Al-Khwarizmi Engineering Journal

Al-Khwarizmi Engineering Journal, Vol. 7, No. 4, PP 97-102 (2011)

استعمال تقنية الطلاء بمعيقات اللّهب لحماية المنشآت المدنية والصناعية من الحرائق

علي إبراهيم الموسوي عباس علي محمود علي جاهل سلمان نصر عبد الأمير علوش

المعهد التقني – بابل

البريد الالكتروني: aliibrahim76@yahoo.com

(Received 23 March 2011; Accepted 11 September 2011)

الخلاصة

تم في هذا البحث زيادة إعاقة اللّهب لأجزاء المنشآت المدنية والصناعية المصنعة من المواد المتراكبة البولميرية المتقدمة المقواة بالألياف بطلائها بطبقة سطحية مكونة من مادة معيقة للّهب . إستعمل رابع أوكسيد الأنتيمون كطبقة طلاء بسمك (3mm) لإعاقة اللّهب ومنع إنتشاره لطلاء سطح راتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) المقوى بألياف هجينة مكونة من حصيرة ألياف الكاربون وألياف كيفلار(٤٩) (٠° - ٤٥°) ، وتعريضها إلى لهب مباشر متولد من شُعلة غازية درجة حرارتها (2000ºC) وبمسافات تعرض مختلفة(20mm,15,10) ودراسة مدى مقاومة هذه الطبقة للحرارة ومدى قدرتها على حماية المادة المتراكبة التي تحتها .لقد أظهرت النتائج العملية التي تم التوصل إليها من إختبار التعرية الحرارية تحسن مقاومة المادة المتراكبة للحرارة العالية بعد إضافة طبقة رابع أوكسيد الأنتيمون وتزداد هذه المقاومة مع زيادة مسافة التعرض لحرارة اللّهب .

الكلمات المفتاحية: *إعاقة اللّهَب ، مادة متراكبة ، ألياف هجينة .*

١. المقدمة

يمكن تعريف معيقات اللّهَبْ على إنها مواد كيميائية لها القدرة على تحمل اللّهب المباشر حيث تعمل على منع نفاذه داخل المادة وكذلك منع إنتشاره وحتى إخماده بشكل كامل . تضاف معيقات اللّهَبْ إلى مواد ليس لها القدرة على مقاومة اللّهب لخفض قابلية إشتعالها مثل اللدائن، الأنسجة ، والدوائر الإلكترونية ومواد أخرى . تحتوي معظم معيقات اللّهب على عناصر الفسفور والأنتيمون و الكلور و البروم و البورون والنتروجين ،ومن الأمثلة عليها هي أكاسيد الأنتيمون والمواد التي تحتوي على عناصر الكلور و البروم التي تدعى بالمركبات الهالوجينية ومركبات كل من الفسفور والبورون والنتروجين [1].

هنالك إسلوبان معروفان لإعاقة اللّهب ، يعتمد الأسلوب الأول على منع وصول الأوكسجين إلى منطقة اللهب عن طريق توليد غازات غير قابلة للإحتراق حيث تسبب هذه الغازات في تسمم االلّهب بالجذور الحرة وإخماده . أما الإسلوب الثاني فإنه يعتمد على نظرية الإلتهاب الحرارية والتي تنص على إن معيقات اللّهب تحتاج إلى طاقة حرارية كي تتفكك مما يؤدي إلى خفض حرارة سطح المادة إلى درجة حرارة أقل من درجة إتقادها وبالتالي يتوقف الإحتراق [2].

قام الباحثون [Abbas, Ali,Mushtaq] بزيادة إعاقة اللّهب للمواد المتراكبة عن طريق إضافة مادة بورات الزنك بشكل طبقة طلاء بسمك (4mm) على سطح مادة متراكبة مكونة من راتنج الإرلدايت المقوى بألياف هجينة من ألياف الكاربون وألياف كيفلار وعُرض هذا النظام إلى لهب مباشر متولد من شُعلة أوكسي أستيلينية و شُعلة غازية وبمسافات تعرض مختلفة (20mm,15,10) حيث تم الحصول على أفضل النتائج عندما تكون مسافة التعرض كبيرة و أكبر نسبة للطبقة الحامية والتي هي بورات الزنك (نسبة 30%) ولكلا الشعلتين [3]. الباحث[Ali] قام بطلاء سطح مادة متراكبة مكونة من راتنج الإرلدايت (AY103) المقوى بألياف الكاربون- كيفلار الهجينة بطبقة من مادة معيقة للّهب متمثلة ببورات الزنك وبسمك (4mm) وتعريض هذه الطبقة من الطلاء إلى لهب مباشر متولد من الشُعلة الأوكسي أستلينية وبمسافات تعرض مختلفة (20mm,15,10) ودراسة مدى مقاومة هذه الطبقة للحرارة ومدى حمايتها للطبقة التحتية .أظهرت نتائج الإختبارات العملية زيادة كبيرة في المقاومة الحرارية وإعاقة اللّهب للمادة المتراكبة بعد طلائها ببورات الزنك إضافة إلى إرتفاع مقاومة اللّهب مع زيادة مسافة التعرض للشُعلة الحرارية [4]. قام الباحثون [Mostashari, Nia , Moafi] بإستعمال مجموعتين من المواد المعيقة للّهب الهايدروكسيدية (IA IIA ,)ودراسة تأثيرها على قابلية إشتعال ألياف القطن الصناعية [٥].

قام الباحثان[Horacek,Pieh] بتقديم دراسة متقدمة عن إستخدام المواد المعيقة للّهب النايتروجينية في الطلاء لحماية المواد اللدائنية من مهاجمة اللّهب حيث إستخدما مواد (Sodium Silicate) و (Vermcular) كمادة معيقة للّهب مضافة إلى الطلاء لتحسين كفاءته لمقاومة اللّهب ، حيث أوضحا في النتائج التي حصلا عليها بأن هذه المعيقات تقوم ببناء رغوة عضوية-لاعضوية أثناء فعل الإنتفاخ (Intumescent Action) بوجود النار وهذه الرغوة تتغير ببطأ إلى رغوة لاعضوية نقية تُحيط الطبقات السفلى للمادة [6] . قدم الباحثان [Edward, Michael] بحثاً يتضمن دراسة تأثير حالة المادة المعيقة للّهب

على مقاومة راتنج البولي بروبلين للهب وثباتيته للأشعة فوق البنفسجية حيث إستخدما ثالث وخامس أوكسيد الأنتيمون على شكل حبيبات ذات تركيب غروي إذ أوضحت النتائج التي حصلا عليها بأن النظام المعيق للهب المعروف بإسم (Burn Ex 2000) حصل على خواص فيزيائية جيدة وخواص جمالية وإعاقة للهب عند مستويات تحميل واطئة جداً [7] .

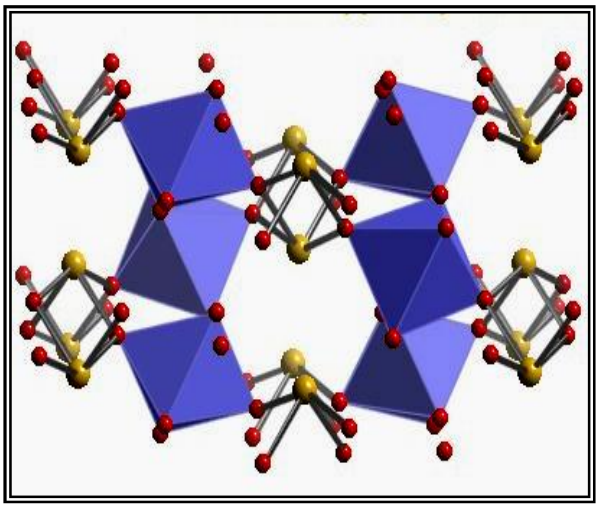
١.١. رابع أوكسيد الأنتيمون (Antimony tetroxide)

ينتمي رابع أوكسيد الأنتيمون (Sb_2O_4) إلى معيقات اللهب غير العضوية ، وهو أوكسيد مزدوج متكون من ثالث أوكسيد الأنتيمون و خامس أوكسيد الأنتيمون ، ينتج من تسخين ثالث أو خامس أوكسيد الأنتيمون أو معدن الأنتيمون إلى درجة حرارة(900ºC-800ºC) . يتم إضافة هذا الأوكسيد على شكل حشوات إلى المواد اللدائنية بسبب التوصيل الحراري الضعيف جدا لهاً والغرض من هذه الإضافة هو لإحداث تغييرات في معاملات توصيلها الحراري أو يتم إضافته بشكل طبقة خارجية لحمايتها من اللهب المباشر. يفقد رابع أوكسيد الأنتيمون الأوكسجين عند تسخينه بشدة إلى حوالي (1060ºC) متحولاً إلى ثالث أوكسيد الأنتيمون (Sb_2O_3) [8]. الشكل رقم (١) يوضح التركيب البلوري لرابع أوكسيد الأنتيمون .
عند تسخين ثالث أوكسيد الأنتيمون في الهواء يتكون رابع أوكسيد الأنتيمون كما في المعادلة التالية :

$$Sb_2O_3 + 0.5\ O_2 \rightarrow Sb_2O_4 \quad \Delta H = -187\ kJ/mol$$

وعند تسخين خامس أوكسيد الأنتيمون إلى درجة حرارة(800ºC) فإنه يفقد الأوكسجين ويتحول إلى رابع أوكسيد الأنتيمون وحسب المعادلة التالية :

$$Sb_2O_5 \rightarrow Sb_2O_4 + 0.5\ O_2 \quad \Delta H = -64\ kJ/mol$$



الشكل رقم -١- التركيب البلوري لرابع أوكسيد الأنتيمون [8]

٢.١. المادة المتراكبة (Composite Material)

تتكون المادة المتراكبة (Composite Material) من جمع مادتين مختلفتي الخواص الميكانيكية والفيزيائية والغرض من هذا الجمع هو إستنباط خواص جديدة لم تكن متوفرة في المواد الأصلية. يوجد في الطبيعة الكثير من الأمثلة على المواد المتراكبة ومنها ألياف السليلوز مع مادة الخشب [9]. أما في الصناعة فإن تقوية الراتنجات بالألياف الصناعية هي الأكثر إنتشاراً، و لتصنيع مادة متراكبة يجب توفر مادتين هما:

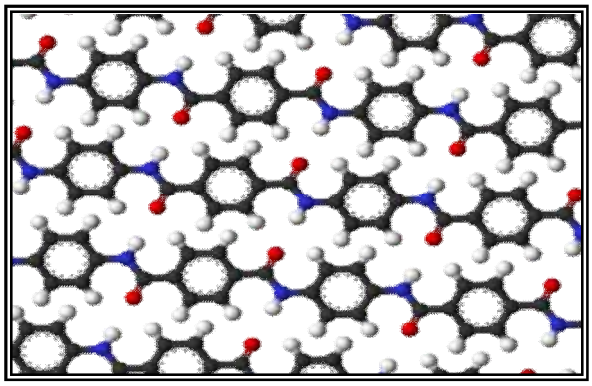
١- المادة الأساس (Matrix Material)
تكون مواد الأساس أما مواد معدنية متكونة من المعادن وسبائكها ، أو قد تكون مواد سيراميكية ، كذلك تكون المادة الأساس مواد بوليميرية وهي الأكثر إستعمالاً وإنتشاراً لِما تتميز به من خواص ميكانيكية وفيزيائية جيدة [10].
٢- مادة التقوية (Reinforcing Material) .
هناك عدة طرق للتقوية منها التقوية بالدقائق والتي تكون بقطر أكبر من (1µm) وبأشكال مختلفة منها الإبرية والكروية والقِشرية ، كذلك تتم التقوية بالتشتت ويكون قطر الدقائق أقل من (0.1µm) . أما أكثر أساليب التقوية شيوعاً فهي التقوية بالألياف نظراً لِما تتميز به من متانة جيدة ومقاومة نوعية عالية مقارنة بالمواد الراتنجية ، وتكون الألياف بأنواع وأشكال مختلفة فمنها ما يكون بشكل مستمر أو مقَطعْ أو بشكل ظفائر محاكة [١١].

٣.١. راتنج البولي أستر (Polyester Resin)

تنتمي راتنجات البولي أستر غير المشبع ومن ضمنها إلى مجموعة الراتنجات المتصلدة بالحرارة حيث تتميز هذه الراتنجات بعدم إمكانية إعادة تشكيلها بالحرارة بعد تحولها إلى مادة صلبة نتيجة لتكون سلاسل بوليميرية طويلة متشابكة مع بعضها وهو ما يسمى بالربط التشابكي (Cross Linking) . يتصف راتنج البولي أستر بخواص حرارية جيدة إذ يتحمل الحرارة لغاية (260ºC) وكذلك يمتاز بمقاومة كهربائية ممتازة ومقاومة كيميائية للمذيبات والأحماض والأملاح ومقاوم للتآكل والتأثيرات البيئية ولكنه يتصف بالضعف والهشاشة [11].
تستعمل راتنجات البولي أستر بشكل عام في المجالات التي ترتفع فيها درجة الحرارة إلى مدى كبير نسبياً ،كذلك يستعمل البولي أستر في التطبيقات التي تتطلب جودة عالية في السطح. يضاف البولي أستر إلى الألياف الزجاجية لصناعة هياكل القوالب ومكونات أجسام الطائرات والسيارات وغيرها من الصناعات [9].

٤.١. ألياف التقوية (Reinforcing Fibers)

تمتلك ألياف الكاربون العديد من المزايا منها :الخمولية حيث تمتلك مقاومة عالية ضد الرطوبة ولأغلب المواد الكيميائية الشائعة ، موصلية كهربائية وحرارية عالية على طول محور الألياف ، وثبات الأبعاد وإنخفاض التمدد الحراري المحوري . تتضمن ألياف الكاربون بلورات صغيرة من مادة (Turbostratic Graphite) والتي هي أحد الأشكال المتآصلة للكاربون [12]. أما ألياف كيفلار(٤٩) وهي التسمية التجارية لألياف الأرمايد العضوية حيث تمتلك مقاومة شد ومعامل مرونة عاليين مع كثافة تساوي تقريباً نصف كثافة الألمنيوم إضافة إلى إمتلاكها متانة جيدة ومعامل تمدد حراري سالب . إن إعاقة اللهب العالية التي تتصف بها هذه الألياف جعلها كثيرة الإستعمال في المجالات العسكرية وتطبيقات الطيران [١٣] . الشكل رقم (٢) يوضح التركيب الكيميائي لألياف كيفلار .



الشكل رقم -٢- التركيب الكيميائي لألياف كيفلار [9].

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق هدف أساسي هو تحضير وتصنيع مادة معيقة للهب مكونة من رابع أوكسيد الأنتيمون لها القدرة على إعاقة إنتشار اللهب وبالتالي إخماده مما يقلل من الأخطار المتولدة من الحرائق.

٢. الجزء العملي

يتضمن الجزء العملي أنواع المواد الأولية وكيفية تحضيرها إضافة إلى إختبار التعرية الحرارية الذي تم إجراءه على المادة المتراكبة .

٢.١.المواد المستخدمة في البحث

تم في هذا البحث إستعمال المواد التالية :

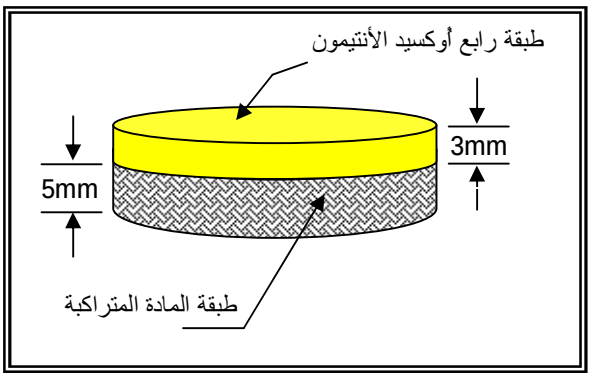
a- رابع أوكسيد الأنتيمون (Antimony tetroxide) .
إستعمل رابع أوكسيد الأنتيمون (Sb_2O_4) وبحجم حُبَيبي (10µ) وبنقاوة (٩٩.٥%) وقد تم إجراء الفحص الكيميائي عليه بواسطة (X-Ray Fluorescent). الشركة المجهزة لهذا الأوكسيد هي (BDH Chemical Ltd Pool England) .

b- راتنج البولي أستر (SIROPOL 8340-PI) .
هذا الراتنج مجهز من قبل شركة (Saudi International Resin .Ltd (SIR)) .

c- ألياف الكاربون وكيفلار الهجينة .
تم إستعمال حصيرة من ألياف الكاربون وكيفلار(٤٩) الهجينة (٠° - ٤٥°) ذات كثافة ($1.75\ g/cm^3$) و ($1.45\ g/cm^3$) على التوالي والمجهزة من قِبل شركة (K and C Moulding Ltd).

٢.٢. نماذج إختبار التعرية الحرارية

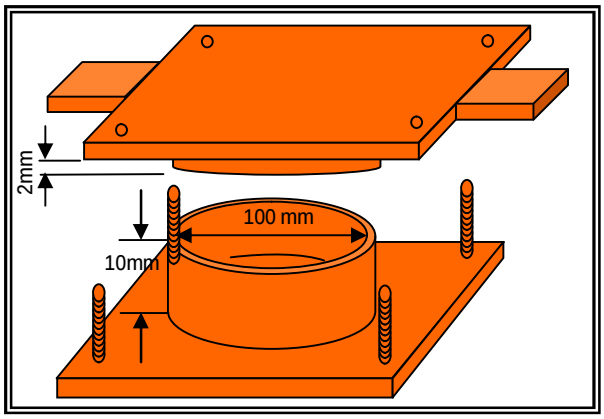
تتكون نماذج إختبار التعرية الحرارية من طبقتين ، الأولى متكونة من رابع أوكسيد الأنتيمون وتكون بسُمكْ (3mm)، تليها طبقة المادة المتراكبة المكونة من راتنج البولي أستر غير المشبع و ألياف الكاربون وكيفلار الهجينة وتكون بسُمكْ(5mm)، لذلك يكون مجموع سمك النموذج (8mm ±١%) والشكل رقم (٣) يمثل رسماً تخطيطياً لشكل النموذج.



الشكل رقم -٣- نموذج إختبار التعرية الحرارية.

تتم طريقة تصنيع نماذج إختبار التعرية الحرارية بتهيئة قطع دائرية الشكل من الألياف الهجينة وبقطر (100 mm) . تم إستعمال القولبة اليدوية في تحضير هذه النماذج ،حيث يُطلى القالب الموضح في الشكل رقم (٤) بمادة الورنيش لتفادي إلتصاق النماذج بعدها يرش القالب بمادة بولي فنيل الكحول (polyvinyl Alcohol) الذي يسهل فصل النماذج من القالب . يتم إضافة المادة المعجلة (Cobalt Octoatel) إلى راتنج البولي أستر غير المشبع والتي تحتوي على كوبالت فعال بنسبة (6%) وتخلط معه جيداً . يُصلد هذا الراتنج بإضافة مادة بيروكسيد مثيل أثيل كيتون (MEKP) إليه بنسبة (٢%). توضع كمية من الراتنج على سطح القالب الداخلي وتنشر بفرشاة لضمان توزيعه بانتظام بعدها توضع الطبقة الأولى من الألياف ثم نضع كمية اخرى من الراتنج عليها وهكذا لبقية الطبقات لتتكون مادة متراكبة بالسمك المطلوب . تم إستخدام الطريقة الوزنية في حساب كمية كل من الألياف والراتنج المستخدمة في تصنيع المادة المتراكبة ،حيث إستُخدم (٤٠%) نسبة وزنية من راتنج البولي أستر غير المشبع و(٦٠%) نسبة وزنية من الألياف .

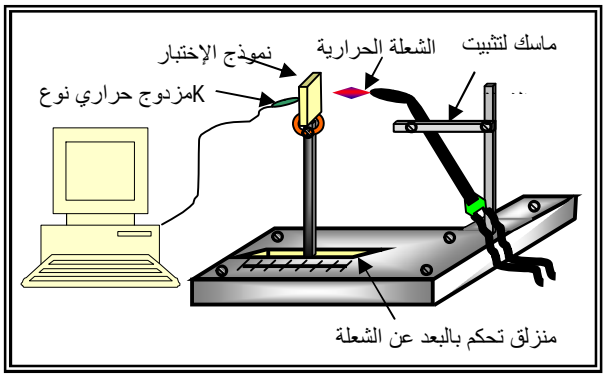
بعد ذلك توضع المادة المعيقة للهب وهي رابع أوكسيد الأنتيمون على المادة المتراكبة ويتم كبسها في القالب وتترك لتتصلب . بعدها يتم إستخراج المادة المتراكبة (راتنج + ألياف + المادة المعيقة للهب) وتترك لتتصلب لمدة (٢٤ ساعة). بعدها توضع المادة المتراكبة في فرن درجة حرارته (75ºC) لإكمال التصلب.



الشكل رقم-٤- قالب تصنيع نماذج اختبار التعرية الحرارية.

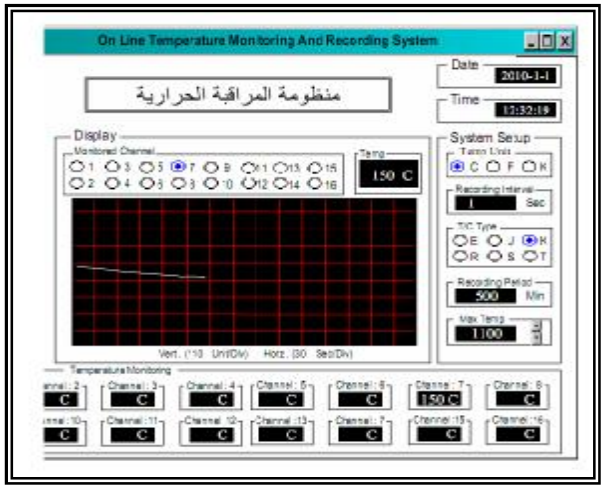
٣.٢. اختبار التعرية الحرارية

إستُعمل في هذا الإختبار الشعلة الغازية وتبلغ درجة حرارتها (2000ºC) حيث تم إختبار المادة المعيقة للّهب وهي رابع أوكسيد الأنتيمون بطريقة حساب درجة حرارة السطح وكما موضح في الشكل رقم (٥) وتسليطها بمسافات (20mm,15,10).



الشكل رقم -٥- إختبار التعرية الحرارية.

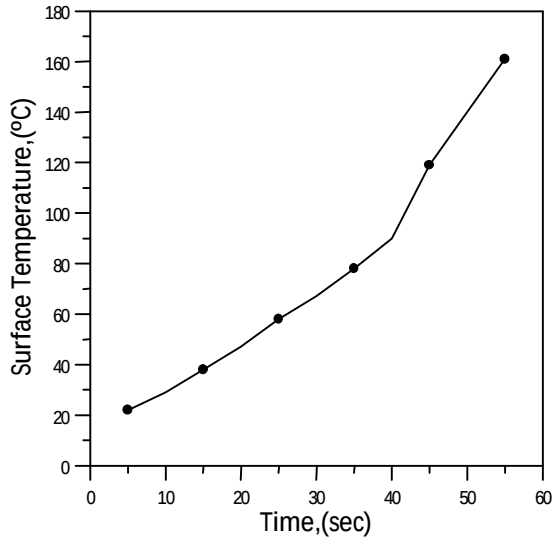
ومن أجل قياس وخزن درجات الحرارة خلف النموذج والوقت (بالثواني) فقد تم إستعمال بطاقة التحويل (AD) والتي يطلق عليها منظومة المراقبة الحرارية والموضحة في الشكل رقم (٦) والتي تثبت في الحاسوب الإلكتروني . تم تصميم هذه البطاقة من قبل قسم الهندسة الميكانيكية/جامعة تكريت والتي تؤمن الإظهار المباشر لتغير كل قراءة مع الزمن على واجهة شاشة الحاسوب والتي يتم الحصول عليها من خلال مزدوج حراري نوع K موصول في الجهة المقابلة للشُعلة الحرارية .



الشكل رقم -٦- منظومة المراقبة الحرارية.

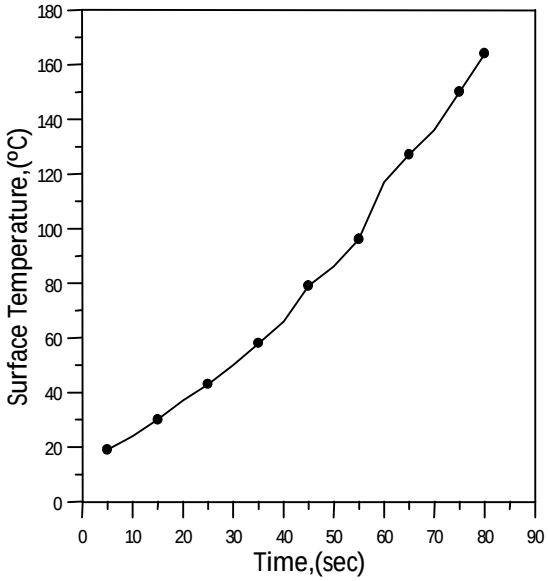
٤. النتائج والمناقشة

الشكل رقم (٧) يمثل إختبار التعرية الحرارية بالشعلة الغازية على المادة العازلة والمعيقة للّهب وهي رابع أوكسيد الأنتيمون وبمسافة تسليط للشعلة قدرها (10mm) حيث تبدأ درجة حرارة السطح الواقع خلف الشعلة الحرارية بالإرتفاع مع زيادة الفترة الزمنية لتسليط الشعلة . أن هذه الزيادة في درجة حرارة السطح تقود إلى تقدم اللّهب داخل المادة المعيقة للّهب وإختراقه لها مسبباً إندفاع الحرارة إلى الداخل مما ينتج عنه إنهيار المادة المعيقة للّهب مع مرور الزمن [14].



الشكل رقم -٧- مسافة الاختبار (10mm).

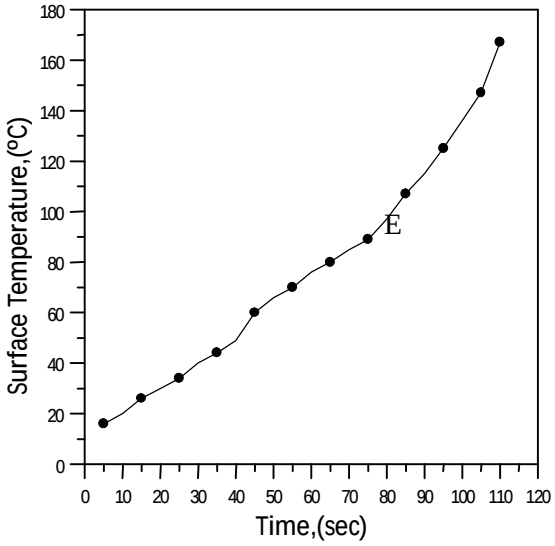
الشكل رقم (٨) يبين إختيار التعرية الحرارية وبمسافة تسليط للشعلة الحرارية مقدارها (15mm). حيث نلاحظ إنه بزيادة مسافة تسليط الشعلة تزداد الفترة الزمنية لإنهيار المادة المعيقة للّهب مع زيادة درجة حرارة السطح وبشكل أقل مما في الحالة السابقة [15].



الشكل رقم -٨- مسافة الإختبار (15mm).

الشكل رقم (٩) يمثل إختبار التعرية الحرارية وبمسافة إختبار (20 mm) حيث نلاحظ زيادة الفترة الزمنية لمقاومة رابع أُوكسيد الأنتيمون بزيادة المسافة الفاصلة بينه وبين الشعلة الغازية ، حيث أرتفع الوقت المقاوم لإنهيار رابع أُوكسيد الأنتيمون أي إرتفعت مقاومته للّهب وهذا يرجع إلى إنخفاض كمية الحرارة التي تصل

إلى المادة المعيقة للهب وبالتالي زيادة مقاومتها لإختراق اللهب [4].



الشكل رقم -٩- مسافة الاختبار (20mm).

٥. الاستنتاجات

١ - إستعمال تقنية الطلاء السطحي بدلاً من الحشوات سمح برفع درجات حرارة المادة المتراكبة وبشكل كبير بدون أن تتلف .
٢- ثبوت كفاءة طبقة طلاء رابع أوكسيد الأنتيمون وقابليتها على حماية طبقة المادة المركبة التي تحتها مما يسمح بإستعمالها في مواد الطلاء .
٣- تحسن المقاومة لإنتشار اللهب بزيادة مسافة تسليط الشعلة وأفضل مسافة هي (20mm).

٦. المصادر

[1] Heinrich Horacek , Stefan pieh " The Importance of Intumescent Systems for Fire protection of plastic Materials ", polymer International ,49 , 2000 .

[2] Flame Retardants Association(EFRA) - European Chemical Industry Council " How Do Flame Retardants" , 2006.

[3] Abbas A. Al-Jeebory ,Ali I. Al-Mosawi, Mushtaq T.Ali. AlBdiry "Experimental Study of the Effect of Zinc Borate on Flame Retardancy of Carbon- Kevlar Hybrid Fibers Reinforced Composite Materials" , Al-Qadessiyah Journal For Engineering Science, pp 126-132 . Vol. 1,No.1 , 2008 .

[4] Ali I.Al-Mosawi "Hybrid fire retardants to increasing combusting resistance for fibers-reinforced composites" , National Journal of Chemistry, Vol 41, 2011.pp 48-54 .

[5] Mostashari S. M ,Nia Y. K, Moafi H. F "Comparison between the selected hydroxides of groups IA and IIA as flame retardants for cotton fabrics " , Journal of Combustion, Explosion, and Shock Waves , Volume 43, Number 2 / March, 2007 .pp 194-197 .

[6] Heinrich Horacek and Stefan pieh " The Importance of Intumescent Systems for Fire protection of plastic Materials ", polymer International ,49,2000.

[7] Edward A.Myszak, Jr. and Michael T.sobus " Flame Retardant Developments For polypropylene " Nyacol Nano Technologies, Inc. 2000.

[8] A.R.Horrocks ,D.Price "Flame Retardant Materials " , Woodhead Publishing , 2003.

[9] Mallick ,P.K "Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, and Design" , 3rd Edition , CRC Press , 2007.

[10] William D. Callister ,Jr "Materials Science and Engineering An Introduction" , 6th Edition , John Wiley &Sons , 2003.

[11] Michel Biron " Thermoplastics and Thermoplastic Composites " , First Edition , Elsevier , 2007.

[12] Liyong Tong ,Adrian P.Mouritz ,Michael K.Bannister "3D Fiber Reinforced Polymer Composites" , First Edition , Elsevier Science Ltd , 2002.

[13] DeGarmo ,E.P, J.T. Black, and R.A. kohser " Materials and processes in Manufacturing " , 10th Edition , john Wiley & Sons , 2008.

[14] Huy K. Tran , Christine E. Johnson , Daniel J. Rasky , and Frank C.L Hui " phenolic Impregnated Carbon Ablators (PICA) as Thermal protection Systems for Discovery Missions ", NASA Technical Memorandum , April , 1997 .

[15] Abbas A. Al-Jeebory , Ali I. Al-Mosawi, Kareem D. jaseem "Improving Thermal Resistance for Composite Material Reinforced by Fibers by Using Flame Retardant Material Layer " , Al-Qadessiyah Journal For Engineering Science, pp 42-50 . Vol. 2,No.2 , 2009 .

Using of Coating Technique by Inorganic Flame Retardants to Protect Civil and Industrial Foundations from Fires

Ali I. Al-Mosawi Abbas A. Mahmood Ali J. Salaman Naser A.Alwash
Technical Institute-Babylon
Email: **aliibrahim76@yahoo.com**

Abstract

In the present research the flame retardancy to buildings and industrial foundations which are manufacturing from advanced polymeric composite material was increased by coating it with surface layer included flame retardant material. A(3mm) thick antimony tetroxide was used as a coated layer to retard and prevent the flame spread to the coating surface of polyester resin (SIROPOL 8340-PI) reinforced with hybrid fibers as a woven roving (٠°-٤٥°) consist of carbon and kevlar (49) fibers, and exposed it to direct flame generated from gas torch at temperature of (2000ºC), at different exposed distance (10,15,20mm)and study the rang of resistance for this layer and its ability to protect the under composite material . The result obtained from erosion test show an improvement to the resistance of the composite material to high temperature after addition of antimony tetroxide layer and this resistance increased with increasing the exposed distance of flame .