دراسة تأثير الكاؤولين في تصميم عجنه مطاطية لاطارات الطائرات

عودة جبار بريهي
كلية الهندسة / الكهروكيمياوي

محمد حمزه المعموري
كلية هندسة المواد

الخلاصة :

يهدف البحث لاستخدام الكاؤولين وهو مادة رخيصة ومتوفرة وتتحمل العمل في درجات الحرارة العالية في تصميم العجنات المطاطية لاطارات الطائرات والتي تتطلب امتصاص الصدمة اثناء الهبوط ومقاومة البلى العالية إثناء الإقلاع وقوة التلاصق الفائقة بين المعدن والمطاط والمواصفات التخميدية المناسبة اضافةً لتحملها درجات الحراره العالية ومقاومتها الانتفاخ بالمذيبات .

أ نجز البحث في مختبرات الشركه العامة لصناعة الاطارات بأستخدام كاؤولين بحجم حبيبيμm ٣ ومن النوع المفصول بالهواء Air Floated (الصنف الصلب Hard ويحمل الاسم التجاري DIXIE CLAY) .

قيست الخواص اعلاه وفقاً للمواصفات القياسية العالمية المعتمدة في هذا المجال (ASTM) وأظهرت النتائج ان قوة التلاصق قد تحسنت باضافة الكاؤولين الى عجنة المطاط الطبيعي منN ٣٣ الى N ١٩٠ كما تحسنت مقاومة البلى (بطريقة فرق الوزن) من g ٠,٠٠٩٦ إلى g٠,٠١٧٣ فيما تحسنت (أنخفضت) الارتدادية من ٤٥% الى ٣٢% (أي حصول زيادة في الهسترة من ٥٥ % الى ٦٨%) . اظهرت النتائج كذلك تحسناً كبيراً في كل من مقاومة التقادم الحراري والانتفاخ بالمذيبات .

Abstract:

This research aims to use the Kaolin material (which is available, cheap, and can undergoes high temperatures) in the design of the rubber master batch which is able to satisfy the special requirements those related with the applications of tires used in land and take off of the airplanes, such as: **High Abrasion Resistance**, **Superior Adhesion** between rubber and metals, **Suitable Damping Properties**, and **Resistance to Swelling and High Temperatures**.

This research has been carried out by using **Hard Air Floated Kaolin** with 3 μm particle size **(DIXIE CLAY)** in the laboratory of Babylon Tires Company, and the properties have been measured according to the standards specifications (ASTM).

The results showed that: the **Adhesion Force** has improved when adding Kaolin to the master batch of Natural Rubber (NR) from 33 N to 190 N, **Abrasion Resistance** (by using the weight difference method) has improved from 0.0096 g to 0.0173 g, **Rebound Resilience** has improved (decreased) from 45% to 68% (i.e. the damping or the hysterises has increased from 55% to 68%), and at last **Resistances to Swelling and Ageing** have been improved greatly.

Key Words: Kaolin, Airplanes Tire, Rubber, Abrasion Resistance , Adhesion Force.

مقدمه :

ينطوي تصميم العجنات المطاطية للتطبيقات الهندسية المختلفة على العديد من الصعوبات مثل :

١- تنوع فعالية وكفاءة هذه المكونات فمثلاً تنقسم المعجلات حسب سرعتها لاربعة مجاميع (بطيئة ومعتدلة وسريعة وفائقة السرعة) [عودة وأخرون ،2009] .

٢- يكون لبعض المكونات وظائف مختلفة واحيانا متعاكسة فمثلاً ان مادة TETD قد تستعمل لاربعة اغراض (معجل ، منشط ، مفلكن ،مضاد للتقادم) [Van Alphen , 1973] .

٣- تختلف احياناً عوامل الفلكنه باختلاف نوع المطاط فيستخدم مثلاً MgO لفلكنة مطاط النيوبرين في حين يستخدم الكبريت لفلكنة اغلب انواع المطاط [Gent , 2001]، وتبرز هذه الصعوبة اكثر في حالة استخدام الخلائط المطاطية .

٤- يؤدي وجود بعض المضافات الى الاخلال بنظام الفلكنة كما هو الحال بقيام الكاؤولين بامتصاص نسبة كبيرة من المعجلات مما يستدعي اعادة تصميم العجنه المطاطية لتعويض المعجلات المفقودة [عودة وأخرون ،2009] .

٥- تلعب بعض المواصفات الفيزياوية للمطاط دوراً محورياً فمثلاً يكون لدرجة الانتقال الزجاجي T_g (وهي الدرجة الحرارية التي يصبح المطاط دونها صلداً وهشاً وينكسر بالصدم) [عودة ،٢٠٠٨] الدور الاكبر في تحديد المواصفات التخميدية للعجنه المطاطية لان المطاط الذي يملك اقل T_g سيملك أعلى ارتدادية (أدنى تخميد وهستره) .

٦- يكون لبعض التطبيقات الهندسية (اطارات الطائرات مثلاً) اهمية استثنائية لانها ترتبط بحياة البشرمن جهة ولتعرضها لظروف قاسية كدرجات الحرارة المتطرفة والاوزون لذا يتطلب الامر اضافة المكونات المضادة للاوزون وتلك التي تمنحها الثبات الحراري [Mattham, 1998] ، ويمكن تصور صعوبة الامر في حالة تفاعل هذه المكونات فيما بينها وكذلك مع المكونات الاخرى واخلالها بنظام الفلكنه .

٧- تتحكم نسبة الكبريت الى المعجلات بنوع الترابط التشابكي بين سلاسل المطاط فان كانت هذه النسبه عالية يحدث الترابط متعدد الكبريتيد(Polysulfidic Cross Links) وان كانت واطئة يحدث الترابط احادي الكبريتيد(Monosulfidic Cross Links) [الزبيدي،٢٠٠٠] . يعتبر طول هذه الرابطه الكبريتية مهما في تحديد المواصفات الميكانيكية للمنتج النهائي [Morton,1987].

الكاؤولين :

يتكون الكاؤولين $Al_2O_3.2SiO_2.2H20$ [Anwarul,2008] من ترسبات الصخور المختلفة والتي تتعرض لعوامل مختلفة من درجة حرارة وضغط وتعرية ويعتمد تركيبه الكيمياوي على طبيعة الصخور التي تكون منها وظروف التكوين وظروف عملية الترسيب وعموماً فهو يتكون بشكل رئيسي من الكاؤولينات (٨٧%) والفلدسبار والكوارتز وكميات قليلة من اكاسيد الحديد والتيتانيوم واكاسيد بعض الفلزات القلوية [الحيدري ،2001] ولذا تتحدد خواصه بخواص الكاؤولينات لكونه المكون الرئيسي له .

تكون بلورة الكاؤولينيت سداسية مسطحة وهي تتألف من تراكم مجموعة من الطبقات وتتكون كل طبقة منها من اتحاد طبقتين ثانويتين ، تعرف الاولى بطبقة السليكا والثانية بطبقة الجبسايت. تتكون طبقة السليكا من مجموعة من وحدات السليكا وان كل وحدة سليكا عبارة عن ذرة من السليكون تحيط بها اربع ذرات من الاوكسجين بشكل هرم منتظم رباعي الاوجه تستقر ذرة السليكون في مركزه وتحتل ذرات الاوكسجين اركانه فيما تتكون طبقة الجبسايت من مجموعة من وحدات الجبسايت وان كل وحدة عبارة عن ذرة من الالمنيوم تحيط بها ست مجموعات من الهيدروكسيل بشكل منتظم ثماني الاوجه، تستقر ذرة الالمنيوم في مركزه وتحتل اركانه مجموعات الهيدروكسيل [Audery,2008] .

تتحد طبقة السليكا بطبقةالجبسايت ويحدث ذلك بفقدان مجموعتين من مجاميع الهيدروكسيل الست في طبقة الجبسايت مما يجعلها مشحونه بشحنتين موجبتين تعادلهما شحنتان سالبتان من ذرتي أوكسجين موجودتين في قمتين من قمم اهرامات طبقة السليكا ومع حصول التعادل تنتج بلورة من الكاؤولينيت تترابط فيما بينها بقوى فان در فالز الضعيفة .

تختلف خواص الكاؤولين واستخداماته باختلاف كل من عمليات تصنيعه ودرجة تبلوره ونقاوته وشكل وتوزيع حبيباته [Wallis ,2000] ويقسم حسب تصنيعه الى :

١- المفصول بالهواء Air Floated : يمثل ٨٠% من الكاؤولين المستخدم مع المطاط ويحتوي كميات ضئيلة جداً من الحديد والقواعد [Hayden,2008] ويقسم حسب تاثيره على المطاط الى الاصناف التالية :

أ – الصلب Hard وله تاثير تقويه واضح على المطاط يتمثل بمعامل المرونه العالي وقوة الشد المرتفعه والمقاومه الجيدة للبلى .

ب- اللين Soft ويكون تأثيره في التقوية قليلا .

٢ - المغسول بالماء Water-Washed يمثل ٢٠% من الكاؤولين المستخدم مع المطاط تزال الشوائب الصلبه منه بالطرد المركزي فيما تزال الشوائب الذائبه بسحب الماء واجراء عملية التجفيف .

٣- المحمص (Calcined) : يحمص بهدف ازالة بعض مجاميع الهيدروكسيل السطحية. يزيد التحميص خاصيتي اللمعان والشفافية ولذلك يستخدم في صناعة الاصباغ كما يزيد مقاومته للماء ولذا يستخدم لتغليف الاسلاك والقابلوات الكهربائية .

٤- المعالج سطحيا Surface Treated : لايستخدم مع المطاط مالم يعالج بالمواد الرابطة (Silane Coupling-Agents) مثل مادة Mercapto للفلكنه الكبريتية والايبوكسي للفلكنه غير الكبريتية . تتفاعل هذه المواد مع مجاميع السيلانول الموجودة على سطح الكاؤولين لتعطي اصرة قوية كما انها تتضمن مجموعة وظيفية ترتبط مع المطاط اثناء الفلكنه .

يسبب وجود الكاؤولين في العجنة المطاطية انخفاضا في معدل الانضاج لوجود مجاميع السليكا (Sio2) والتي تتحلل مائيا الى مجاميع السيلانول (-SioH) ذات الطبيعة الحامضية والتي تقوم بخفض كمية المعجل المتوفرة لنظام الفلكنه ويتم التغلب على هذا الامر باضافة مواد كيمياوية تخلط مع المنتج المطاطي قبل اضافة المعجلات تساعد في ايقاف عمل مجاميع السيلانول وتقلل فعاليتها مثل ثلاثي ايثانول امين [alibaba.com,2009] وثنائي ومتعدد اثيلين كلايكول [Mindfully .org,2009]

بسبب صفاته الفيزياوية (الحجم الحبيبي واللون وانخفاض لزوجته وليونته ومقاومته للحك) وثباته الكيمياوي العالي وسلوك العزل الكهربائي يدخل الكاؤولين في العديد من الصناعات كالورق وتغطية الياف التقوية [Clesieiket,2000] والاسمدة والاسمنت والمنظفات واقلام الرصاص ومستحضرات التجميل وعمليات القصر والامتزاز [Minerals, 2007] ومضافات الاغذية والالياف الزجاجية واللواصق والعوازل البورسيلانيه الكهربائية [James et.el,2007] والاحبار وتحضير العوامل المحفزة [Omya,2008] وامتصاص موجات الرادار[2001, الحيدري] ويستخدم في صناعة اللدائن للحصول على سطوح انعم وثبات عالي في الابعاد ولتحسين مقاومتها الكهربائية كما في تغليف القابلوات الكهربائية ولانه يقلل التقلص ويحسن نوعية السطح فيستخدم في صناعة رزنات البولي استر غير المشبع [alibaba.com,2009] اما مع المطاط فيستخدم لانتاج البضائع المبثوقة والمقولبه والمنتجات الخاصة بالتحميل العالي والتقلص الواطئ كالاجزاء السفلية من الاحذيه وكعوبها واسطوانات الطاحونات المستخدمة في الصناعات النسيجية والحصر والورق ولانه يزيد تحملية Durability وجساءة Rigidity المطاط فانه يستخدم في تصنيع اطارات السيارات والشاحنات [Vanderbilt,2008] كما يدخل كمادة مالئة في الانابيب الداخلية لاطارات العجلات [Hayden,2008].

هدف البحث : دراسة امكانية استخدام مادة رخيصة ومتوفرة (الكاؤولين) ضمن مكونات الاطارات المستخدمة إثناء إقلاع وهبوط الطائرات .

الجزء العملي

١- العجنة الاساسية (Master Batch) : استخدم المطاط الطبيعي كاساس للعجنه المقترحه لانه يمتلك ارتدادية عالية متأتية من امتلاكه T_g منخفضة (-73^oC) . ان الارتدادية العالية هذه تمكننا من رصد ادق التغيرات في المواصفات التخميدية مع تغير نسب تحميل الكاؤولين . اضيفت باقي المكونات بواقع جزء لكل ١٠٠ جزء مطاط (pphr) وكما موضحة في **الجدول (١)**

جدول (١) : مكونات العجنة المقترحة

No.	Ingredients	pphr	Function
١	Natural Rubber (NR)	١٠٠	المادة الاساس
٢	Zinc Oxide (ZnO)	٥	منشط
٣	Stearic Acid (St.A)	٢	منشط
٤	Carbon Black(N-330)	٣٥	مادة تقوية
٥	Sulfur (S)	٢,٢٥	مادة مفلكنه
٦	MBS	١,٢	مادة معجلة
٧	DPPD	١	مضاد للاكسدة والاوزون ومثبت حراري
٨	Resorcinol Formaldehyde Resin (RF)	١	يزيد التلاصق ومقاومة الزحف والكلال والانتفاخ ومثبت حراري

٢- تحضير النماذج :

تم خلط المكونات اعلاه في عصارة مختبرية مفتوحة (Open Mill) ذات رولتين وتعمل بدرجة حرارة $٧٠\ ^oC$ حيث تم في البداية اضافة المطاط ثم المقويات (اسود الكربون والكاؤولين) ثم المنشطات فالمعجلات واخيرا مضادات التقادم وبزيادة عدد الامرارات تم تقليل المسافة بين الرولات من mm ١الى mm ٠,٥ وذلك لضمان تجانس المكونات . بعد الحصول على الشريط المطاطي تم لفه ليصبح بشكل رولة ثم اجريت عملية الفلكنه بوضع المطاط في القوالب المناسبه (المسخنه مسبقا الى $١٠٠\ ^oC$) وادخلت القوالب ومحتوياتها في المكبس الحراري الذي يعمل بضغط atm ٤٠ ودرجة حرارة ١٧٠^oCولفترات زمنية تختلف باختلاف النموذج وكما مذكورة في **الجدول (٢)** .

جدول (٢) : النماذج المطاطية المستخدمه في البحث

No.	اسم النموذج	زمن الفلكنه (min)	الشكل والابعاد
١	مقاومة البلى	٢٠	قرص قطره الخارجي 63.5mm والدخليmm

			١٢,٧ وسمكه ١٢,٧mm
٢	التلاصق	٣٠	توضع الاسلاك بين طبقتين من المطاط وتكون اطوال الاسلاك الخارجة من الجهة الاولى ٣٠٠mm ومن الثانيه ٥٠٠ mm
٣	الارتدادية & الصلادة & التقادم الحراري	١٥	قرص قطره ٤٥ mm وسمكه ٣mm
٤	مقاومة الانتفاخ بالمذيبات	١٥	شريط مطاطي سمكه ٢ mm وطوله ٥٠ mm وعرضه ٢٥mm.

أجهزة الفحص :

١- جهاز Wallace Dead Load Hardness Tester لفحص الصلادة بوحدات IRHD طبقا للمواصفة العالمية ASTM D-1415 حيث يشغل الجهاز لمدة ٣٠ ثانية ويسجل بعدها مقدار الاختراق الذي احدثه نزول كرة معدنية صلبة على النموذج المطاطي . لقد اجريت فحوصات الصلادة للتأكد من إن صلادات النماذج المطاطية تقع ضمن الصلادات التي يعمل بها الجهاز اعلاه والبالغة ٥٥-٨٠ IRHD

٢- جهاز Croydon –Akron Abrasion Tester لفحص مقاومة البلى بطريقة فرق الوزن . يعتبر هذا الجهاز مناسباً لصلادات معينه (٥٥-٨٠IRHD) كتلك المستخدمه في طبقة التريد للاطارات .

تم قبل اجراء الفحص حماية النموذج من الضوء بشكل كامل بين الفلكنه وزمن الفحص وتم وزنه ثم وضع على المحور الدوار في الجهاز (يدوربسرعة ٢٥٠ rpm) ورُكب دولاب الحك (Abrasion Wheel) ولكن بزاوية ١٥ ^{o}. يبلغ قطر دولاب الحك 150 mm وسمكه mm ٢٥,٤ ، يُضغط الدولاب ضد النموذج المطاطي بحمل مقداره ١٠ lb (٤,٥ kg) . تم تعريض النموذج المطاطي الى ٥٠٠ دورة لدولاب الحك وتم قياس الوزن الجديد ومن ثم فرق الوزن بوحدات g .

٣- جهاز Wallace R2-Dunlop Tripsometer لقياس الارتدادية بدرجة حرارة ٥٠^{o}C طبقا للمواصفة ASTM D-1054 . تم تكييف النماذج بدرجة حرارة ٥٠^{o}C لمدة ثلاث ساعات ثم وضعت في حامل النماذج وسمح للبندول بالسقوط عليها من زاوية ٤٥ ^{o} فيقوم الجهاز بتسجيل قيمة الزاوية (A) التي ارتد البندول إليها ويوظفها في المعادلة التالية لحساب الارتدادية (R%) :

$$R\% = 341.421 (1- \cos A)$$

٤- جهاز Monsanto T 10 Tensometer لفحص قوة التلاصق بوحدات نيوتن طبقا للمواصفة ASTM D -2229 والذي يعمل بسرعة ٥٠ mm/min وتم اخذ معدل قراءات سبعة اسلاك .

٥- فرن حراري لفحص مقاومة التقادم الحراري حيث وضعت النماذج بداخله مع مراعاة عدم تجاوز حجمها ١٠% من حجم الفرن بدرجة حرارة100^{o}C لمدة ٢، ٤ ،٧ يوم وحسب المواصفة٥٧٣- ASTM D .

٦- دورق زجاجي محكم الغلق سعة ٣٠٠ ml لفحص مقاومة الانتفاخ حيث تم غمر النموذج المطاطي في ١٠٠ ml من زيت الغازلمدة ١٦٦ ساعة وبعد انتهاء الغمر تم مسح النموذج المطاطي بسرعة بالاسيتون وبورق ترشيح خالي من المواد الغريبة وحسب المواصفة ASTM D - 471.

النتائج والمناقشة

١- قياس مواصفات العجنه الاساسية Master Batch :
قيست مواصفات عجنة المطاط الطبيعي (NR) بعدم وجود الكاؤولين للتأكد من ان صلادتها مناسبه لعمل جهاز قياس الصلادة من جهة ولتحديد مقدار التغيير الذي قد تحدثه اضافة الكاؤولين وكما موضحة في **الجدول (٣)** :
جدول (٣) : مواصفات العجنه الاساسية للمطاط الطبيعي

No.	Property	Quantity
١	الصلادة (IRHD)	٦٢
٢	مقاومة البلى (g)	٠,٠٠٩٦
٣	الارتدادية (R%)	٤٥
٤	قوة التلاصق (N)	٣٣
٥	مقاومة الانتفاخ (%)	٦٩
٦	مقاومة التقادم الحراري (تغير الصلادة %)	١٢

٢- قياس المواصفات بعد اضافة الكاؤولين بعدة مستويات تحميلية وكما موضحة في **الجدول (٤)**:
جدول (٤) :تأثير اضافة الكاؤولين على مواصفات عجنه المطاط الطبيعي

No.	Property	Kaolin Quantity (pphr)					
		٢٥	٥٠	٧٥	١٠٠	١٢٥	١٥٠
١	الصلادة (IRHD)	٦٥	٦٩	٧٣,٥	٧٦,٤	٧٨,٦	٨٠
٢	مقاومة البلى (g)	٠,٠٠٩٧	٠,٠٠٩٨	٠,٠١	٠,٠١٢	٠,٠١٥	٠,٠١٧٣
٣	الارتدادية (R%)	٤٤	٤٣	٤١	٣٩	٣٥	٣٢
٤	قوة التلاصق (N)	٥٢	٧٧	١١٤,٥	١٤٢	١٦٣	١٩٠
٥	مقاومة الانتفاخ (%)	٦٣	٥٧	٥٠	٤٨	٤٥	٤٣
٦	مقاومة التقادم الحراري (تغير الصلادة %)	١٠,٥	٨,٧	٧,٩	٧,١	٦,٨	٦,٤

يظهر من الجدول اعلاه :
١- تزداد الصلادة بزيادة مستوى تحميل الكاؤولين .
٢- ان نسبة التحميل البالغة pphr ١٥٠ هي اعلى نسبة تحميل تحقق الصلادة المناسبه لعمل جهاز قياس الصلادة ، وقد لوحظ عملياً في هذا المجال الامور التالية :
أ- ان نسب التحميل الاعلى من pphr ١٥٠ تعطي صلادات اعلى من IRHD ٨٠ .
ب- في نسب التحميل الاعلى من pphr ١٥٠ لايحدث امتزاج كامل للكاؤولين مع بقية مكونات العجنه المطاطية مع ان الادبيات المتعلقة بالموضوع تشير لإمكانية رفع مستوى تحميل الكاؤولين ال pphr ٣٥٠ وربما قد يكون المقصود بذلك استخدام الزيوت Oils ومسهلات

التصنيع Peptizers التي تسهل انتشار المكونات ومزجها ولكن ذلك قد يتحقق على حساب التضحية بجزء من كفاءة نظام الانضاج Curing System مما يستدعي اعادة تصميم العجنة المطاطية من خلال التحكم بكميات الكبريت –المعجلات – المنشطات ، كما ان زيادة مستويات التحميل يستدعي وقتاً اطول للخلط مما يعني خفض طاقة الانتاج النمطي .

٣- تزايد مقاومة البلى (تناقص الوزن أو الحجم المفقود) بزيادة مستويات التحميل وربما يعود ذلك للاسباب التالية :

أ- تجانس الحجم الحبيبي للكاؤولين وعدم وجود جزيئات كبيرة لان فقدان مثل هذه الجزيئات اثناء تعرض الاطار للحك يسبب البلى Wear لمادة الاساس المطاطية (الماتركس) .

ب- تزامن حصول التحسن في خاصية التلاصق قد انعكس ايجابياً في تحسن مقاومة البلى .

ج - وجود قوى فان در فالز الضعيفة بين طبقات الكاؤولين تجعله زيتي الملمس وتمنح حواف الاطار النعومه المناسبة.

لقد قيست خاصية مقاومة البلى الاحتكاكي(Abrasive Wear Resistance) في هذا البحث بطريقة فرق الوزن بعد التعرض الى ٥٠٠ دورة لدولاب الحك ولم تستخدم طريقة مؤشر مقاومة البلى Abrasion Resistance Index لانها تتطلب وجود معلومات لنموذج مطاطي قياسي كان قد تعرض الى١٠٠٠ دورة ولخمس مرات لغرض المقارنه معه ، اذ ان :

$$\text{Abrasion Resistance Index} = (S / T) * 100$$

حيث :

S : الحجم(أوالوزن) المفقود لـ ١٠٠٠ دورة محسوبة لمعدل ٥ مرات للنموذج المطاطي المراد فحصه .

T: الحجم(أوالوزن) المفقود لـ ١٠٠٠ دورة محسوبة لمعدل ٥ مرات للنموذج المطاطي القياسي

٤ - تحسن التخميد(الهسترة) بزيادة مستويات التحميل ويبدو ذلك من انخفاض قيم الارتدادية (Resilience) لان التراكيب المطاطية الخالية (أو الفقيره) من الموالئ المقوية تكون في قمة ارتداديتها لعدم وجود قيود على حركة سلاسله اثناء تمددها وتقلصها (رجوعها الى العشوائيه) وبدخول جزيئات الكاؤولين بين هذه السلاسل تنخفض حريتها في الحركه وبذا تنخفض ارتداديتها ويزداد تخميدها لان الارتدادية والتخميد(Damping) يرتبطان بالعلاقة التالية :

$$\text{Resilience \%} = 100\ \% - \text{Damping \%}$$

لقد انتخبت خاصية الارتدادية في هذا البحث للتعبير عن المواصفات التخميدية كونها تعبر عن مقدرة اطارالطائرة على امتصاص الصدمات والاهتزازات المتولدة عليه اثناء عمله حيث ان هذه الخاصية توضح مقداركل من الطاقة المتبدده داخله على شكل حرارة (تمثل مقدار التخميد أو الهسترة) والطاقة التي يستطيع ارجاعها كطاقة ميكانيكية بعد زوال الاجهاد عنه (تمثل مقدار الارتدادية) .

٥- تزايد قوة التلاصق بزيادة مستويات تحميل الكاؤولين وقد يعود ذلك للاسباب التالية :

أ- اختلاف الوزن الجزيئي بين الكاؤولين وتركيبة المطاط الطبيعي يؤدي لتكوين النهايات الحره Free Ends والتي بانتشارها داخل التركيب المطاطي تزيد من متانة الالتصاق كونها تمثل مواقع فعالة لاحداث الترابط أوالتفاعل .

ب- يسبب وجود قوى فان درفالز ظهور عزم استقطاب لحظي Instantaneous Dipole Moment في الكاؤولين يعمل على حث الاستقطاب في المطاط مما يحدث تأثيراً متبادلاً تنشأ عنه قوى الالتصاق العالية [الزبيدي،٢٠٠٠].

ج – ان وجود الكاؤولين يحسن تركيب سطح التلاصق البيني Adhesion Interphase لانه يحد من تكون الكبريتيدات والاكاسيد والتي قد تتكون بسبب تفاعل النحاس والزنك مع الكبريت والاوكسجين.

ء – يسبب وجود الكاؤولين تحسناً في الخواص الفيزياويه للمطاط القريب من سطح التلاصق ويقلل من احتمالية تكون الطبقة ضعيفة الحد Weak Boundary Layer والتي عادةً ما تسبب فشل التلاصق .

هـ - يؤدي وجود الكاؤولين في السطح البيني لتقليل مستوى تأثره بالرطوبة والإمطارفي فصل الشتاء .

كما انه لابد من الاشارة الى ان وجود الكاؤولين يسبب من جانب اخرتوسيع مدى درجات الحرارة التي يصمد فيه التلاصق لان درجات الحرارة العالية تسبب فشل التلاصق .

٦- تحسن مقاومة الانتفاخ بزيت الغاز (تناقص فرق الوزن بعد وقبل التعرض) بزيادة مستوى التحميل وقد يعزى ذلك الى :

أ - يسبب دخول جزيئات الكاؤولين في الفراغات الموجودة بين السلاسل المطاطية من تقليل الحجم الحر Free Volume مما يحد من امكانية تغلغل جزيئات المذيب رغم صغر حجمها في هذه الفراغات .

ب- يعمل الكاؤولين على زيادة الفارق بين وسيطي الذوبانيه Solubility Parameters لكل من زيت الغاز والتركيب المطاطي وبزيادته تقل امكانية الانتفاخ والاذابه.

٧- تزداد مقاومة التقادم الحراري بزيادة مستويات التحميل لارتفاع درجة انصهار الكاؤولين مقارنةً ببقية المكونات .

المصادر :

Anwarul, H.,Yassen I., Muhammad R. "**Historical Development in the Classification of Kaolin Subgroup**" University of Peshawar , Pakistan ,2008 .

Audrey C.R. "**Kaolin Clay Products Teaching Materials**", 2008.

Clesieiskt A. " **Introduction to Rubber Technology** " Glasgow,(2000).

Gent, N. "**Engineering with Rubber** "Hanser Publishers, Second Edition , Munich,(2001).

Haydn H. M. " **Industrial Applications of Kaolin** " Georgia Kaolin Company , Elizabeth , Newjersay , (2008).

James E., Burak E., Fredric R. "**Since and Technology of Rubber** " third edition, Elsevier Academic Press,(2005).

Mattham, R. **'Rubber Engineering**" Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, Delhi ,(1998).

Air floated Kaolin " Inc. (2007). Minerals I. " **Ione**

Morton, M. "**Rubber Technology**" Vam Nostr and Reinhold, New York, (1987).

Van Alphen, J. "**RUBBER CHEMICALS**" Redial publishing company, Holland, 1973.

Vanderbilt R.T , " **Mineral Filler of Rubber : Kaolin Clay** " Company, Inc , (2008).

Wallis D. " **Kaolin** " Department of Mines and Energy , Mineral Information Leaflet No.10, (2000).

www. alibaba.com ,2008.

www. Omya .com " Omya International AG , "**Mineral Additives for the Plastic Industry**" Oftringen , Switzerland , 2008 .

www. Mindfully .org , 2008.

ألحيدري ،عماد " **تحضير الباريوم فرايت ودراسة تأثيره على الخواص الهندسية للكاؤولين** " رسالة ماجستير ،جامعة بابل، (٢٠٠١).

الزبيـدي ، حيـدر "**دراسة العوامل المؤثرة فـي تلاصق الأسلاك المعدنية وأسلاك النايلون بمطاط الإطار**"رسالة ماجستير، جامعة بابل، ٢٠٠١ .

عودة جباربريهي ، احمد عبد الحمزة ، جاسم عاجل " **معجل جديد لنظام فلكنة المطاط الطبيعي ومطاط الستايرين – بيوتاداين** " بحث مقبول للنشر في مجلة جامعة بابل،المجلد ١٧ ، العدد٤ ، ٢٠٠٩ .

المسعودي ، عـودة " **تحضير مواد مطاطية مركبة ودراسة استخدامها في الوسائد لامتصاص الاهتزازات** " رسالة ماجستير، جامعة بابل، ٢٠٠٨.