

دراسة تأثير إضافة البوراكس على قابلية إلتهاب المطاط

صالح عباس حبيب الجوزري

د. محمد حمزة المعموري

قسم الهندسة الكهروكيميائية

قسم هندسة المواد

جامعة بابل

❖ الخلاصة :

يسعى هذا البحث لدراسة تأثير إضافة البوراكس على خاصية قابلية الإلتهاب لأنواع المطاط المتمثلة بـ (مطاط ستايرين -بيوتاديين ومطاط النتريل ومطاط البولي كلوروبرين نوع (WRT)) من خلال التغير الذي يحصل في معدل التعرية الحرارية بعد إضافة البوراكس وبنسب تحميلية (0,5,10,15,20 pphr). بحيث لا تؤثر هذه الإضافات على الخواص الميكانيكية للمنتج النهائي لأن النماذج المصنعة تخضع للفحوصات المتمثلة بـ (قوة الشد عند القطع، الإستطالة عند القطع، معامل المرونة عند الإستطالة 300% ، مقاومة التمزق، الوزن النوعي ، الرجوعية ، مقاومة نمو التشقق) حيث يعتبر البوراكس من المواد الحشوية الغير عضوية والشبه مقوية لأنواع المطاط بالإضافة الى إنه من معوقات اللهب الغير عضوية . وبعد إجراء فحص التعرية الحرارية الذي يحدد قابلية الإلتهاب لأنواع المطاط المستعملة ينسب (40-50%) وجد بأن العجنات (WRT₃,WRT₄) أعطت أفضل مقاومة للهب عند نسب الإضافة (10,15pphr) بالإضافة الى تمتعها بمواصفات ميكانيكية جيدة .

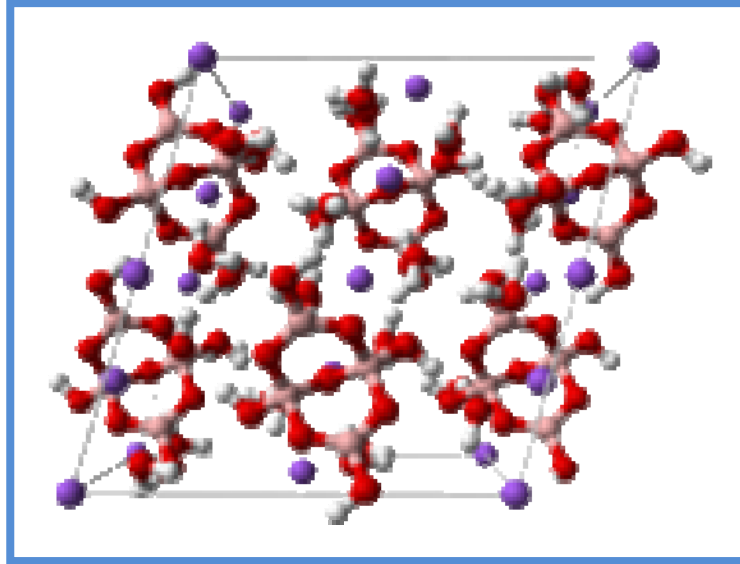
Study Effecting the Addition of Borax on Flammability of Rubbers

Abstract:

This research aim to studying effected addition of Borax on property Flammability for types of Rubber which represented by (Styrene- Butadine Rubber ,Nitrile Rubber and poly Chloroprene type (WRT)) from During change which produce in Thermal Erosion rate after Addition the Borax with loading level (0,5,10,15,20 pphr) which not Effecting on the Mechanical Properties of finishing Product Because Samples Production which Tread the Represent Properties (Tensile Strength at Break , elongation at Break , Modulus of elasticity at elongation 300% , Tear resistance, Crack Growth resistance , Hardness , Specific Gravity ,Reselance) where it is Account the Borax from Inorganic Fillers and Semi-reinforced for Types of Rubbers Then it is from Inorganic Retardants Materials . And After Procedure Erosion Rate Test which Limitation Flammability for Using Tyape of Rubbers with (40-50%). And producing That Compounding (WRT₃,WRT₄) are providing Best Flame Resistance at percentage Addition(10,15 pphr) .Accession to Have good Mechanical Properties.

المقدمة : -

يعتبر البوراكيس من المركبات الغير عضوية التي تستعمل كمعوقات لهب للمواد اللدائنية وخصوصاً المواد المطاطية والتي تضاف بشكل مسحوق طباشيري أبيض اللون الشكل رقم (1) النظام التركيبي للبوراكي [3]



وتعتمد آلية عمل المواد المعيقة للهب الغير العضوية على تفككها في الدرجات الحرارية العالية مما يؤدي بها إلى تحرير غازات غير قابلة للاشتعال مثل بخار الماء وثنائي اوكسيد الكربون وثنائي اوكسيد الكبريت وكلوريد الهيدروجين ضمن تفاعلات ماصة للحرارة (Endothermic Reactions) هذه الغازات تعمل على تخفيف مزيج الغازات القابلة للاشتعال ومن ثم عزل سطح المادة اللدائنية عن الاتصال بالأكسجين وتكوين طبقة كاربونية (حامية) للطبقة الأساس للمادة اللدائنية حيث تؤدي الى خفض قابلية إلتهاب المركب المطاطي وتسمح بالإستعمال الآمن للطاط من خطر الحريق [1,2] . استعملت في البحث (Hydrate sodium borate) ذات الصيغة الكيميائية ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) والمعروف تجارياً بالبوراكس حيث تتحول هذه المادة وبسهولة إلى حامض البوريك والبورات الأخرى وإذا تركت هذه المادة معرضة وببطئ إلى الهواء الجاف فإنها تفقد ماء (Water Hydrate) وتتحول إلى مسحوق طباشيري ابيض اللون ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ومن مميزات هذه المادة:-

خفيفة الوزن حيث تمتلك وزن نوعي (1.7) مقارنة ببورات الزنك وان شفافيتها بين بلورات شفافة إلى نصف شفافة وذات بريق زجاجي [3,4] . وأن مادة البوراكس غير سامة [5]

بالإضافة الى ذلك عند مزج محلول (بوراكس - ماء) مع غراء (PVA) (غراء الخشب) تتكون عجينة مرنة نتيجة للترابطات التشابكية في البوليمر [6] . ومن الدراسات العلمية في هذا المجال هي كما يلي :-

- في عام 2000 درس الباحثان (**Edward**) و (**Michael**) تأثير حالة المادة المعيقة للهب على مقاومة رانتج البولي بروبيلين للهب وثباتيته للأشعة فوق البنفسجية وكانت المادة المعيقة للهب هي أوكسيد الانتيمون الثلاثي والخماسي والتي تحتوي على حبيبات ذات تركيب غروي (Colloidal) ووجدوا بأن تحسين الخواص الفيزيائية ولاسيما زيادة إعاقاة اللهب تتناسب مع زيادة المستويات التحميلية للمادة المعيقة للهب [14]
- في عام 2000 درس الباحثان (**Horacek**) و (**Pieh**) إستخدام المواد المعيقة للهب ذات النوع النيتروجيني في الطلاء (Paint) لحماية المواد اللدائنية من اللهب حيث إستخداما مواد (Sodium Silicate) و (Vermicular) كمواد معيقة للهب تضاف للطلاء لتحسين كفاءته لمقاومة اللهب . وأوضحت الدراسة بان هذه المعوقات تقوم بتكوين رغوة عضوية - لا عضوية أثناء فعل الانتفاخ (Intumescent Action) وبوجود اللهب تتحول الرغوة العضوية إلى رغوة نقية تحيط بالطبقة السفلى للمادة المراد طلائها [15]

❖ **الهدف من البحث:-**دراسة تأثير إضافة مسحوق مادة البوراكس على قابلية إلتهاب المطاط بنسب لا تؤثر على خواصها الميكانيكية .

❖ **الجزء العملي :** إن أجهزة الفحص المستخدمة جهزت من قبل الشركة العامة لصناعة الإطارات-النجف وهي كما يلي:-

- جهاز فحص خواص الشد (Tansometer-10) حيث يقوم بفحص قوة الشد عند القطع (Mpa)، الإستطالة عند القطع (%) ،معامل المرونة عند إستطالة 300% (Mpa) ،مقاومة التمزق (N/mm) ويتم الفحص وفق المواصفة ASTM D 413 و ASTM D 624-54
- جهاز فحص الوزن النوعي (Densitron) ويتم الفحص وفق المواصفة ASTM D1817
- جهاز فحص الصلادة (Wallace Bead Load Hardness) ويتم الفحص وفق المواصفة ASTM D1415
- جهاز فحص الرجوعية (Wallace Dunlop Trinsometer) ويتم الفحص وفق المواصفة BS903
- جهاز فحص نمو التشقق (Wallace-Dematta Flexing Machine) ويتم الفحص وفق المواصفة ASTM D813 وتم فحص المواد الاولية وفق المواصفات المعتمدة لدى شركة (Dunlop) العالمية [7] . وتم إستخدام أنواع المطاط أعلا حسب المواصفة ASTM D1418

Desination . وكذلك تم تصميم العجنات المطاطية الخاصة باضافة البوراكس الى أنواع المطاط المستخدمة وبنسب تحميلية متزايدة حسب الجدول رقم (1).

جدول رقم (1)

Item	Materials	Loading level (pphr)	Loading level (pphr)	Loading level (pphr)
1	SBR ₁₅₀₂	100	–	–
2	NBR	–	100	–
3	WRT	–	–	100
4	Carbon Black(N330)	50.0	50.0	50.0
5	Borax(flame Retardant)	(0,5,10,15,20)	(0,5,10,15,20)	(0,5,10,15,20)
6	Stearic acid (Activator)	1.5	1.0	1.0
7	Zinc oxide (Activator)	5.0	3.0	5.0
8	Magnesium oxide	–	–	4.0
9	MBTS (Accelerator)	1.5	1.5	–
10	ETU (Accelerator)	–	–	0.5
11	Process oil	7.0	8.0	12.0
12	TMQ (Antioxidant)	0.4	0.4	0.3
13	6PPD (Antiozonant)	0.8	0.8	0.7
14	Sulphur	1.5	1.5	–
Curing Conditions		Time =15,30,60 min temp = 150c°	Time = 20,40,80 min temp = 150c°	Time = 15,30,60 min temp = 150c°

وجرى العمل على عسارة مخبرية (Two roll Mill) سعة (1kg) لتحضير عجانات بوزن (500gm) وان عمليات العجن والمزج على هذه المعدة جرت حسب المواصفة ASTM D15 [8] والتي تتضمن درجة حرارة العمل $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ وتسلسل إضافة المواد إلى العسارة

والفترة الزمنية اللازمة للتجانس وبشكل جيد لكل مادة ولجميع أنواع العجنات وبعد الحصول على طبقات متجانسة السمك تم قولبة وإنضاج النماذج المختبرية اللازمة للفحوصات المطلوبة بواسطة مكبس مختبري وتحديد قابلية إلتهاب أنواع المطاط المستخدم باستعمال فحص التعرية الحرارية (Thermal Erosion Test) وفق المواصفة (ASTM E285-80) وباستعمال الشعلة الحرارية (الشعلة الغازية) والتي تبلغ درجة حرارتها (2000°c) [9] وفي المواد البوليميرية يفضل فحص التعرية الحرارية في تحديد قابلية الإلتهاب وخصوصا عند تعرضها الى اللهب المباشر أما إستخدام فحص التوصيلية الحرارية فيتم في الدرجات الحرارية الطبيعية [13] .

ويتم فحص التعرية الحرارية حسب خطوات العمل التالية:-

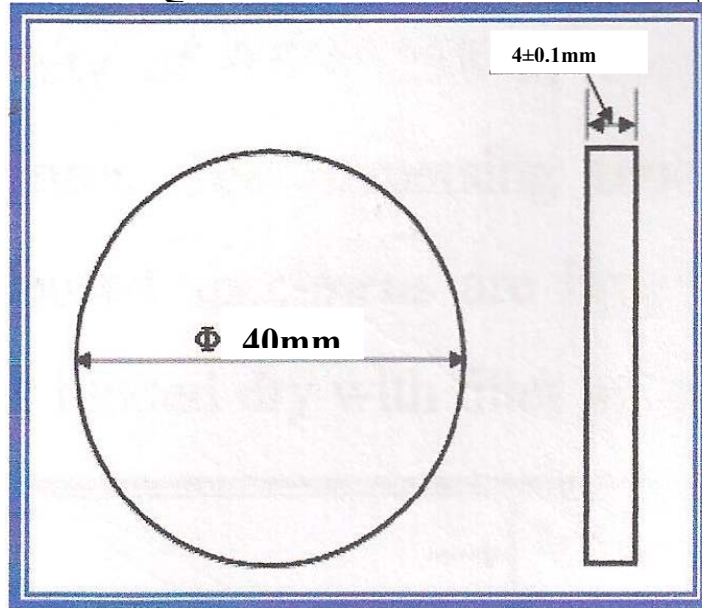
- 1-تنظيف النموذج المطاطي من الأوساخ وتجفيفه.
- 2-تثبيت النموذج والموضحة أبعاده في الشكل رقم(2) على مسافة (1.87cm) من (Burne tip)
- 3-وضع الشعلة الحرارية بصورة عمودية وبزاوية (90°) نحو مركز النموذج بعد إستقرار غازات الشعلة وبشكل مخروطي أزرق (Blue Conical Shape) وحسب الشكل رقم (3)
- 4-يسجل الزمن اللازم لإختراق غازات الشعلة النموذج أو إشتعال النموذج بالكامل.
- 5-يحسب معدل التعرية (Erosion rate) mm/sce حسب المعادلة التالية :

$$\text{Erosion rate} = d/t$$

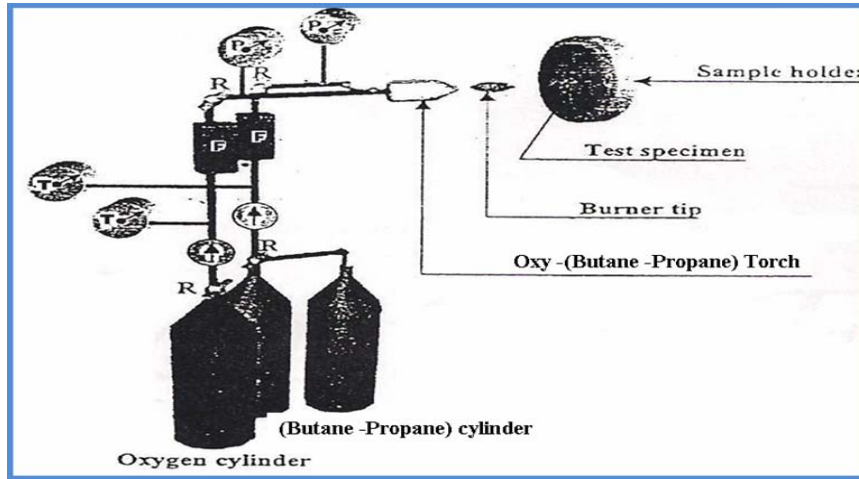
حيث ان :

d=سمك النموذج (mm)

t= الزمن اللازم لاختراق غازات الشعلة الحرارية النموذج او اشتعال النموذج بالكامل (sec)



الشكل (2) يوضح أبعاد العينة



الشكل رقم (3) يوضح الرسم التخطيطي للجهاز

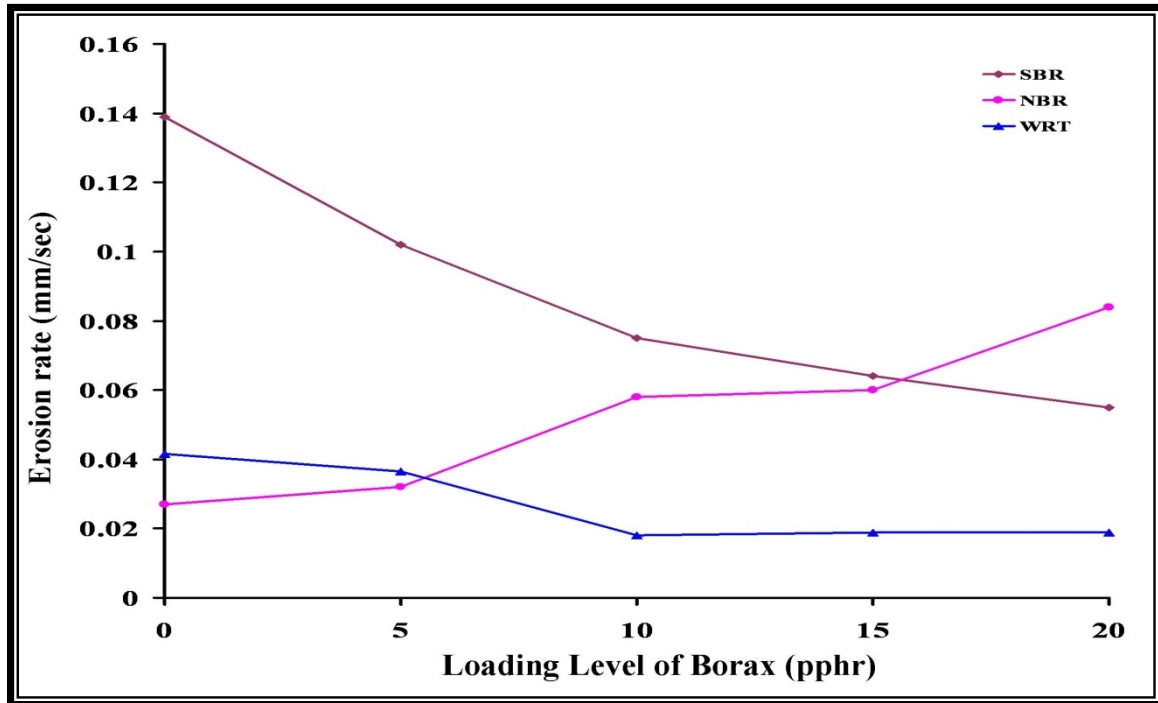
❖ النتائج والمناقشة :

من خلال الشكل رقم (4) والشكل رقم (5) المرسوم بطريقة توزيع الأعمدة التي تشمل معدل التعرية الحرارية لكل نوع من انواع المطاط عند نسبة معينة من البوراكس نلاحظ مايلي:

- تقل قابلية إلتهاب مطاط (SBR) مع زيادة نسب تحميل مسحوق البوراكس ولكن بنسب قليلة مقارنة مع الانخفاض في قابلية الإلتهاب لمطاط (WRT) ولا تصل الى مرحلة الإطفاء الذاتي بعد ازالة مصدر اللهب عنها وتكوين طبقة حماية كاربونية وتظهر هذه الحالة عند المستويات التحميلية (10,15,20 pphr) للبوراكس في العجنات (SBR₃, SBR₄, SBR₅) .
- تتخفض قابلية الإلتهاب بالنسبة إلى مطاط (WRT) وبشكل كبير مع زيادة النسب التحميلية لمسحوق البوراكس من خلال إنخفاض معدل التعرية الحرارية حيث يلاحظ الإطفاء الذاتي (Self Extinguishing) في مطاط العجنة (WRT₁) والتي لا تحتوي على مسحوق البوراكس في تركيبها وهذا يدل على أن مطاط البولي كلوروبرين ذو قابلية إلتهاب واطئة والتي تمت الإشارة إليه في الجانب النظري ويعتبر من المواد ذات الإطفاء الذاتي (LOI) حوالي 36% حسب المواصفة ASTM D2863 [10] . حيث يعمل نوعين من معيقات اللهب في عجنات مطاط الكلوروبرين وهما معيقات اللهب الهالوجينية المتمثلة بمطاط الكلوروبرين الحاوي على الكلور ومعيقات اللهب الغير عضوية المتمثلة بإضافة البوراكس الحاوي على عنصر البورون وإن معدل التعرية الحرارية إستقر تقريباً عند المستويات التحميلية (10,15,20)

وتعتبر العجنات (WRT_3, WRT_4, WRT_5) ذات مقاومة لهب عالية بالإضافة إلى ان جميع عجنات مطاط WRT إثناء الاحتراق تكون طبقة حماية كاربونية تعمل على إعاقة إنتشار اللهب ومحاولة إيقافه وان فترة الإطفاء بعد إزالة اللهب تتخفص من (5sec) إلى (1sec)

- تزداد قابلية الإلتهاب لمطاط (NBR) مع زيادة النسب التحميلية للبوراكس حيث يلاحظ زيادة معدل التعرية الحرارية (mm/sce) ويستمر النموذج بالإشتعال بعد إزالة مصدر اللهب عنه وتعتبر العجنة (NBR_1) والتي لا تحتوي على البوراكس في تركيبها ذات قابلية إلتهاب أقل من بقية العجنات وهذا يدل على أن تركيب مطاط (NBR) لا يتجانس مع الملدن المستعمل وإن التجانس يعتمد على محتوى الأكريلونايتريل في المطاط [11] ويمكن تحسين مقاومة المطاط للهب عن طريق إختيار عامل التلدين المناسب [12] وتمت ملاحظة هذا السلوك خلال الفحص حيث يكون إختراق غازات الشعلة الحرارية بصورة أسرع كلما زادت نسب تحميل البوراكس وكذلك الأنحدار في المواصفات الميكانيكية مع زيادة نسب التحميل. والجدير بالذكر بأن مقدار طاقة حرارة المصدر اللازمة للأنقاد Ignition Sourc Power(kw) لها تأثير مباشر على سرعة الأنقاد فمثلا أن الشعلة الاوكسي ستيلينية تكون أسرع من الشعلة الغازية في إختراق سمك نموذج الفحص وكذلك بعد وقرب المسافة بين النموذج وغازات الشعلة لها تأثير مباشر على سرعة الأنقاد [13].



الشكل رقم (4) يوضح العلاقة بين معدل التعرية الحرارية والنسب التحميلية للبوراكس

Refereness:

- 1- European flame Retardants Association (EFRA) , " **flame Retardant fact sheet: Antimony Trioxide (sb203)** " , <http://www.cefic-efra.org/objects> , Jan (2006).
- 2- Ampacet Company , " **Introganic flame Retardants** " , www.ampcet.com ,(2002).
- 3- www.galleries.com/minerals/carbonat/borax/borax.htm , " **Borax (hydrated sodium borate)** " , Amethyst Galleries ,Inc (2009).
- 4- Staft -the Science Company , " **Creating flame colors** " , <http://www.sciencecompany.com/scexpre/flamecolor.htm>, RetrevedonNovember 30(2008) .
- 5-The free Encyclopedia , " **Borax-wikipedia** " , <http://enowikipedia.org/wiki/Borax>,Wikimediafoundation,Inc. (2009) .
- 6- Parratore, Phil. Wacky science " **Acook book for Elementary Teachers**", Dubuque, Iaikendall Hunt . p .26 , ISB No 787227412
- 7- Dunlop International Technology Limited, "**Dunlop Raw Material Specification Compound and Solution Ingredients**", manual1, vol.1, section 1.2, (1989).
- 8- **Annual Book of ASTM standard**, part28, (1971).
- 9- E.P.Degramo, J.T.Black and R.A.Kolser "**Materials and Processing in Manufacturing**", Eighth edition John wiley and Son, (1999).
- 10- Thomson Corporation Company, "**XD -modified poly chloroprene grades for mining conveyor belting**", Lippincott and Peto, Inc, west Germany, June (1990).
- 11- Fredrick R .EIRICH , " **Science and Technology of Rubber** " ACADEMIC PRESS-New York , San Francisco , London , (1978).
- 12-C. M. Blow, "**Rubber Technology and manufacturing**", published by institute of Rubber Industry IRI, (1981).
- 13- علي إبراهيم مسلم، "دراسة استخدام مادة اوكسيد الالانتيومون الثلاثي كمادة معيقة للهب" رسالة ماجستير، كلية الهندسة/جامعة بابل . آذار 2003
- 14-Edward A. Myszak, JR. and Michael T. Sobus "**flame Retardant Developments for poly propylene**" Nyacol Nano Technologies, Inc, (2000).
- 15-Heinrich Horacek and Stefan Pieh "**The Importance of Intunescent systems for fire protection of plastic Materials**", polymer International, 49, (2000).