تحسين مقاومة اللّهب لمادة مركبة مكونة من راتنج الفينول فورمالدهيد المقوى بألياف الكاربون بإستخدام طبقة من مادة معيقة للّهب

Improvement of Flame Resistance for Composite Material Consist of Phenol Formaldehyde Resin Reinforced by Carbon Fibers by Using Flame Retardant Material Layer

علي إبراهيم الموسوي
المعهد التقني - بابل

مشتاق طالب البديري
جامعة القادسية

الخلاصة :
يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير إضافة مادة معيقة للّهب مكونة من بورات الزنك على شكل طبقة طلاء بسمك (3mm) على سطح مادة مركبة مكونة من راتنج الفينول فورمالدهيد المقوى بألياف الكاربون وبنسب إضافة مختلفة من المادة المعيقة للّهب (30%,20%,10%) وملاحظة مدى مقاومتها للّهب الناتج من إستخدام الشعلة الأُوكسي أستيلينية وبمسافات تعرض مختلفة وبالتالي مدى تأثر المادة المركبة التي تقع تحتها وكما موضح في المخططات البيانية
الكلمات الدالة : مادة مركبة ، مادة معيقة للّهب ، مقاومة اللّهب .

Abstract :

The objective of this study is to investigate effect of flame retardant material addition includes zinc borate as layer thickness (3mm) on composite material surface which consist of phenol formaldehyde resin reinforced by Carbon fiber with (10%,20%,30%) flame retardant material and observes its flame resistance to oxyacetylene flame in different exposed distance as illustrated in the diagrams between surface temperature and time .
Keywords : composite material , flame retardant material , flame resistance .

I- المقدمة (Introduction) .

تُعرَفْ المواد المعيقة للّهَبْ على إنها مواد كيميائية لها القدرة على تحمل اللّهب المباشر حيث تعمل على منع نفاذه داخل المادة وكذلك منع إنتشاره وحتى إخماده بشكل كامل ،وتضاف إلى مواد ليس لها القدرة على مقاومة اللّهب لتحسين خواصها الحرارية . من أكثر المواد التي تُضاف إليها معيقات اللّهب هي اللدائن ، الأنسجة ، والدوائر الإلكترونية ومواد أخرى ، وتضاف المواد المعيقة للّهب أثناء أو بعد تصنيع المواد المراد حمايتها من الإحتراق . إن تطور معيقات اللّهب سمح بالإستعمال الآمن للمواد التي لها القابلية للإشتعال عن طريق خفض قابليتها للإشتعال وخفض معدل إحراقها . تحتوي معظم معيقات اللّهب على عناصر الفسفور والأنتيمون و الكلور و البروم و البورون والنتروجين[١] .

II- بورات الزنك (Zinc Borate).

تنتمي بورات الزنك إلى مجموعة معيقات اللّهب غير العضوية(Inorganic Flame Retardant Materials) والتي تستخدم لحماية المواد اللدائنية من اللّهب وصيغتها الكيميائية هي ($ZnO. B_2O_3. H_2O$) و يمكن لبورات الزنك أن تحل محل أكاسيد الأنتيمون كمعيق لّهب محفز في اللدائن والمطاط حيث تعمل على زيادة فعالية إعاقة اللّهب الأولية بواسطة طرح الجذور الحرة[٢] . تكون بورات الزنك على شكل مسحوق أبيض متبلور ومستقرة في الظروف الإعتيادية. عند تعرض هذا النوع من معيقات اللّهب إلى الحرارة فإنه لا يتبخر وإنما يتحلل ويحرر غازات غير قابلة للاشتعال مثل بخار الماء وثاني أُوكسيد الكاربون وثاني أُوكسيد الكبريت وكلوريد الهيدروجين وغيرها من الغازات [٣]. ينتج أكثر المركبات غير العضوية ومنها بورات الزنك تفاعلات ماصة للحرارة . تعتمد آلية عملها على تفككها في درجات الحرارة العالية مما يؤدي إلى تحريرها لغازات غير قابلة للإشتعال تعمل على تخفيف مزيج الغازات القابلة للإشتعال ومن ثم عزل سطح المادة اللدائنية عن الإتصال بالأوكسجين كذلك تكون طبقة زجاجية حامية على الطبقة السفلية للمادة تمنع تأثيرات الأوكسجين والحرارة [٤]. الجدول رقم (١) يوضح بعض خواص بورات الزنك .

الجدول رقم (١)
بعض خواص بورات الزنك[١]

Property	Appearance	Melting Point °C	Density g/cm^3	PH	Mol Wt
Value	White Crystalline	980	3.64	٧.٦	٤٣٤.٦٢

III – المادة المركبة (Composite Material).

عُرفتْ تقنية تصنيع المواد المركبة بأبسط صورها منذ قرون عدة حيث إستخدمها البابليون في بناء بيوتهم عن طريق خلط نشارة الخشب بمادة الطين لتقويته . تتكون المادة المركبة من دمج مادتين مختلفتين في الخواص الميكانيكية والفيزيائية والغرض من هذا الجمع هو إستنباط خواص جديدة لم تكن متوفرة في المواد الأصلية . يوجد في الطبيعة الكثير من الأمثلة منها ألياف السليلوز مع مادة الخشب [٥]. أما في الصناعة فإن تقوية الراتنجات بالألياف الصناعية هي الأكثر إنتشاراً. و لتصنيع مادة مركبة يجب توفر مادتين هما :-

١- المادة الأساس (Matrix Material).

تكون مواد الأساس أما مواد معدنية(Metallic Materials) متكونة من المعادن وسبائكها وتتميز بثقل وزنها ومتانتها العالية ،أو قد تكون مواد سيراميكية(Ceramic Materials) والتي تمتاز بخفة وزنها ومقاومتها المرتفعة لدرجات الحرارة العالية ولكنها ضعيفة المقاومة لقوى الصدم. كذلك تكون المادة الأساس مواد بوليميرية(Polymeric Materials) وهي الأكثر إستعمالاً وإنتشاراً لِما تتميز به من خواص ميكانيكية وحرارية جيدة. ومن الأمثلة على المواد البوليمرية هو راتنج الفينول فورمالدهيد والبولي أستر والإيبوكسي [٦].

٢- مادة التقوية (Reinforcing Material) .

تمتاز مادة التقوية بصفتين أساسيتين هما المقاومة العالية والمطيلية المنخفضة حتى تستطيع تقوية مواد الأساس . هناك عدة طرق للتقوية منها التقوية بالدقائق(Reinforcing by (Particulate والتي تكون بقطر أكبر من (1 µm) وبأشكال مختلفة منها الإبرية والكروية والقِشرية ، كذلك تتم التقوية بالتشتت(Reinforcing by (Dispersed ويكون قطر الدقائق أقل من 0.1µm) (. أما أكثر أساليب التقوية شيوعاً فهي التقوية بالألياف (Reinforcing by Fibers) نظراً لِما تتميز به من قوة كبيرة مقارنة بالمواد الراتنجية ، وتكون الألياف بأنواع وأشكال مختلفـــة فمنها ما يكون بشكل مستمر أو مقَطعْ أو بشكل ظفائر محاكة [٧].

IV – المواد المستخدمة في البحث .

تم في هذا البحث إستخدام المواد التالية:

١- المادة المعيقة للّهب(Flame Retardant Material).

تم إستخدام مادة بورات الزنك ٢٣٣٥ ذات الرمز ($2ZnO.3B_2O_3.3.5H_2O$) والمجهزة من قبل شركة (C-Tech Corporation) والتي تتمتع بقدرة جيدة على إعاقة اللّهب والجدول رقم (٢) يوضح التركيب الكيميائي لبورات الزنك المستخدمة في البحث .

الجدول رقم (٢)

التركيب الكيميائي لبورات الزنك [٨].

Compound	Zinc Oxide	Boric Anhydride	Water of Hydration
Symbol	ZnO	B_2O_3	H_2O
Percentage Content	٣٧	٤٧	١٤

٢- راتنج الفينول فورمالدهيد (Phenol Formaldehyde).

يمتلك راتنج الفينول فورمالدهيد مقاومة حرارية وكيميائية جيدة وذو قابلية إشتعال واطئة .

٣- ألياف الكاربون (Carbon Fibers) .

وتصنع من التفحم والتحلل الحراري لراتنج البولي أكريلونتريل في درجة حرارة (٢٦٠٠ ^oC) وتتصف بمقاومة عالية لتأثيرات الرطوبة ودرجات الحرارة فوق المدى الذي تعمل به معظم المواد الرابطة .أستخدم في هذا البحث ألياف الكاربون محاكة ثنائية الإتجاه (٠^o-٩٠^o) ذات كثافة سطحية($225g\backslash m^2$).

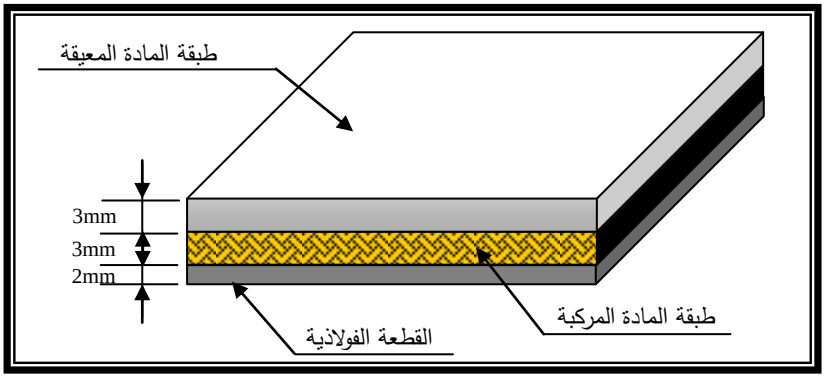
V- تحضير نماذج الإختبار (Test Specimens Preparation).

تم في هذا البحث صنع عينات مربعة الشكل (100mm*100mm) والتي تتكون من ثلاث طبقات والموضحة في الشكل رقم (١) وهذه الطبقات هي:-

١- طبقة المادة المعيقة للّهب ويبلغ سمكها (3mm).

٢- طبقة المادة المركبة والمتكونة من راتنج الفينول فورمالدهيد المقوى بألياف الكاربون ثنائية الإتجاه وبنسبة ٤٠% راتنج ٦٠%ألياف (نسبة وزنية) وسمكها (3mm).

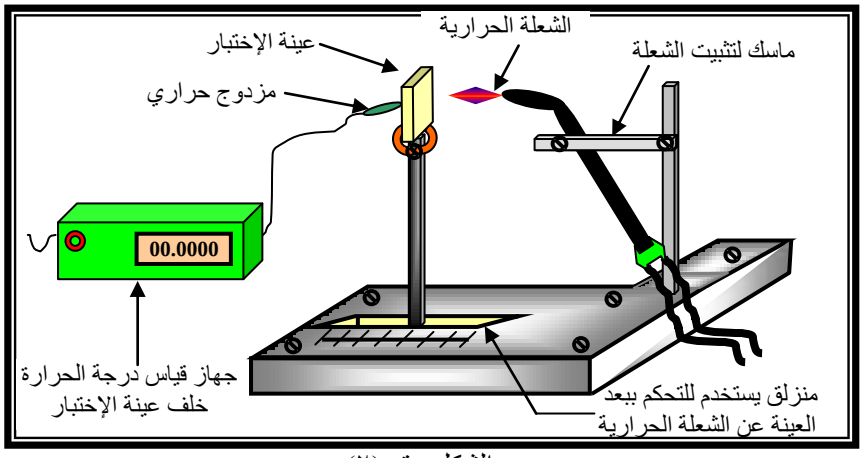
٣- القطعة الفولاذية بسمك(2mm). والتي تستخدم خلف المادة المركبة والتي يوضع عليها جهاز قياس درجة الحرارة .



الشكل رقم (١)
نموذج إختبار التعرية الحرارية

VI- إختبار التعرية الحرارية (Thermal Erosion Test) .

تم في هذا البحث إستخدام الشعلة الأوكسي أستيلينية والتي تبلغ درجة حرارتها أكثر من (٣٠٠٠ ^{o}C) لتوليد اللّهب المسلط على العينة وكما موضح في الشكل رقم (٣) وتم قياس مقدار درجة الحرارة المنتقلة عبر هذه الطبقات الثلاث للمادة ومدة فشل المادة المعيقة للّهب وبمسافات تعرض للشعلة (20mm , 15mm ,10mm).

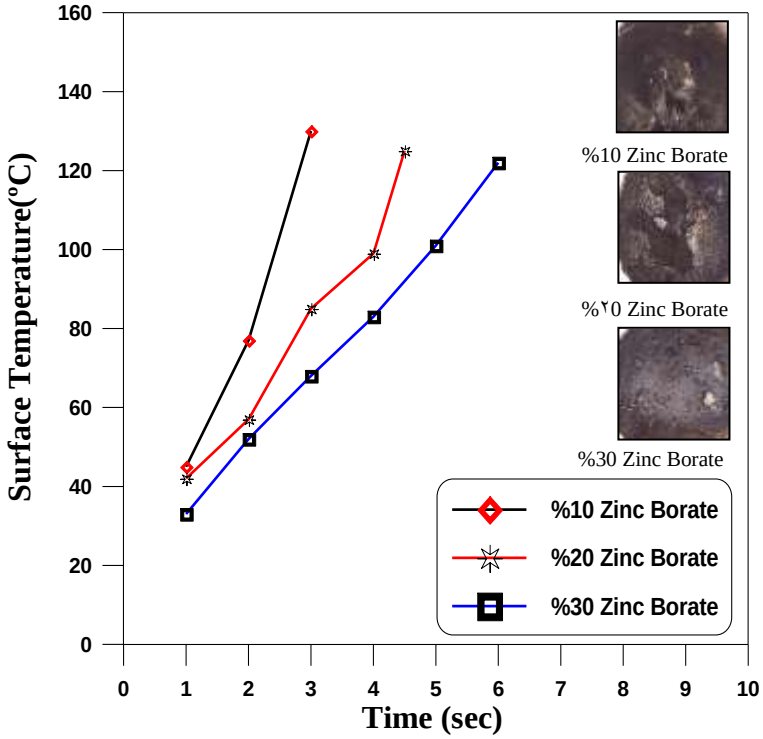


الشكل رقم (٢)
إختبار التعرية الحرارية

VII – النتائج والمناقشة (Results and Discussion).

يعتبر راتنج الفينول فورمالدهيد المقوى بألياف الكاربون من المواد التي تستخدم في التطبيقات التي تتعرض لدرجات حرارية عالية مثل تطبيقات الفضاء حيث عند تعرضه للحرارة العالية يتحلل إلى الكاربون وتعمل هذه الطبقة المتحللة والمحترقة كعازل للحرارة فيحمي المادة التي تحته ، ولكن سلوك المادة عند تعرضها للّهب المباشر يختلف تماماً حيث هنا درجة الحرارة عالية ولّهب ينتشر ومعدل إختراق عالي فلا تستطيع المادة المقاومة لذلك تم إضافة المادة المعيقة للّهب لتقلل من إنتشار اللّهب وإتاحة الوقت الكافي للطبقة التحتية للمادة المركبة بأن ترتفع درجة حرارتها وتتحول إلى الكاربون (طبقة متفحمة) لتحمي نفسها . لذلك يعتبر إختبار الشعلة الحرارية مقياساً لمدى مقاومة المادة لإنتشار اللّهب وكذلك تحديد صلاحيتها كمادة عازلة في درجات الحرارة العالية .

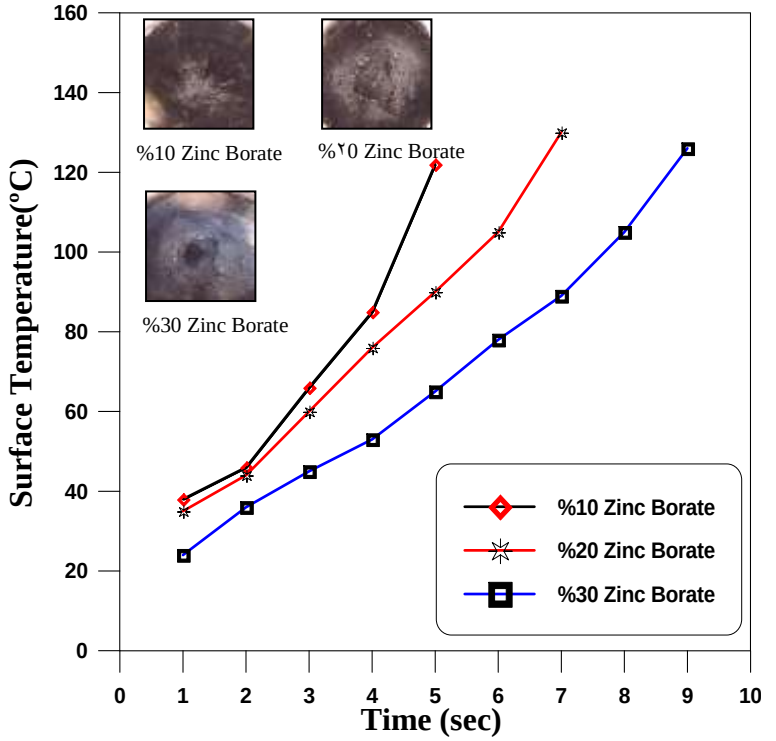
في الشكل رقم(٣) الذي يمثل إختبار التعرية الحرارية على المادة العازلة والمعيقة للّهب وهي بورات الزنك وبنسبة إضافة مقدارها(١٠%) وبمسافة تسليط قدرها (10mm) ، حيث تبدأ درجة حرارة السطح المقابل للشعلة الحرارية بالإرتفاع مع زيادة الفترة الزمنية لتسليط الشعلة ، حيث خلال هذه الفترة تبدأ مادة بورات الزنك بطرح الماء الذي يحتويه تركيبها الداخلي إلى الخارج مما يسبب تبريد السطح المتعرض للّهب ، كذلك تعمل بورات الزنك على تكوين طبقة زجاجية تحمي طبقة المادة المركبة الواقعة تحتها ، إضافة إلى ذلك تعمل على إمتصاص الحرارة المتولدة من اللّهب حيث إنها من المركبات التي تنتج تفاعلات ماصة للحرارة لكي تتفكك مما يؤدي إلى زيادة مقاومة المادة للّهب و تحمي طبقة المادة المركبة الواقعة تحتها. إن هذه الحالة من طرح الماء و تكوين الطبقة الزجاجية وزيادة التفاعلات الماصة للحرارة تزداد بزيادة نسبة بورات الزنك المضافة إلى (٢٠%) و (٣٠%) وكما موضح في نفس الشكل حيث ترتفع المدة الزمنية اللازمة لتلف المادة المعيقة للّهب.



الشكل رقم (٣)

إختبار التعرية الحرارية بالشعلة الأُوكسي أستلينية لمادة بورات الزنك (مسافة الإختبار 10mm)

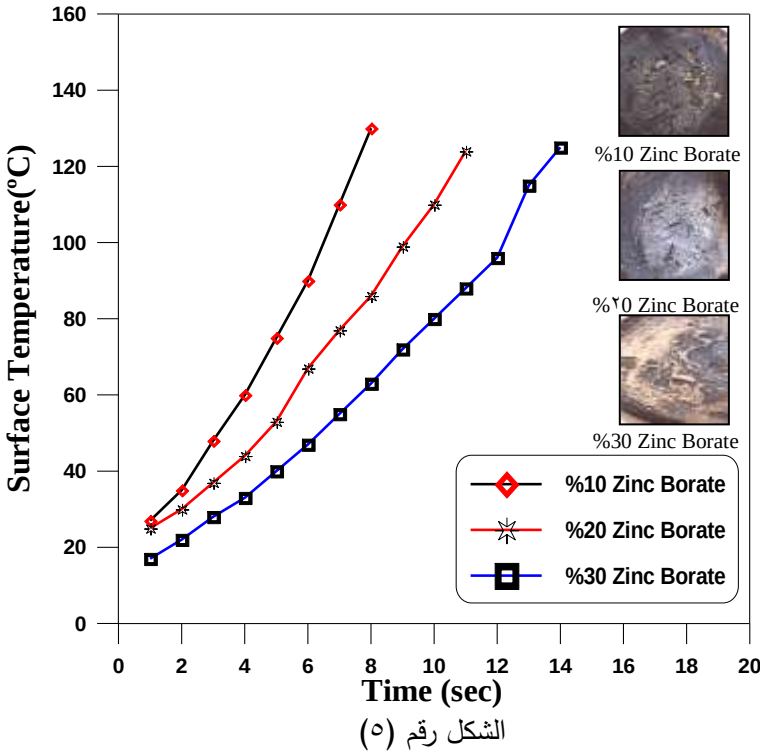
الشكل رقم(٤) يوضح سلوك المادة المعيقة للّهب بزيادة مسافة تسليط الشعلة إلى (15mm) حيث تتضاعف الفترة الزمنية لإنهيار المادة المعيقة للّهب وتزداد هذه الفترة مع زيادة نسبة بورات الزنك المضافة ، حيث بزيادة المسافة تقل كمية الحرارة الواصلة إلى المادة المعيقة للّهب مما يتيح الفرصة أمامها لكي تطرح كمية أكبر من الماء وتكوين طبقة زجاجية أكثر مقاومة ووقت إنهيارها أكبر مما يزيد فترة بقاءها .



الشكل رقم (٤)

إختبار التعرية الحرارية بالشعلة الأُوكسي أستلينية لمادة بورات الزنك (مسافة الإختبار 15mm)

وتزداد هذه المقاومة للّهب بزيادة مسافة تسليط الشعلة إلى (20mm) وكما في الشكل رقم (٥) حيث تقل كمية الحرارة الواصلة إلى مادة بورات الزنك مما ينعكس بدوره على زيادة مقاومة الطبقة الحامية مع زيادة نسبة بورات الزنك المضافة وهذا واضح من المنحنيات في نفس الشكل .



الشكل رقم (٥)

إختبار التعرية الحرارية بالشعلة الأُوكسي أستلينية لمادة بورات الزنك (مسافة الإختبار 20mm)

VIII – الإستنتاجات (Conclusions) .

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها يمكن الخروج بالإستنتاجات التالية :

١- تزداد المقاومة للّهب بزيادة نسبة بورات الزنك المضافة بسبب زيادة طرح الماء و تكوين الطبقة الزجاجية وزيادة التفاعلات الماصة للحرارة وكانت أفضل نسبة إضافة في هذا البحث هي (٣٠%) من بورات الزنك .

٢- إن المقاومة لإنتشار اللّهب تتحسن بزيادة مسافة تسليط الشعلة نتيجة لإنخفاض الحرارة التي تنتقل إلى المادة المعيقة للّهب ومنها إلى المادة المركبة وهذا الإنخفاض في كمية الحرارة الواصلة يطيل فترة بقاء الطبقة الزجاجية الحامية ويسمح بطرح كميات أكبر من الماء إلى الخارج لتبريد السطح المتعرض للّهب .

IX- المصادر (References).

١- علي إبراهيم مسلم" دراسة إستخدام مادة أُوكسيد الأنتيمون الثلاثي كمادة معيقة للّهَب"،رسالة ماجستير ،جامعة بابل ،٢٠٠٣.

٢- د. عبد الفتاح محمود طاهر "*أساسيات علم وتقنية البلمرات*" دار المريخ للنشر ، الرياض - المملكة العربية السعودية ، ٢٠٠٠ .

3- Heinrich Horacek and Stefan pieh " *The Importance of Intumescent Systems for Fire protection of plastic Materials* ", polymer International ,49,2000.

4- Edward A.Myszak, Jr. and Michael T.sobus " *Flame Retardant Developments For polypropylene* " Nyacol Nano Technologies, Inc, 2000.

5- 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 110440, April 1997.

6- Marcus Langley " *Carbon Fibers in Engineering* ", McGraw-Hill Book Company Ltd,1973.

7- Jürgen H.Troitzsch " *overview of Flame Retardants* " , Chimica Oggi/chemistry Today , Volume 16, January/February 1998 .

8- H. Horacek and R.Grabner " *Advantages of Flame Retardants Based on Nitrogen Compounds* ", Degradation and Stability 54,1996.
9-Chemical Land21 Company " *Zinc Borate*", Korea, (www. Chemical Land21.com) ,2000.