزاجيتها جيدة وليس لها تأثير عكسي على خواص البوليمر الفيزيائية مثل الصلادة وان تكون مستقرة حراريا وضوئيا، ومن معوقات اللهب ثلاثي اوكسيد الانتيمون، البارفين المكلور، استرات حامض الفسفوريك، المركبات الهالوجينية التي تحرر الهالوجين، كذلك تم استخدام بعض مركبات الانتيمون العضوية الهالوجينية حديثا كمعوقات للاشتعال (11). وبصورة عامة فان مركبات البروم ذات فعالية اكبر للاعاقة.

ونظرا للاستخدامات الواسعة لراتنجي الايبوكسي والبولي استرغير المشبع فقد استخدمت الكثير من معوقات الاشتعال معها كمركبات الهالوجين المختلفة بمفردها أو من خلال

تأزرها مع مواد اخرى مثل ثلاثي اوكسيد الانتيمون (12)، كذلك استخدمت مركبات الفسفور بمفردها أو بتأزرها مع المركبات النتروجينية او الهالوجينية او كليهما معا (13).

الجزء العملي

المواد المستخدمة:

أ- البوليمرات:

تم استخدام نوعين من الراتنجات وهما، البولي استرغير المشبع (UPE) وهو من النوع التجاري مجهز من قبل الشركة السعودية للراتنجات الصناعية (جدة) وراتنج الايبوكسي نوع (CY 223) مجهز من شركة سيباكايكا.

ب- المواد الصلبة (Hardners):

تم استخدام مصلب نوع مثيل اثيل كيتون بيروكسيد (MEKP) مع (UPE) مع معجل من نوع كوبلت اوكتويت 6% واستخدم مصلب وهو امين رباعي من نوع (HY 956) مع راتنج الايبوكسي

جـ- معوقات اللهب (المضافات) Flame Retardants :

تم استخدام المعوقات الاتية :

- المعقد رباعي اثيل امونيوم برومو ثنائي كلوروفينل فوسفين (I):

وقد تم تحضير هذا المعقد من قبلنا اعتمادا على طريقة مشابهة للتحضير (14) وصيغته التركيبية:

$Et_4N [PhPCl_2Br]$

- البارافين المكلور (CP) (II) ويحتوي على 70% كلور في تركيبه- مجهز من مركز البحث والتطوير النفطي- بغداد.

- المضاف (III) : يتكون من 50% وزنا من المعقد +50% وزنا من البارافين المكلور وذلك لإجراء فعل تأزري بينهما.

تحضير النماذج المختبرية :

تم تحضير هذه النماذج على شكل الواح او رقائق ذات ابعاد (13×13×0.3) سم من خلال صب كل من راتنجي البولي استر غير المشبع والايبوكسي وباستخدام المصلب

الخاص بكل منهما والمضافات المطلوبة بالنسب (2، 4 ، 6 و8%)بعد خلطها جيدا للحصول على التجانس في قالب مصنوع من الزجاج.

طريقة الفحص القياسية:

تم اختيار ثلاثة طرائق قياسية لغرض معرفة كفاءة المضافات المستخدمة وهذه الطرائق معتمدة من قبل الجمعية الامريكية للفحص والمواد (ASTM) وكما يأتي:

- قياس معامل الاوكسجين المحدد Limiting Oxygen Index (LOI) باستخدام طريقة الفحص (ASTM: D- 2863) (16,15).
- قياس سرعة الاحتراق، مدى الاحتراق والزمن اللازم للاحتراق لحين حصول اطفاء ذاتي باستخدام طريقة الفحص (ASTM: D- 635) (17).
- قياس اقصى ارتفاع يصل اليه اللهب باستخدام طريقة الفحص (ASTM: D- 3014) (18).

وتعد الطريقة الاولى من اوسع الطرائق المختبرية استخداما في العالم من خلال قياس اقل تركيز من غاز الاوكسجين (معبر عنه بالنسبة المئوية الحجمية لغاز الاوكسجين) اللازمة لاستمرار اشتعال المادة البوليمرية، المتدفق من خلال مزيج مكون من غازي الاوكسجين والنتروجين الى انبوبة الاختبار، ويقاس معامل الاوكسجين المحدد (LOI) عند حصول حالة توازن او استقرار بين كمية الحرارة المتولدة من عملية الاحتراق مع كمية الحرارة المفقودة الى المحيط ومعامل الاوكسجين المحدد (LOI) يعني كمية غاز الاوكسجين اللازمة لحدوث الاحتراق خلال فترة زمنية (يتم تحديدها حسب المواصفات) او خلال مسافة معينة للعينة المحترقة.

يحسب معامل الاوكسجين المحدد حسب طريقة الفحص (ASTM:D- 2863-74) (19) وفقا للمعادلة الاتية :

$$n\% = \frac{O_2}{O_2 + N_2} \times 100$$

حيث n% : معامل الاوكسجين المحدد.

O_2 : سرعة جريان الاوكسجين الحجمية- مل/ثانية

N_2: سرعة جريان النيتروجين الحجمية- مل/ ثانية.

اما الطريقة الثانية فأنها تستخدم لقياس سرعة انتشار اللهب (R.B) وحساب الزمن اللازم للاحتراق (ATB) من النموذج خلال ذلك الزمن لحين حصول اطفاء ذاتـــي باســـتخدام طريقة الفحص (ASTM: D- 635) حيث يتم حساب المتغيرات حسب هـــذه الطريقـــة كالاتي (20):

- معدل زمن الاحتراق (دقيقة) حيث Σ المجموع الجبـــري

$$ATB = \frac{\Sigma(t-30)}{No.ofSamples}$$

- معدل الحد المحترق (ســـم)

$$\frac{100-\times}{NoofSample}$$

= 3AEB- سرعة الاحتراق (R.B) (سم/ دقيقة)

- احتمالية حدوث إطفاء ذاتي (S.E) .

- عدم استمرار الاشتعال في النموذج بعد ابعاد المصدر الحراري (N.B) .

أما في الطريقة الثالثة فيتم قياس أقصى ارتفاع للهب (Height of flame) في النموذج المشتعل ومقدار الفقدان في وزن المادة البوليمرية نتيجة الاحتراق ويتم من خـــلال هـــذه الطريقة حساب ما يأتي:

- W1: وزن العينة قبل الاحتراق

- W2 : وزن المادة المفقودة.

- PWR : النسبة المئوية الوزنية المتبقية من الاحتراق.

- H: اقصى ارتفاع يصل اليه اللهب (سم).

النتائج والمناقشة

يعد راتنج البولي استر غير المشبع متوسط الالتهاب والاشتعال مقارنة مع بـــوليمرات اخرى من الصنف نفسه (المتصلبة حراريا)حيث تشـــير الادبيـــات (21) بـــان معامـــل الاوكسجين المحدد له يبلغ (20.6) مقارنة مع الميلامين فورمالدهايد بطيء الاشتعال حيث ان معامل الاوكسجين له يبلغ (42.8) وللفينول فورمالدهايد يبلغ (35.0).

أما بالنسبة لراتنج الايبوكسي فأن معامل الاوكسجين له يبلغ (19.8).

تأتي اهمية هذا البحث من الاستخدامات الواسعة لكلا الراتنجين (موضوع البحث) في مختلف مجالات الحياة ولذلك فمن الضروري تقليل لهوبيتهما وزيادة مقاومتهما للاشتعال، وذلك من خلال استخدام الكثير من المركبات الكيميائية مثل مركبات الهالوجين بمفردها او مع مركبات الانتيمون (22)، كذلك استخدمت مركبات الفسفور لوحدها او مع المركبات الهالوجينية او النيتروجينية (13).

لقد اظهرت نتائج هذه الفحوصات القياسية بأن للمضافات المستخدمة كفاءة عالية في اعاقة وتثبيط لهوبية راتنجي البولي استر غير المشبع والايبوكسي وصلت الى حد ايقاف الاشتعال عند بعض النسب لهذه المضافات (اكثر من 4%).

قياس معامل الأوكسجين المحدد لراتنج البولي استر غير المشبع

يوضح الجدول (1) نتائج هذا الفحص باستخدام معوقات اللهب (III,II,I) وعند نسب وزنية (6,4,2 و8%)والتي من خلالها يمكن الاستنتاج بأن كفاءة هذه المضافات في زيادة معامل الاوكسجين المحدد (LOI) كالاتي :

III > I > II >

ويظهر هذا الفحص بأن (LOI) يزداد مع زيادة النسبة المئوية للمضاف وان هذ الزيادة تدل على انخفاض لهوبية الراتنج وذلك نتيجة تكوين جو خامل يعيق وصول الاوكسجين اللازم لاستمرار الاشتعال ويظهر من خلال النتائج(اعلى LOI= 28.03) فعالية هذه المركبات مقارنة بما مدون في الادبيات ومقداره (20.4).

قياس معامل الأوكسجين المحدد لراتنج الايبوكسي

تظهر النتائج المدونة في الجدول (2) بأن كفاءة المركبات المضافة تتبع الترتيب الاتي:

III > I > II

وان الزيادة (LOI) للايبوكسي (اعلى قيمة 27.54) تدل على انخفاض اللهوبية بسبب تفكك المضافات مع اشتعال البوليمر وتكوين جو خامل في منطقة اللهب، فالكلور، البروم، الفسفور والنتروجين كاجزاء (Fragments) ناتجة من التفكك توفر طبقة عازلة تعمل حاجزا للأوكسجين وتمنع وصوله لاستمرار الاشتعال.

يتضح مما تقدم (نتائج الجدولين 1و2) بأن المركبات المستخدمة كمعوقات للهب في هذا البحث هي الأفضل مقارنة بما تشير أليه الأدبيات (24)، حيث أدى استخدام 50% Al_2O_3 مع البولي استر غير المشبع الى ان يكون معامل الاوكسجين المحدد له يساوي (25) وان استخدام نسب تصل الى 26% من بعض مركبات الفسفور العضوية يعطي LOI مساوي الى (30.4) وكذلك الحال بالنسبة للايبوكسي (24) اخذين بنظر الاعتبار نسبة المضافات المستخدمة في بحثنا هذا.

ان زيادة (LOI) يمكن ان يعزى الى تحرير هاليد الهيدروجين (HX) الذي يعمل على ازالة الجذور الحرة الفعالة في سلسلة اللهب،كذلك يعمل على تثبيط التجزئة الحرارية التي تحدث في مقدمة اللهب وذلك نتيجة تقليل كمية الحرارة المتولدة فضلا عن تكوين مجموعة غازات غير قابلة للاشتعال مثل CO_2, CO و H_2O التي تخفف من المواد المتطايرة القابلة للاشتعال، اما الفحم (Char) المتكون نتيجة التحلل الحراري للمركبات والبوليمرات فأنه يشكل عازلا يحمي البوليمر من الحرارة وبذلك يساهم في ايقاف الاشتعال.

قياس سرعة انتشار اللهب للبولي استر غير المشبع (UPE)

أظهرت نتائج قياس سرعة انتشار اللهب انخفاضا كبيرا في سرعة الاشتعال (R.B) بالنسبة لراتنج (UPE). الجدول (3) حيث تم قياس ذلك بموجب طريقة الفحص ASTM:D-635 ، حيث يظهر ان الانخفاض في (R.B) يتناسب عكسيا مع زيادة النسبة المئوية الوزنية للمضافات، وان افضل النتائج كان عند استخدام المعقد مع البارافين المكلور(المضاف III) نتيجة للفعل التآزري لهاتين المادتين بحيث حصل اطفاء ذاتي بعد قرابة اربع دقائق وكان (R.B = o.26) عند النسبة 4% ولم يحصل احتراق (N.B) عند النسب الاعلى مما يدل على كفاءة عالية لهذه المادة في اعاقة ومنع اشتعال الراتنج وحسب هذه النتائج فأن فعالية هذه المضافات تكون وفقا للترتيب الاتي:

III > I > II

وهذا يتطابق مع النتائج التي تم الحصول عليها في قياس معامل الاوكسيجين المحدد (LOI) .

قياس سرعة انتشار اللهب في راتنج الايبوكسي

تبين النتائج المدونة في الجدول (4) ان انخفاضا كبيرا حصل في سرعة الاشتعال (R.B) مع زيادة النسبة الوزنية للمضافات المستخدمة للاعاقة (التناسب عكسي) ، كما أظهرت هذه القياسات بأن افضل المضافات كان المضاف (III) حيث يبدو الفعل التأزري واضحا للمعقد والبارافين المكلور بسبب احتواءه على اجزاء بعد التفكك الحراري اكثر من غيره من المضافات (بروم، كلور، فسفور ونيتروجين) وقد حصل اطفاء ذاتي بدء من النسبة 2%،حيث كانت سرعة الاشتعال (R.B) تساوي 0.6 و (ATB) يساوي 12.12 دقيقة ولم يشتعل النموذج عند النسبة 8%، ويمكن الاستنساخ من هذه النتائج أن كفاءة المضافات كانت حسب الترتيب الأتي:

III > I > II

وهذه النتائج تتفق مع تلك التي تم الحصول عليها من قياس معامل الاوكسيجين المحدد، كما أنها تتطابق مع نتائج اعاقة الاشتعال لراتنج (UPE) .

ويعود تفسير ذلك الى تركيب كل من هذه المضافات (احتواءها على جذور فعالة) فضلا عن تحرير مجموعة من الغازات غير القابلة للاشتعال والفحم الكاربوني التي تؤدي الى منع وصول الاوكسيجين الى المادة البوليمرية مما يساهم في ايقاف الاشتعال.

قياس أقصى ارتفاع للهب لراتنج البولي استر غير المشبع

يعد الانخفاض في ارتفاع اللهب مؤشرا على فعالية مضافات الاعاقة نتيجة لفعلها في تثبيط تفاعلات سلسلة اللهب من خلال اعاقة تفاعلات الاكسدة بازالة الجذور الحرة الفعالة ($O^{\cdot}$, و$OOH^{\cdot}$) المهمه في استمرار الاشتعال، كذلك فعالية المضافات في $OH^{\cdot}$, $H^{\cdot}$)

تقليل كمية الاجراء الهيدروكربونية المتدفقة الى منطقة اللهب الناتجة في اثناء التجزئة الحرارية للراتنجين موضوع البحث.

لقد أظهرت نتائج قياس ارتفاع اللهب الجدول(5) بأن أقصى ارتفاع يصل اليه اللهب يتناسب عكسيا مع زيادة النسبة المئوية للمضافات ويلحظ عدم وجود قيم لارتفاع اللهب في النسب العالية وبالذات المضاف (III) الذي يعكس الفعل التأزري له.

كذلك فأن فعالية هذه المضافات تتبع الترتيب نفسه الذي مر سابقا.

قياس اقصى ارتفاع للهب لراتنج الايبوكسي

تم الحصول على النتائج المدونة في الجدول (6) والتي تظهر كذلك ان اقصى ارتفاع للهب يتناسب عكسيا مع زيادة النسبة المئوية الوزنية للمضافات حيث تزداد فعالية هذه المعوقات، كذلك فأن المضاف (III) يعد الافضل وان هذه المضافات تتبع نفس الترتيب السابق من حيث كفاءتها.

مما تقدم نستنتج تطابق جميع النتائج من حيث فعالية هذه المضافات لكلا الراتنجين.

المصادر

1. Staudinger, H. (1970). "From Organic Chemistry to macromolecules" Wiley – Inter Science, New York.
2. Mthur, N.K.; Namg, C.K. and Williams, R.E. (1980). " Polymers as aids in organic chemistry", Academic Press. New York.
3. Rodriguez, F. (1970). " Principles of polymers systems" Mec Graw-Hill, New York.
4. Braun, D.; Cherdren, H. and Kern, W. (1972). "Techniques of polymer syntheses and characterization", Wiley- Inter science, N.Y.
5. Boeing, H.V. (1964). "Unsaturated polyester structures and properties" Elsevier, N.Y.
6. May, C. A. (1973). "Epoxy Resin chemistry and Technology", Elservier, N.Y.
7. Castan, E. (1984). "Process for manufacture of thermosetting synthetic resin" ., U.S., 2: 444, 333.
8. Sedlack, B. and Kahoves, J. (1987). "Crosslinked Epoxide",N.Y.
9. Kresa J.E. (1982) "Polymer Additives", Plenun Press., N.Y.
10. Jha, N.K.; Bajaj, P.; Maurya, P.L. and Misra, A.C. (1984). "Flame retardants for polypropylene" Jms, Rev. Macromol. Chem, Phys., C 24(1), 69-116.
11. Aliwi, S.M. ; Ugal, J. R. and Ahmad, A.F. (2002). Iraqi J. Polymer., Vol.6, No.1, 35.
12. Martin, F.T. and Price, K.R. (1968). J. Appl.Polym. Sci., 12,143.
13. Line, S.C.; Bulkin, B.J. and Pearce, E.M. (1979). J. Polym. Sci., A-1 17, 3121.
14. Jha, N.K. ; Ugal, J. R. and Pankaj, S. (1993). Ind. J. Chem., 32 a, 71.

15. Anuual Book of ASTM, Part 35 (1983).
16. Camino, G.; Costa, L. and Casorti, E. (1980). J. Appl. Poym. Sci., 35, 1863.
17. Anuual Book of ASTM, Vol. 08-04(1984).
18. Anuual Book of ASTM, Part 35 (1976).
19. Anuual Book of ASTM, Part 39 (1981).
20. Anuual Book of ASTM, Vol. 08-02 (1986).
21. Leise Gang, E.C.; Stephen, A.M. and Paltersor-Jor,J.C. (1970). J. Appl. Polym. Sci., 14,1961.
22. Andersor, H.C. (1960). Anal. Chem., 32, 1592.
23. Fretz, E. R. and Green, J. (May- 1983) "Printed Circuit Fabrication" Vol. 6, No.5, P.57.
24. Faris, A. H. (2003). Thesis, University of Technology.

جدول (1) قياس معامل الأوكسجين المحدد لراتنج البولي استر غير المشبع مع المضافات

LOI for Unsaturated polyester resin with additives, I, II, and III

Additive % / Additive	2	4	6	8
I	23.50	24.40	25.53	26.47
II	22.14	23.11	23.79	24.40
III	24.73	25.87	27.11	28.03

*** LOI for UPE without additives = 20. 40.**

جدول (2) قياس معامل الوكسيجين المحدد (LOI) لراتنج الايبوكسي مع المضافات III,II,I

Additive % / Additive	2	4	6	8
I	22.91	24.00	25.12	26.20
II	21.34	22.30	23.10	23.78
III	24.18	25.30	26.22	27.54

*** LOI for Epoxy without additives = 19.8**

جدول (3) قياس سرعة الاشتعال (R.B)، معدل حد الاشـــتعال (AEB) ومعـــدل زمـــن الاشتعال (ATB) لراتنج البولي استر غير المشبع مع المضافات.

Additive % / Test	Non.	2	4	6	8	Additive
AEB (cm)	10 10 10	8.3 10 4 7	5.0 10 1.10	1.5 10 —	—6.1 —	I II III
ATB (min.)	6.92 6.92 6.92	10.48 8.08 11.02	8.78 9.25 4.23	5.36 10.89 —	—7.53 —	I II III
R.B (cm / min.)	1 44 1.44 1.44	0.79 1.24 0.42	0.56 1 08 0.26	0.27 0.91 —	—0.81 —	I II III
S. E	— — —	Yes — Yes	Yes — Yes	Yes — Yes	Yes —Yes	I II III
N. B.	— — —	— — —	— — —	— — Yes	Yes —Yes	I II III

جدول (4) قياس سرعة الاشتعال، معدل حد الاشتعال ومعدل زمـــن الاشـــتعال لـــراتنج الايبوكسي مع المضافات.

Additive % / Test	Non.	2	4	6	8	Additive
AEB (cm)	10 10 10	8.5 10 7.3	5.0 10 3.3	1.7 10 0.6	0.6 6.8 —	I II III
ATB (min.)	5.12 5.12 5.12	9.1 6.3 12.12	7.6 7.43 9.25	3.40 8.71 2.50	1.3 6.5 —	I II III
R.B (cm / min.)	1.95 1.95 1.95	0.93 1.58 0.60	0.65 1.34 0.35	0.50 1.14 0.24	0.46 1.04 —	I II III
S. E	— — —	Yes — Yes	Yes — Yes	Yes — Yes	Yes — Yes	I II III
N. B.	— — —	— — —	— — —	— — —	— — Yes	I II III

جدول(5) قياس اقصى ارتفاع يصل اليه اللهب (H) لرانتج البولي استر غير المشبع مع المضافات.

Additive % / Test	Non.	2	4	6	8	Additive
W1	5.63 5.63 5.63	6.28 6.10 6.49	6.36 6.19 6.60	6.45 6.24 6.71	6.50 6.33 6.78	I II III
W2	2.57 2.57 2.57	2.31 2.27 2.18	2.43 2.38 2.28	2.52 2.51 —	2.60 —	I II III
PwR	54.35 54.35 54.35	63.21 62.27 66.40	61.79 61.55 65.45	60.93 59.77 —	— 58.92 —	I II III
H	14.0 14.0 14.0	9.0 12.3 8.0	7.0 11.0 5.0	5.0 9.0 —	— 8.0 —	I II III

جدول (6) قياس اقصى ارتفاع يصل اليه اللهب لرانتج الايبوكسي مع المضافات.

Additive % / Test	Non.	2	4	6	8	Additive
W1	4.52 4.52 4.52	5.12 4.81 5.28	5.19 5.08 5.36	5.30 5.15 5.43	5.38 5.25 5.51	I II III
W2	1.43 1.43 1.43	1.20 1.15 1.01	1.24 1.26 1.07	1.29 1.35 1.15	1.37 1.47 —	I II III
PWR	68.36 68.36 68.36	76.50 76.09 80.87	76.10 75.19 80.03	75.66 73.78 78.82	74.45 72.00 —	I II III
H	12.0 12.0 12.0	8.0 10.5 7.0	7.0 9.0 4.5	5.0 7.0 2.0	3.5 6.6 —	I II III

The Use of Some Inorganic Additives to Retard Combustion and Flammabitity of Unsaturated Polyester and Epoxy Resins

J. R. Ugal
Chemistry Department, College of Science for Women, Baghdad University

Abstract

In this work, three inorganic additives were used, these are (I) ; tetraethyl ammonium bromodichloro phenylphsphin, (II) Chlorinated paraffine and (III) a mixture of (50% by weight of each) to study the synergetic effect. These additives were used as flame retardants with unsaturated polyester and epoxy resins; since these resins are industrially important and of wide uses in life.

Results showed efficiency of these additives to retard flammability and stop burning of resins throught the ASTM tests used Measurement of Limiting oxygen index (LOI), rate of burning (R.B), average extent of burning (AEB), average time of burning (ATB) and the height of flame (H), had been done.

The activity of the additives was according to the following order:

III > I > II

Depending on their composition and thermal decomposition during burning.