استخدام بعض معقدات الفسفور العضوية الهالوجينية ودراسة فعلها التآزري مع المطاط المكلور لتثبيط لهوبية واعاقة اشتعال راتنجي الايبوكسي والبولي استر غير المشبع

جليل رهيف عكال، محمد ناظم بهجت

قسم الكيمياء ، كلية العلوم للبنات ،جامعة بغداد. بغداد– العراق.

الخلاصة

استخدمت في هذا البحث خمسة مضافات هي، المعقد رباعي اثيل امونيوم ثلاثي بروموفنيل فوسفين(I) ، المعقد رباعي اثيل امونيوم كلورو ثنائي بروموفنيل فوسفين(II) ، المطاط المكلور (III)ومزيج بنسبة 50% لكل من (I) و (III) وهو المضاف (IV) اما المضاف (V) فهو مزيج بنسبة 50% لكل من (II) و (III) وذلك لدراسة الفعل التآزري لهذه المركبات لاعاقة اشتعال وتثبيط لهوبية واعاقة راتنجي الايبوكسي والبولي استر غير المشبع .

اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها كفاءة جميع هذه المركبات وان الفعل التآزري كان واضحا حيث ان المضافين (IV) و (V) كانا افضل هذه المركبات وكانت فعاليتها تتبع الترتيب الاتي في جميع الفحوصات:

IV > V > I > II > III.

لقد تم استخدام الفحوصات القياسية العالمية حسب نظام (ASTM) والمتمثلة في قياس معامل الاوكسجين المحدد (LOI)، سرعة الاشتعال، معدل حد الاشتعال، زمن الاشتعال واقصى ارتفاع يصل اليه اللهب.

USING OF SOME HALOORGANOPHOSPHINES AND STUDYING THEIR SYNERGETIC EFFECT WITH CHLORINATED RUBBER TO RETARD FLAMMABILITY AND COMBUSITION OF EPOXYAND UNSATURATED POLYESTER RESINS

Jalil R. Ugal, Mohammed N. Bahjat

Department of Chemistry , College of Science for Women, University of Baghdad. Baghdad- Iraq.

Abstract

Five additives were used in this work namely: tetra ethyl ammonium tribromophenyl phosphine (I), tetra ethyl ammonium chlorodibromophenyl phosphine (II) chlorinated rubber (III), a mixture of 50% by weight of each of I and III (additive IV), a mixture of 50% by weight of each of II and III (additiveV) in order to study the synergetic effect of these compounds as flame retardants with epoxy and unsaturated polyester resins.

The results showed that all these additives are active and the synergetic effect was very clear in which the additives IV and V gave the best results. The retarding activity of these compounds is following the order:-

IV > V > I > II > III

The tests depended on the ASTM (in which the limiting oxygen index (LOI), rate of burning (R.B) average extent of burning (AEB), average time of burning(ATB)

and the maximum height of flame(H) were measured) were used to evaluate the activity of the additives.

المقدمة

تعرف البوليمرات بأنها جزيئات ذات وزن جزيئي عالٍ ناتج من تكرار وحدة البناء الاساسية (Repeating unit) وتنتج من خلال بلمرة الجزء الواحد (monomer) بشكل خطي، متفرع أو شبكي ثلاثي الابعاد[1،2].

توجد عدة طرق لتصنيف البوليمرات اهمها:

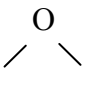
1-حسب طريقة التحضير[3] فهي بوليمرات اضافة (Addition) او تكثيف (Condensation).

2- حسب اصل البوليمرات فهي طبيعية (Natural) مثل القطن، الحرير، الاصماغ، او صناعية(Synthetic) مثل بولي اثيلين، بولي بروبلين، ايبوكسي.....الخ[4].

3- وتصنيف تكنلوجي يأخذ خواصها بنظر الاعتبار فهي اما مطاوعة للحرارة (Thermoplastic) او متصلبة حراريا(Thermoset).

راتنج الايبوكسي: Epoxy Resin

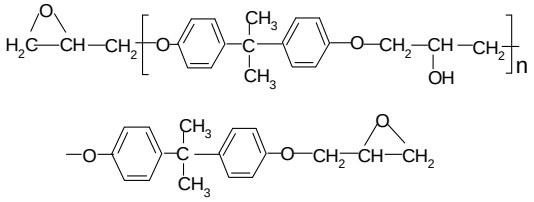
ما يميز هذا الراتنج احتواءه على مجموعة ايبوكساید هو احد الانواع الشبكية



ويتكون من ارتباط سلاسل بوليمرية بعضها مع البعض الاخر[5] او بأستخدام مونيمرات ذات مجاميع فعالة متعددة مثل الكليسرول بدلا من ان تكون ذات مجموعتين فعالتين مثل كلايكول اثيل.

يحضر هذا الراتنج من تكثيف الايبوكساید (بالنمو الخطوي) (step growth) ومركب ذي مجموعتي هيدروكسيل ولقد تم تحضير اول نوع تجاري من تفاعل ثنائي فيتول بروبان (DPP) والمعروف بالبس فينول-A- مع مادة ايبي كلوروهايدرين (ECH)[6] حيث تتكاثف المجاميع الفعالة في كلا المركبين بوجود محلول قاعدي عند درجة حرارة بين (50 – 110) م°.

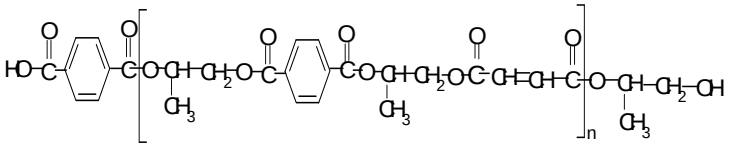
ويعبر عن الصيغة التركيبية للايبوكسي كما يأتي:



وتعتمد (n) على نسبة كل من (ECH) و (DPP) حيث يتم اضافة زيادة من (ECH) لاتمام التفاعل والتحكم بهذه الزيادة يغير في الوزن الجزيئي للبوليمر. تستخدم بعض عوامل التقسية (Hardners) مثل الامينات لانتاج بوليمر متشابك يمتاز بوزنه الجزيئي العالي[7].

راتنج البولي استر غير المشبع[8] Unsaturated Polyester Resin [8]

يمتاز(المذاب من هذا البوليمر في الستايرين) بأنه ذو تركيب خطي وزنه الجزيئي واطئ فيه اصرة مزدوجة قابلة للتشابك (Crosslinking) والدخول في تفاعل بلمرة مشتركة ويحتوي على مجاميع كاربوكسيل للاسترة. صيغته التركيبية هي:



ويحضر هذا البوليمر من تكثيف الحوامض الكاربوكسيلية المشبعة وغير المشبعة مع الكلايكول (Glycol) مع فقد جزيئة ماء بتفاعل الاسترة (Esterification) عند درجات حرارة مرتفعة.

المضافات Additives [9]

وهي مواد كيميائية غالبا ما تكون صلبة تضاف لتطوير بعض الخواص الفيزيائية، الميكانيكية، الكهربائية.....الخ حسب ما يتطلبه التصميم النهائي للمادة المطلوب تحضيرها من حيث الاستخدام الجديد للبوليمر او لتقليل كلفة المنتوج.

في هذا البحث تم استخدام خمسة مضافات لتثبيط لهوبية وزيادة مقاومة اشتعال راتنجي الايبوكسي والبولي استر غير المشبع وجميع هذه المضافات من نوع معوقات اللهب الخارجية[10] تمزج بشكل جيد وبنسب محدودة مع الراتنج دون حصول تفاعل كيميائي وتمتاز هذه المضافات بانها ذات امتزاجية جيدة وليس لها تاثير عكسي على خواص البوليمر وهي مستقرة حراريا وضوئيا.

استخدم الكثير من معوقات اللهب مع البوليمرات مثل البارافين المكلور، حامض الفسفوريك، مركبات هالوجينية تحرر الهالوجين، كذلك استخدمت بعض مركبات الانتيمون العضوية الهالوجينية حديثا كمعوقات للاشتعال [11] حيث تمكن بعض

الباحثين من تحقيق النسبة المثلى بين(SbوX) وهي (3:1) حيث X= هالوجين. حديثا تم استخدام فوسفات الامونيوم واحد معقدات الفسفور العضوية الهالوجينية كمثبطات اشتعال مع الايبوكسي والبولي استر غير المشبع وكانت فعالة ايضا[12] . وبصورة عامة فمركبات البروم ذات فعالية اكبر للاعاقة من سواها من الهالوجينات الاخرى. كذلك استخدمت بعض المواد بشكل تازري لزيادة الفعالية[13].

الجزء العملي

المواد المستخدمة

1. **الراتنجات:**

استخدم نوعان من الراتنجات هما، الايبوكسي نوع(CY223) مجهز من شركة سيباكايكا والبولي استر غير المشبع (UPE) وهو من النوع التجاري مجهز من الشركة السعودية للراتنجات الصناعية(جدة).

2. **المود الصلبة: Hardners**

استخدم نوعان منها؛ امين رباعي نوع (HY956) مع راتنجي الايبوكسي و مثيل اثيل كيتون بيروكسيد(MEKP) مع معجل نوع كوبلت اوكتويت 6% مع راتنج بولي استر غير المشبع(UPE).

3. **المضافات (معوقات اللهب)** Flame Retardants

تم في هذا البحث استخدام المضافات الاتية:

أ- المضاف I : $Et_4N\ [PhPBr_3]$: رباعي اثيل امونيوم ثلاثي برومو فنيل فوسفين.

ب- المضافII: $Et_4N\ [PhPBr_2Cl]$ رباعي اثيل امونيوم كلوروثنائي برومو فنيل فوسفين.

جـ - المضاف III : المطاط المكلور Chlorinated Rubber.

د- المضاف IV : 50% وزنا من المضاف I + 50% وزنا من المضاف III.

هـ - المضاف V: 50% وزنا من المضاف II + 50% وزنا من المضاف III.

حضر المضافان I و II بطريقة مشابهة للتحضير في الادبيات [14] واستخدم المضافان IV و V وذلك لمعرفة الفعل التازري.

تحضير النماذج المختبرية:

تم تحضير هذه النماذج على شكل الواح او رقائق ابعادها (0.3X13X13) سم من خلال صب الراتنجين في قالب مصنوع من الزجاج وباستخدام المصلب الخاص بكل منهما والمضافات المطلوبة بالنسب (2, 4, 6 و 8%) بعد خلطها جيدا للحصول على التجانس المطلوب الذي يضمن انتشار دقائق المضاف في النموذج.

طرائق الفحص القياسية:

لغرض معرفة كفاءة معوقات الاشتعال المستخدمة فقد تم اختيار ثلاث طرائق قياسية معتمدة من قبل الجمعية الامريكية للفحص والمواد (ASTM) وهي:

1. قياس معامل الاوكسجين المحدد (LOI) Limiting Oxygen Index

باستخدام طريقة الفحص (ASTM :D -2863) [15،16].

2. قياس سرعة الاحتراق (RB) (Rate of burning)، مدى الاحتراق (AEB) (Average extent of burning) وزمن الاحتراق (ATB) (Average time of burning) اللازم لحين الحصول على اطفاء ذاتي (SE) باستخدام طريقة الفحص (ASTM :D -635) [17].

3- قياس اقصى ارتفاع يصل اليه اللهب(H) (Maximun height of flame) باستخدام طريقة الفحص (ASTM :D -3014)[18].

وتعتبر الطريقة الاولى من اوسع هذه الطرائق 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) أو خلال مسافة معينة للعينة المحترقة.

يحسب (LOI) في هذه الطريقة وفقا للمعادلة الاتية:-

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

حيث n% : تمثل معامل الاوكسجين المحدد(LOI)
O2: سرعة جريان الاوكسجين الحجمية- مل/ثانية
N2: سرعة جريان النتروجين الحجمية- مل/ثانية

اما الطريقة الثانية فانها تستخدم لقياس سرعة انتشار اللهب(R. B) وحساب الزمن اللازم للاحتراق (ATB) لحين حصول اطفاء ذاتي حيث يتم حساب المتغيرات حسب هذه الطريقة كالاتي:

1. معدل زمن الاحتراق (دقيقة) حيث $\sum$ المجموع الجبري

$$ATB = \frac{\text{No. of Samples}}{\sum(t - 30)}$$

2.معدل الحد المحترق (سم)

$$AEB = \frac{100 - X}{\text{No. of Samples}}$$

3. سرعة الاحتراق (R.B) (سم/دقيقة)
4. احتمالية حدوث اطفاء ذاتي (S.E)
5. عدم استمرار الاشتعال في النموذج بعد ابعاد المصدر الحراري (N.B)

اما في الطريقة الثالثة فيتم قياس اقصى ارتفاع للهب (H) في النموذج المشتعل ومقدار الفقدان في وزن المادة البوليمرية نتيجة الاحتراق ويتم ذلك من خلال حساب ما يأتي:-

1- W_1: وزن العينة قبل الاحتراق.
2- W_2: وزن المادة المفقودة.
3- PWR: النسبة المئوية الوزنية المتبقية من الاحتراق.
H: اقصى ارتفاع يصل اليه اللهب (سم).

النتائج والمناقشة:

ان قيمة (LOI) لراتنج الايبوكسي يبلغ (19.8) ولراتنج البولي استر غير المشبع يبلغ (20.6) بدون مضافات ويعتبر متوسط الالتهاب والاشتعال مقارنة مع بوليمرات اخرى من الصنف نفسه (المتصلبة حراريا) [19] كالميلامين فورمالديهايد بطيء الاشتعال حيث ان (LOI) له يبلغ (42.8) وللفينول فورمالديهايد يبلغ (35.0).

تبرز اهمية هذا البحث من الاستخدامات الواسعة للراتنجين (موضوع البحث) في مختلف مجالات الحياة لذلك من الضروري تقليل لهوبيتها وزيادة مقاومة اشتعالهما وذلك باستخدام مركبات كيميائية تحقق الهدف كمعوقات للاشتعال بمفردها او مع مركبات اخرى لدراسة الفعل التآزري (Synergetic effect) ومن اهم هذه المركبات مركبات الهالوجين والانتيمون والفسفور والنتروجين والبورون والسيليكات وغيرها [13]. .ومن الدراسات الحديثة استخدام بعض مركبات الانتيمون العضوية الهالوجينية (وبشكل خاص الاروماتية) وبعض مركبات الفسفور العضوية الهالوجينية على تثبيط هاتين الراتنجين وكانت النتائج جيدة وفعالة بحيث ادت الى اطفاء ذاتي عند نسب تصل الى 2.5% من هذه المضافات (20-22).

اظهرت نتائج الفحوصات القياسية 1، 2 و 3 بأن للمضافات المستخدمة كفاءة جيدة في اعاقة وتثبيط لهوبية راتنجي الايبوكسي والبولي استر غير المشبع وصلت في بعض النسب الى ايقاف الاشتعال (اكثر من 4% لبعض المضافات المستخدمة هنا).

1-قياس معامل الاوكسجين المحدد لراتنج الايبوكسي: Measurement of the Limiting Oxygen Index of Epoxy resin

الجدول (1) يوضح نتائج هذه القياسات ويظهر فيها ولجميع النسب بان كفاءة المضافات كانت تتبع الترتيب الاتي:

IV > V > I > II > III

وقد بلغت اعلى قيمة لمعامل الاوكسجين المحدد (LOI) ما مقداره (28.15) عند استخدام 8% من المضاف IV مما يعني انه افضل المضـــافات وفيه يظهر الفعل التآزري واضحا للمطاط المكلور (حيث يحتوي 70% من تركيبه كلوراً) والمضاف I حيث توجد ثلاث ذرات بروم مما يدل على خفض كبير للهوبية بسبب تفكك المضاف عند اشتعال البوليمر واطلاق الجذور الحرة للكلور والبروم التي تكون جوا خاملا في منطقة اللهب حيث تعمل الاجزاء الناتجة (Fragments) على عزل البوليمر وتحجز الاوكسجين الذي يساعد في الاشتعال مانعة وصوله لاستمرار الاشتعال. كذلك فأن اوطأ النسب 2% حققت اعاقة للاشتعال كما موضح في الجدول مقارنة بقيم (LOI) للايبوكسي بدون مضافات والتي تبلغ (19.7).

2- قياس معامل الاوكسجين المحدد لراتنج البولي استر غير المشبع: Measurement of the Limiting

Oxygen Index of Unsaturated polyester resin

يظهر الجدول(2) نتائج هذا الفحص وفيه اعلى قيمة عند استخدام المضاف IV وبنسبة 8% حيث تبلغ (28.85) مما يعني انه اكفأ المضافات ومن خلال هذه النتائج فان هذه المضافات تتبع الترتيب الاتي:

IV > V > I > II > III

ويتضح بان (LOI) يزداد بزيادة النسبة المئوية للمضافات وان الكفاءة تعتمد على هذه المعوقات وان الفعل التآزري واضح للمضافين IV وV حيث انهما الافضل في الاداء نتيجة تكوين جو خامل حول سطح النموذج المحترق. حيث يعيق وصول الاوكسجين اللازم لاستمرار الاشتعال، كذلك فان اقل نسبة من المضاف III (2%) اعطت قيم لـ (LOI) مقدارها (23.25) وهي اعلى من (20.4) للراتنج بدون مضافات. ان سلوك هذه المضافات مع البولي استر غير المشبع يتطابق مع سلوكها مع الايبوكسي من حيث الاعاقة وترتيبها من حيث الكفاءة.

من نتائج الجدولين(1 و2) يتضح بان هذه المركبات هي الافضل كمعوقات للهب مقارنة الى ما تشير اليه الادبيات[23]، حيث اظهر استخدام 50% Al_2O_3 مع البولي استر غير المشبع أن (LOI) هو (25) وان استخدام نسب تصل الى 26% من بعض مركبات الفسفور العضوية اعطى (LOI) بقيمة (30.4) وكذلك الحال بالنسبة للايبوكسي حيث بلغت مع هذه المضافات (24) آخذين بنظر الاعتبار ان اعلى النسب المستخدمة في هذا البحث هي 8%.

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

3- قياس سرعة انتشار اللهب (معدل الاحتراق R.B) لراتنج الايبوكسي. Measurement of the Rate of Burning of Epoxy resin

اوضحت النتائج المدونة في جدول (3) ان انخفاضا كبيرا حصل في سرعة الاشتعال(R.B) نتيجة لزيادة النسبة الوزنية المئوية للمضافات المستخدمة لاعاقة اللهب (التناسب عكسي) وقد حصل اطفاء ذاتي عند نسبة 8% للمضافات V, III, II, I وعند النسبتين 6 و 8% للمضاف IV وهو الاكثر فعالية بين هذه المضافات (كما ظهر ذلك واضحا في اختبارات معامل الاوكسجين المحدد) حيث الفعل التآزري لمكوني هذا المضاف وهما المطاط المكلور (50% وزنا) مع رباعي اثيل امونيوم ثلاثي بروموفنيل فوسفين(50% وزنا) وذلك لاحتواءه على اجزاء بعد التفكك الحراري اكثر من غيره من المضافات (كلور، بروم، فسفور ونتروجين).

وبملاحظة القيم الاخرى في الجدول لـ AEB و ATB فان هذه المعوقات تتبع الترتيب الاتي في كفاءتها:

IV > V > I > II > III

وتتفق هذه النتائج مع تلك التي تم الحصول عليها من قياس معامل الاوكسجين المحدد للايبوكسي جدول(1).

4- قياس سرعة انتشار اللهب للبولي استر غير المشبع Measurement of the Rate of Burning of Unsaturated polyester resin

يبين الجدول(4) نتائج اختبارات معدل الاحتراق (R.B) وحد الاحتراق وزمن الاحتراق لراتنج البولي استر غير المشبع باستخدام نسب مختلفة (2 ـ 8 %) لمعوقات اللهب المستخدمة في هذا البحث ومن خلال قيم هذه النتائج فان التناسب عكسي بين (R.B) والنسب المستخدمة وان افضل النتائج كانت عند استخدام المضاف (IV) حيث لم يحصل اشتعال عند نسبتي 6 و 8 % وان كفاءة المضافات تتبع الترتيب الاتي: II > III > IV > V > I

وهذا يتطابق مع النتائج التي تم الحصول عليها من قياس (LOI) لهذا الراتنج كما ان ترتيب كفاءة هذه المعوقات يتطابق مع كفاءتها عند استخدامها مع راتنج الايبوكسي.

ويعود تفسير الكفاءة الجيدة لهذه المضافات الى تركيبها حيث تحتوي على جذور فعالة مع تحريرها مجموعة من الغازات غير القابلة للاشتعال والفحم الكربوني والتي تؤدي الى حجب الاوكسجين من الوصول الى المادة البوليمرية وعندها يتم تقليل او ايقاف الاشتعال.

5- قياس اقصى ارتفاع للهب (H) لراتنج الايبوكسي:

Measurement of the Maximum Height of flame of Epoxy resin

تظهر النتائج المدونة في الجدول (5) بان اقصى ارتفاع يصل اليه اللهب يتناسب عكسيا مع النسب الوزنية المئوية للمضافات المستخدمة حيث لاتوجد قيم عند النسب العليا نتيجة عدم الاشتعال (نسبة 6 و 8 %) للمضاف IV ونسبة 8% للمضافات الاخرى مما يشير الى ان المضاف IVاكثرها كفاءة كما مر معنا.

ان الانخفاض في ارتفاع اللهب (H) مؤشر على فعالية المعوقات المستخدمة نتيجة لفعلها في تثبيط تفاعلات سلســـلة اللهب من خلال اعاقة تفاعلات الاكسدة بازالة الجذور الحرة الفعـالة (·OOH, ·O, ·OH, ·H) المهمة لاستمرار التفاعل و ذلك لفعاليتها في تقليل كمية الاجزاء الهيدروكربونية المتدفقة إلـ ـــ ـعاقة اللهب الناتجة اثناء التعرئة الحرارية (Thermal

عدا ان هذه المضافات اكثر فعالية مع هذا الراتنج حيث لم نسجل اي قيم لـ (H) عند النسب 6 و 8% لجميع المضافات وان المضاف IV هو افضلها واكثرها كفاءة.

مما تقدم نستنتج ان المضافات تتبع الترتيب الاتي من حيث الكفاءة: IV > V > I > II > III

وهو ما يتطابق مع الفحوصات السابقة ويعود تفسيره الى تركيب كل من هذه المضافات والى الفعل التآزري الواضح للمضافينIV و V وهما الافضل.

جدول 1: LOI لراتنج الايبوكسي مع المضافات

% / Additive	Non	2	4	6	8
I	19.7	23.02	24.66	26.19	27.71
II	19.7	22.96	24.51	26.03	27.65
III	19.7	22.65	24.37	25.94	27.48
IV	19.7	23.37	24.93	26.53	28.15
V	19.7	23.25	24.78	26.77	27.90

جدول 2: LOI لراتنج البولي استر غير المشبع

% / Additive	Non	2	4	6	8
I	20.4	23.72	25.36	26.89	28.41
II	20.4	23.66	25.21	26.73	28.35
III	20.4	23.35	25.07	26.64	28.18
IV	20.4	24.07	25.63	27.23	28.85
V	20.4	23.95	25.48	26.97	28.60

6- قياس اقصى ارتفاع للهب (H) لراتنج البولي استر غير المشبع:

Measurement of the Maximum Height of flame of Unsaturated polyester resin

يوضح الجدول (6) نفس الاستنتاجات الواردة في الفقرة السابقة من حيث التناسب العكسي بين (H) ونسب المضافات

، معدل حد الاشتعال (AEB) ومعدل زمن الاشتعال(ATB) لراتنج الايبوكسي

Additive% / Test	Non	2	4
R.B(cm/min)	1.95	0.96	0.81
	1.95	1.01	0.93
	1.95	1.41	1.03
	1.95	0.58	0.20
	1.95	0.72	0.46
	10	6.2	3.5
	10	7.0	4.8
	10	9.0	6.1

جدول 4: قياس (R.B) ، (AEB و ATB لراتنج البو

2	4	6	8	Additive
0.72	0.46	-	-	I
0.76	0.51	-	-	II
0.84	0.59	-	-	III
0.57	0.32	-	-	IV
0.64	0.40	-	-	V
7.60	4.00			I

جدول 5: قياس اقصى ارتفاع للهب (H) لراتنج

2	4	6	8	Additive
5.0	3.5	2.5	-	I
5.5	4.0	3.0	-	II
6.0	4.5	3.5	-	III
4.0	2.0	-	-	IV
4.5	3.0	2.0	-	V
5.21	5.29	5.37		I

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. 2nd. Edn.
3. Rodriguez, F. **1970** .*Principles of Polymer System.* MeGraw- Hill, New York. 1nd.
4. Braun, D.; Cherdren, H. and Kern, W. **1972** *Techniques of Polymer Synthesis and Characterization*. Willey- Inter science, New York. 1st.Edn.
5. May, C. A. **1973**.*Epoxy Resin Chemistry and Technology*.Elservier, New York.1st.Edn.
6. Castan, E. **1984**. Process for manufacture of thermosetting synthetic resin, *U.S*., 444,333.
7. Sedlack, B. and Kahoves, J.**1987** .Crosslink Epoxide. N.Y.Edn.
8. Boeing, H.V. **1964**. *Unsaturated Polyester Structures and Properties*. Elservier, N.Y . 1st Edn.
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 polypropylenes. *Jms, Rev. Macromol. Chem. Phys.* C **24** (1): 69- 116.
11. Aliwi, S.M.; Ugal, J.R. and Ahmed, A.F. **2002**. Flame retardancy of polystyrene using tetra - ethyl ammonium haloorgano antimony salts. *Iraqi J. Polymer*. **6**(1):35-47.
12. Al-Baiati, M.N. **2005**. *Studying the Effect of Using some Inorganic Additives for Flame Retardancy and Increase of Fire Resistance of Unsaturated Polyester and Epoxy Resins*. M.Sc. Thesis, Baghdad University.
13. Line, S.C.; Bulkin, B.J. and Pearce, E.M. **1979**. Broad-line NMR studies of deformation and recovery in hard elastic polypropylene. *J.Polym. Sci*., **A-1**(17):3121-3127.
14. Jha, N.K.; Ugal, J.R. and Pankaj, S. **1993**. Mixed halophenylantimonates(III). I*nd.J. Chem.*, 32a, 71-73.
15. Anuual Book of ASTM, part 35. **1983**.
16. Camino, G.; Gosta, L. and Casorti, E. **1988**. The oxygen index method in fire retardance studies pf polymeric materials. *J. Appl. Polym. Sci*., **35**: 1863-1876.
17. Anuual Book of ASTM, Vol. 08-04. **1984**.
18. Anuual Book of ASTM, part 35. **1976**.
19. Leise Gang, E.C.; Stephen, A.M. and Paltersor- Jor, J.C.**1970**. Oxygen index for melamine formaldehyde and phenol

قصى ارتفاع للهب (H) لراتنج البولي استر غير المشبع

Additive% / Test	Non	2	4
H	14	6.0	2.5
	14	6.5	3.0
	14	7.0	3.5
	14	4.0	1.0
	14	4.5	1.5
	5.63	6.32	6.40
	5.63	6.30	6.38
	5.63	6.17	6.25
	5.63	6.35	6.42

formaldehyde. *J. Appl. Polym. Sci*., **14**:1961-1969.

20. Ugal, J.R. **2007**. The synergetic effect of borax and chlorinated paraffin as flame retardance for epoxy and unsaturated polyester resins. Ibn Al-Haitham, *J. for Pure and Appl. Sci*. **20** (1): 29-43
21. Al-Issa, M.A; Ugal, J.R. and Bahjat, M.N. **2008**. The effect of some aromatic haloorganoantimony compounds on retardation the composition of unsaturated polyester and epoxy resins. *Um-Salama Sci. J*. **5** (1):131-136.
22. Al- Baiati, M.N.; Ugal, J.R. and Al-Dabaghl, A.K. **2008**. The effect of some aromatic haloorganoantimony compounds on retardation the composition of unsaturated polyester and epoxy resins. *J. of the College of Basic Education,* **54**:33-48.
23. Faris, A. H. **2003**. *Study the Effect of Using Some Inorganic and Halogenated Additives for the Flame Retardancy and Increase the Fire Resistance of Epoxy Resins*, M.Sc. Thesis, University of Technology