https://doi.org/10.33261/jaaru.2021.28.2.010 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2021)28(2):95–101*

Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences
مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية

كلية الهندسة - جامعة بغداد

جمعية كليات الهندسة اعضاء اتحاد الجامعات العربية

دراسة تأثير مادة كبريتات الباريوم كمادة مالئة على الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمركبات المطاط النتريلي

***علي غسان الحيدر*[1،*]، *علي محمد علي*[2]، *ميساء علي شاش*[3]**

[1] *هندسة المواد التطبيقية ، قسم هندسة المعدات والآليات ،كلية الهندسة التقنية ،جامعة طرطوس ، سوريا، ali.alhaidar315@gmail.com*

[2] *قسم تقانة الأغذية ، كلية الهندسة التقنية ، جامعة طرطوس ، سورية،alimali1968@yahoo.com*

[3] *قسم المعدات والآليات ،كلية الهندسة التقنية،جامعة طرطوس ، سوريا، mayssaali@yahoo.fr*

** الباحث الممثل : علي غسان الحيدر، الايميل: ali.alhaidar315@gmail.com*

نشر في:30 حزيران 2021

الخلاصة: تم في هذا البحث دراسة تأثير إضافة مادة كبريتات الباريوم (B) كمادة مالئة في خواص المطّاط النتريلNBR ، عن طريق تحضير خلائط من المطّاط تحتوي نسب مختلفة من كبريتات الباريوم (0,1,3,5,10,15,20 phr) على جهاز درفلة المطّاط ثم توصيف الخواص الفيزوميكانيكية والكيميائية للخلائط المحضرة، وذلك باختبارها لمقاومة الشد، والاستطالة عند الانقطاع (Elongation at break)، ومقاومة البلى (Wear) وتحديد كل من قيم الصلادة (Hardness) والانتفاخ (Swelling) في مذيبات مختلفة. حيث أظهرت النتائج ازدياد مقاومة الشد لخلائط المطاط (CB/B) بنسبة (6.1%) مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم ضمن الخلطات المطاطية حتى (phr 1) ثم انخفضت مقاومة الشد مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم في التراكيب المطاطية عن (phr 1) ، أما الاستطالة عند القطع فقد ازدادت تدريجيا بمقدار (74.4%) عند نسبة إضافة (phr 1) ثم انخفضت مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم حتى (phr 5) ثم عاودت لترتفع مع زيادة كبريتات الباريوم. بينما انخفضت قيم الصلادة بشكل طردي بنسبة (14.9%) مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم إلى نسبة (phr 20)، كذلك انخفضت مقاومة البلى بنسبة (45.83%) مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم حتى نسبة (phr 20). كما أظهرت نتائج الدراسة بأن انتفاخ العينات التي تحتوي على الكربون الأسود فقط (C45B0) كانت منخفضة للغاية مقارنة بالعينات تحتوي على كبريتات الباريوم.

الكلمات الرئيسية – الفلكنة، كبريتات الباريوم، المطاط، الكربون الأسود، الدرفلة.

1. المقدمة:

لقد أصبح التطور العلمي والتقاني من الظواهر البارزة التي تطغى على الصناعة في الدول المتقدمة، إذ نلاحظ التسابق الواضح بين المنشآت الصناعية لاستخدام أحدث الأساليب التقنية في الإنتاج من أجل تحسين جودة المنتجات وتخفيض تكاليف الإنتاج، ومن الضروري أن تدرك إدارات المشاريع الصناعية في الدول النامية هذه الحقيقة حيث يترافق ازدياد النمو الحضاري والصناعي في دول العالم المختلفة مع عملية التغيير في نمط الإنتاج فيها، ويصاحبها نوع من التغيير الاقتصادي يؤثر على ارتفاع مستوى دخل الفرد.

حيث يتم استخدام أنواع مختلفة من المواد المالئة والهجينة مع الكربون الأسود لأنها من أبسط الطرق المستخدمة في تحسن خواص المطاط النتريلي وأقل الطرائق كلفة، حيث أنها أسهمت في إنتاج عدد من السلع ذات الجودة العالية والخصائص المطلوبة للتطبيقات المعدة لأجلها، وكما أدت إلى تحسين مستوى التنمية في البلدان النامية وتحسناً في المستوى الاقتصادي والمعيشي في هذه البلدان، إذ أن وجود صناعات حديثة وتقنيات متقدمة ومتطورة يُعدُّ دعامة قوية للاقتصاد الوطني، ويسهم في الحد من عمليات الاستيراد من الخارج وتوفير في القطع الاجنبي والاكتفاء الذاتي صناعياً.

كما تعدّ المواد المالئة من أهم المواد التي تضاف للمطاط لتحسين خواصه الميكانيكية. تضاف المالئات إلى البوليمرات لتحسين الصلادة، مقاومة الصدمة، الجساءة، المتانة، مقاومة الشد والانحناء، مقاومة المذيبات ولتغير الخواصّ الكهربائية للبوليمرات [1]. وتقسم المالئات قسمين[2]:

A - موادّ مالئة تضاف لتحسين الخواصّ الميكانيكيّة للمطّاط وتقسم إلى:

1- المواد المالئة المحسِّنة السوداء: مثل الكربون الأسود.

2 - الموادّ المالئة المحسِّنة البيضاء: مثل مركّبات السيليس (Sio_2).

B - موادّ مالئة لزيادة الوزن والحجم فقط, من دون أن تغير من خواصّ المطّاط الميكانيكيّة.

المطاط النتريلي (NBR) ويعتبر من أنواع المطاط الصناعي ويحصل عليه من البلمرة المشتركة لكلّ من أكريل نتريل والبوتاديئين، حيث يستخدم المطّاط (NBR) على نطاقٍ واسع في الصناعة نظراً لاحتوائه على مونومير

الأكريلونترايل (AN) بنسبة تتراوح بين (53-17%)، وكلّما ازداد محتوى المطاط من الأكريلونترايل يصبح أعلى قطبيّةً، وتزداد بشكل كبير مقاومته للوقود والزّيوت والشّحوم، لذا فأنّه يدخل في تركيب القطع الفنيّة المطّاطيّة التي هي على تماسّ مباشر مع الزيوت والشحوم والمذيبات ومشتقات البترول [19].

كذلك قام الباحث (Alneamah) [5] عام (2015) بدراسة وتحسين الثباتية الحرارية لمطاط النتريل المحمل بالكربون الأسود، وذلك بإضافة البولي إيميد بنسب مختلفة للخلطة المطاطية. حيث بينت الدراسة باستخدام جهاز التحليل الوزني الحراري (TGA) والتحليل الميكانيكي الديناميكي

1726-4081© 2021The author(s). Published by Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences. This is an open access article under the CC BY-NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

(DMTA) للمركبات المحضرة استقرارًا حراريًا أفضل بكثير. ارتفعت درجة حرارة بداية المطاط النتريل من (°c 360) إلى (°c 368). كما زادت درجة حرارة الانتقال الزجاجي(Tg) من مطاط النتريل من (°c 5-) إلى (°c 11.6). وبالتالي وجود البولي إيميد في مصفوفة المطاط النتريلي يزيد من الاستقرار الحراري.

كما قام الباحث (Senthilvel) [17] عام (2016) بدراسة تأثير مواد التعبئة الهجينة (CB/silica) على الخواص الفيزيائية الميكانيكية لمطاط النتريل، يتم الحفاظ على نسبة ثابتة من مادة التعبئة عند (50 phr) ومحتوى السيليكا في مادة التعبئة هو متغيرة (50 phr ،40،30،25،20،10،0).حيث أظهرت النتائج ازدياد زمن الفلكنة (t90)، وزمن التعريض الحراري (ts2)، وعزم الدوران الأدنى (ML)، وعزم الدوران الأقصى (MH) مع زيادة محتوى السيليكا للتراكيب (CB / Sil).كما تبين أن قوة الشد وقوة الضغط، ومقاومة الارتداد ومقاومة التآكل تنخفض مع زيادة محتوى السيليكا في التعبئة الهجينة لأن محتوى السيليكا يجعل المركبات أقل صلابة.

وقد درس عدد كبير من الباحثين تأثير تعديل المطاط النتريلي, حيث قام الباحث (Rocha) [16] عام (2018) بدراسة سلوك إجهاد الزحف لمركّبات المطاط النتريل باستخدام (ميتاكولين / كربون) (CB/MK) من خلال قوى الشد والضغط وتبين من خلال الدراسة أن الكربون الأسود يؤدي الى تسريع عملية الاسترخاء، واستبدال الكربون الأسود بمادة ميتاكولين يقلل من عملية الاسترخاء لكل من اختبارات الشد والضغط نظراً لأداء الميتاكولين في إنتاج تراكيب مطاطية ذات قيم إجهاد متبقية مرتفعة، يُعزى ذلك إلى أن شبكة الحشو التي شكلتها MK كانت أصغر من شبكة CB (تأثير Payne). علاوة على ذلك، فقد تحسنت مقاومة الانضغاط، نتيجة لشكل صفيحة جزيئات ال MK قد ساهمت بتوزيع أفضل للقوى عبر سطح الحشو، مقارنة بجزيئات CB الكروية.

تكمن أهمية البحث الحصول على منتجات من المطاط النتريلي NBR ذات المقاومة العالية للوقود والزيوت وتتميز بخواص فيزوميكانيكية وكيميائية مناسبة للتطبيق الذي أعدت من أجله في مجال موانع التسرب المطاطية ، حيث أن الإلمام الواسع بموانع التسرب وأسباب فشلها وأساليب معالجتها، والاختيار الأمثل لصياغة الخلطة المطاطية ولبارامترات الفلكنة، والتأثيرات الشكلية والبنيوية التي تحدثها في المادة، وآلية عملية التشابك لسّلاسل الجزيئات العملاقة يؤدي إلى فهم التغيرات في خواص المادة واستثمار هذه الخواص بما يناسب التطبيق الذي أعدّت لأجله.

2. منهجية البحث:

2.1 فرضيات الحل:

أن المواد المالئة لها دوراً كبيرا في تحسن الخصائص الميكانيكية الفيزيائية والكيميائية لمركبات المطاط ويعتمد ذلك على السطح النوعي لجزيئات المادة المالئة والنشاط السطحي لجزيئات المادة.

2.2 مواد وطرائق البحث

2.2.1 المواد المستخدمة:

1- مطاط الأكريلونترايل بوتادينين (NBR):
مطاط كوري المنشأ NBR-6250 صنع شركة (LG)، يحوي (% 33.9) أكريلونتريل، كثافته النوعية [(g/cm3) 0.99]، المواد المتطايرة (% 0.2)، نسبة الرماد (Max 0.5%).

2- الكربون الأسود (Carbon Black N330):
هباب فحم فرني ثابت ضد عمليات الحت والاهتراء (High Abrasion Furnace)، أوكراني المنشأ صنع شركة (Jsc Stakhanov Carbon Black Chemical Plant)، نسبة الرماد (Max 0.5%)، النقاوة (% 99)، مساحة سطح الادمصاص وفق BET (CTAB absorp :82+5 m2/kg)، الكثافة النوعية (375+20) kg/m3.

3- أكسيد الزنك (Zinc Oxide):
سعودي المنشأ صنع شركة (Intermediate Chemicals)، مسحوق أبيض اللون، درجة النقاء (% 99.9)، الكثافة الظاهرية 1.8 – 1.5) (g/cm3، نسبة الكادميوم (Max 0.0005%).

4- حمض الشمع (Stearic Acid):
ماليزي المنشأ صنع شركة (KLK OlEO)، ذو مظهر حبيبي أبيض اللون، درجة النقاء (99.5%)، نسبة اليود فيه (max 0.8%)، ونسبة الحمض (195 min).

5- مضاد الأكسدة (Antioxidants):
استخدم في البحث مضاد الأكسدة (IPPD) 4010NA، بريطاني المنشأ صنع شركة (Castle Chemicals)، الاسم الكيميائي له [N-isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine]، ذو مظهر حبيبي بني داكن، نسبة الرماد Max (≤ % 0.2)، درجة النقاء [0.97 (GC) ≥%].

6- الملدن (Plasticizer):
زيت ثنائي أوكتيل فتالات (Dioctyl Phthalate) المعروف (DOP)، سائل شفاف اللون، صيني المنشأ صنع شركة (Zhengzhou San Techchem)، صيغته الكيميائية (C24H38O4)، كثافته عند الدرجة (ºC 20): (0.988g/cm3)، النقاوة (Min 99.5%)، نقطة الوميض (Min 196 ºC).

7- المواد المسرعة لعملية الفلكنة (Accelerators):
استخدم في البحث نوعان من المسرعات حيث يقوم كل نوع بتنشيط الأخر وهما:

MBT الاسم الكيميائي (2-mercaptobenzothiazole)، هندي المنشأ صنع شركة نوسل (Nocil)، وهو مسحوق كريم اللون (cream) ، درجة النقاء (Min 96%)، محتوى الرماد (Max 0.4%)، الكثافة الظاهرية (Bulk Density): (400-440 Kg/m3)، الكثافة النوعية (Specific Gravity) عند (°C 25): (1.51)، نقطة الانصهار الأولية (Min 170°C)، يصنف من المسرعات شبه فائق السرعة (Semi ultra-fast accelerator).

TMTD الاسم الكيميائي (Tetramethyl thiuram disulfide)، هندي المنشأ صنع شركة نوسل (Nocil)، وهو مسحوق أبيض اللون، درجة النقاء (Min 96%)، محتوى الرماد (Max 0.3%)، الكثافة الظاهرية (340-380 Kg/m3)، الكثافة النوعية (Specific Gravity) عند الدرجة (°C 25): (1.43)، نقطة الانصهار الأولية (Min 142°C)، يصنف من المسرعات فائق السرعة (Ultra-fast accelerator).

8- كبريتات الباريوم (Barium sulfate):
صيني المنشأ صنع شركة (qianphos)، مسحوق بني اللون، رقم الأس الهيدرجيني (7.6)، درجة النقاء (% 87.2)، كثافته عند الدرجة (ºC 20): (4.3 g/cm3) نسبة أوكسيد الحديد (Max 4.1%).

9- مواصفات الديزل (Diesel):
الوزن النوعي بدرجة الحرارة (ºC 15.5): (0.820 -0.860)، نسبة الكبريت (Max 0.7%)، درجة الوميض (بجهاز مغلق) حدا أدنى: (Winter: 55 ºC - Summer 60 ºC)، درجة الأنيلين: (Min65ºC)، قرينة الديزل: (53-56)، اللزوجة بدرجة (38.33ºC): [4.5-2.5 Centistoke]، نسبة الرماد: (Max 0.01%)، الماء والرواسب حجما: (Max 0.05%)، خال من الحموض والقلويات، وزن راسب الكربون (كونرادسون): (Max 0.1 %).

10- مواصفات زيت المحرك (20/50) NO:

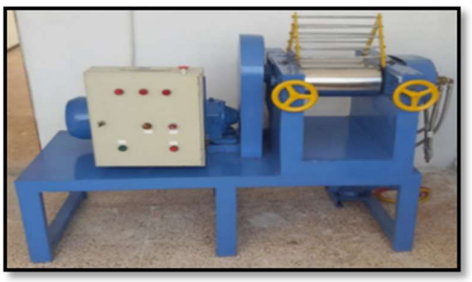
روسي المنشأ، صنع شركة (Gazpromneft Hydraulic)، الكثافة عند الدّرجة (20°C): (896 kg/m3)، دليل اللّزوجة (K. Viscosity) عند الدّرجة (100°C): (18.5 mm2/s)، درجة السيولة (Pour Point): (-13 °C)، نقطة الوميض (Flash Point): (243 °C).

11- التولوين (Toluene):

صيني المنشأ، صنع شركة (UIV CHEM)، سائل شفاف عديم اللون، النقاوة (98 %)، نقطة الغليان (111 °C)، الكثافة: (0.866 g/cm3)، نقطة الوميض (4.44 °C).

2.2.2 الأجهزة المستخدمة:

1. آلة درفلة لمزج المطّاط وخلائطه سعة (1kg) الشكل (1).
2. مطحنة كرات من شركة HERZO6.
3. جهاز اختبار الشد.
4. جهاز قياس مقاومة البلى.
5. جهاز قياس الصلادة (Shore A).
6. ميزان كهربائي بدقة (0.0001 g).
7. أنبوب زجاجي سعة (25 ml) لقياس كثافة المطّاط.
8. مكبس هيدروليكي حراري من شركة (noselab ats).



الشكل 1: آلة درفلة مزج المطّاط وخلائطه

2.2.3 طرائق تشكيل عينات المطّاط:

تم إضافة كبريتات الباريوم بنسب (0,1,3,5,10 ,15,20 phr) مع الكربون وبالمحافظة على نسبة ثابتة للمواد المالئة (45phr) ،وتم تحضير الخلائط المطّاطية باستخدام آلة درفلة لمزج المطّاط سعة (1kg) الموضحة بالشكل (1)، وعمليات العجن والمزج تمت حسب المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM D15) [7] والتي تتضمن درجة حرارة العمل وتسلسل إضافة المواد إلى الآلة، والفترة الزمنية اللازمة للتجانس وبشكل جيد لجميع الخلائط, وبعد الحصول على خلائط متجانسة السماكة والتي تحوي على نسب مختلفة من كبريتات الباريوم والكربون الأسود كما هو موضح بالجدول (1)، يتم إنضاج النماذج المخبرية بتطبيقها بواسطة مكبس حراري مخبري يعمل بالضغط الهيدروليكي حيث يتم تسخين هذه النماذج حتى درجة (150˚) وتحت ضغط قدره (100 bar) و لمدة (5min). بعدها تبرد العينة بالماء تحت ضغط ثابت حتى تصل إلى درجة (40˚)، وتترك الخلائط لمدة 24 ساعة قبل اختبارها.

2.2.3.1 مراحل العمل:

يتم تحضير الخلائط المطّاطية وفق المراحل التالية:

1. يبيّن الجدول (1) تركيب الخلائط المطّاطية المحضرة، حيث تتم عملية العجن لعينة المطّاط قبل إضافة المواد إليها بواسطة الدرافيل وتسمى العجينة المحضرة بالعجينة الرئيسية حيث يمرر المطّاط بين الدرافيل لعدة مرات لمدة (3-4min) دقائق حتى التجانس ضمن درجة حرارة العمل مع تقريب المسافة بينهما تدريجيا، عملية العجن وتسلسل إضافة المواد ومدة العجن تتم وفق المواصفة القياسية الأمريكية (ASTM D15) [7].

جدول 1: النسب المواد الداخلة في الخلطة المطّاطية

Name	C45 B0	C45 B1	C45 B3	C40 B5	C35 B10	C30 B15	C25 B10
Ingredients	Phr						
Rubber NBR	100	100	100	100	100	100	100
Stearic acid	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Zinc oxide	5	5	5	5	5	5	5
Process oil Dop	10	10	10	10	10	10	10
Carbon Black	45	44	42	40	35	30	25
Barium sulfate	0	1	3	5	10	15	20
Antioxidant (TMQ)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
TMTD	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
MBTS	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

2. إضافة حمض الستاريك إلى العجينة والعجن مدة دقيقة حتى التجانس.
3. إضافة أوكسيد الزنك والعجن جيدا حتى التجانس.
4. إضافة الملدن DOP (dioctyl phthalate) والعجن حتى التجانس.
5. إضافة نصف الكمية لكل من مادة الكربون وكبريتات الباريوم بالنسب المحددة والعجن حتى التجانس.
6. إضافة مضادات الأكسدة TMQ -2,2,4-trimethyl-1,2- (dihydroquinoline والمسرعات والعجن حتى التجانس.
7. إضافة نصف الأخر لكل من كمية الكربون وكبريتات الباريوم بالنسب المحددة والعجن حتى التجانس.
8. إضافة الكبريت إلى العجينة حيث أن إضافة الكبريت كمادة مفلكنة إلى المطّاط يؤدي إلى خلق تراكيب شبكية تزيد من صلابته وثباته. وتقلب العجينة بعد ذلك على الدرافيل مدة من الزمن حتى يتم انتشار الكبريت في كل أجزاء الخلطة المطّاطية بشكل متساوٍ ومتجانس وثم تسحب الخلطة المطّاطية بحسب السماكة.
9. تبريد العجينة المبينة بالشكل (2) إلى درجة حرارة الغرفة، ويستغرق وقت العمل على آلة الدرفلة مدة تتراوح بين (25 20-min).
10. عملية الفلكنة للتراكيب الناتجة بوضعها في قالب ذو تجويف متوازي مستطيلات (10*12*0.2 cm) ، وأخر (5*5*6 cm)، ثم يتم وضع القالب ضمن المكبس الهيدروليكي، وتتم العملية عند ضغط (100 bar) ودرجة حرارة (150˚)، وتستغرق هذه العملية (5 min).

الشكل **2:** الواح المطّاط المشكلة

11. تبرد العينة عن طريق دارة تبريد موجودة ضمن المكبس تحتوي على مدخل ومخرج للمياه، ويتم مراقبة الضغط والتأكد من الاحتفاظ بالضغط ثابتا في أثناء التبريد، ويستمر التبريد حتى تصل درجة الحرارة الى (40˚) حيث عند هذه الدرجة تأخذ العينة شكلها النهائي [10,1].

12. توقف عملية التبريد ويزال الضغط، ثم تسحب العينات من القالب كما في الشكل (3)، وتترك لمدة 24 ساعة قبل الاختبار.

الشكل 3: الواح المطّاط بعد عملية الفلكنة

2.2.4 طرائق أجراء التجارب والاختبارات:

2.2.4.1 *اختبار الشدّ (Tensile Test):*

تم هذا الاختبار باستخدام آلة الشد نوع (Testometric M350-10CT) حسب المواصفة العالمية (ASTM D-412) [9]، حيث يتم أخذ خمس مكررات لكل اختبار وأخذ المتوسط الحسابي لمقاومة الشد (Ts) والاستطالة عند القطع (ε_b).

2.2.4.2 *اختبار الصلادة (Hardness):*

أجري هذا الاختبار بحسب المواصفة العالمية (DIN-53505) [12] باستعمال جهاز قياس الصلادة الرقمي (Digital Shore Hardness Tester)، ونموذج الاختبار عبارة عن عينة مربعة الشكل (40×40 mm) وسماكة (6 mm).

2.2.4.3 *اختبار الانتفاخ (Swelling test):*

تم هذا الاختبار وفق المواصفة القياسية العالمية (ASTM-D471) [9]، وذلك بغمر العينات المحضرة بأبعاد (50×20×2 mm) في زيوت ومذيبات مختلفة (تولوين وديزل وزيت محركات) كما في الشكل (4) حيث تم وزن العينات المغمورة في التولوين [3 hour] لمدة الوصول الى الانتفاخ الاعظمي، وكذلك تم وزن العينات المغمورة (بالديزل وزيت المحركات) كل [12 hour] لمدة [168 hour] وتم حساب نسبة الانتفاخ وفق المعادلة (1):

$$SR = \frac{W2-W1}{W1} * 100\ \% \qquad (1)$$

حيث:

W_2 : وزن العينة بعد الغمر (g).

W_1: وزن العينة قبل الغمر (g).

SR : الانتفاخ %.

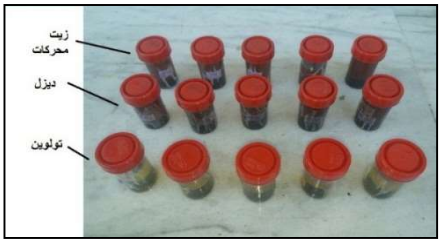
وكذلك تم الحصول على كسر الجل (gel fraction) من خلال تجفيف العينات التي غمرت في التولوين بعد إنهاء اختبار الانتفاخ وذلك عند درجة حرارة (65˚) ، ويتم حساب كسر الجل وفق المعادلة (2):

$$gel = \frac{Wf}{Wi} * 100\ \% \qquad (2)$$

حيث:

W_f: وزن العينة بعد التجفيف (g).

W_i: وزن العينة قبل الغمر (g).



الشكل 4: العينات وقد غمرت بالمذيبات والزيوت

2.2.4.4 *اختبار مقاومة البلى (wear Resistance):*

تم اختبار مقاومة البلى حسب المواصفة العالمية (DIN-53516) [14] وذلك بحساب الوزن المفقود باستخدام جهاز (Abrasion Resistant Rubber Testing Machine)، حيث تم حساب حجم التآكل كتابع لدرجة كشط ورق الصنفرة والتي تؤخذ قيمتها وفق المواصفة القياسية ISO1891 (part1) [15] ثم يحسب الفاقد الحجمي المفقود (V) وفق المعادلة (3):

$$V = \frac{\Delta m * S}{\alpha * \rho} \qquad (3)$$

حيث:

V: الحجم المفقود $[mm^3]$

$\Delta m = m_1 - m_2$: وزن المادة المزالة (مقدرة بـ mg)

m_1: وزن العينة قبل التجربة (مقدرة بـ mg)

m_2: وزن العينة بعد التجربة (مقدرة بـ mg)

S= 200 mg ثابت درجة التآكل المحسوبة وفق مسافة البلى معيارية.

α: دليل نعومة ورق الزجاج.

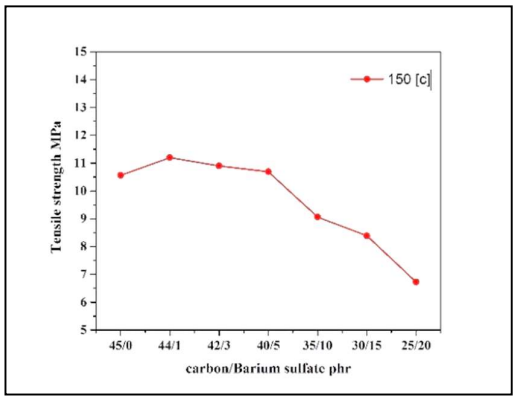
ρ: كثافة العينة وتحسب عن طريق الحجم المزاح من السائل.

2.3 *النتائج والمناقشة:*

2.3.1 نتائج اختبار مقاومة الشد (Tensile Test):

2.3.1.1 *نتائج مقاومة الشد (Tensile strength):*

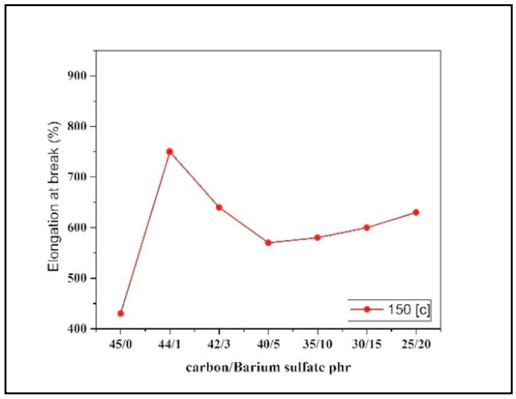
يظهر الشكل (5) نتائج اختبار الشد الذي يبيّن تأثير إضافة كبريتات الباريوم مع الكربون بنسب مختلفة إلى عينات المطاط المدروسة حيث يمثل المحور العمودي قيم مقاومة الشد المسجلة أما المحور الأفقي فيمثل نسبة إضافة الكربون الأسود وكبريتات الباريوم. بدراسة الشكل نلاحظ تغير قيم إجهاد الشدّ كتابع لتغير نسبة الكربون وزيادة نسبة كبريتات الباريوم ضمن المادة المالئة، حيث تزداد قيم إجهاد الشدّ لمركبات المطّاط مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم لتصل إلى أعلى قيمة بنسبة (6.1%) عند نسبة إضافة قدرها (1phr) ، ومن ثم تأخذ قيمة إجهاد الشد بالانخفاض مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم حتى نسبة (20phr) ، وتعزى الزيادة حتى نسبة (1phr) إلى زيادة كثافة التشابك العرضي ضمن مصفوفة المطاط الناتجة عن روابط الكبريت وهو الأساس المكون للمادة المالئة (كبريتات الباريوم) والذي يؤدي بدوره الى زيادة الترابط الفيزيائي والكيميائي, وزيادة قوى التماسك لكبريتات الباريوم مع سلاسل المطاط, مما يؤدي إلى زيادة قوة الشد, وهذا منسجم مع نتائج الدراسات [4] ، غير أن الزيادة المستمرة في نسبة الإضافة فوق (1phr) يسبب زيادة هشاشة مركب المطاط نتيجة التحميل الزائد من المادة المالئة مما يخفض من قوة الشد.



الشكل 5: تغير مقاومة الشد نسبة مادة الكربون الأسود-كبريتات الباريوم

2.3.1.2 نتائج أختبار نسبة الاستطالة عند الانقطاع (Elongation at break):

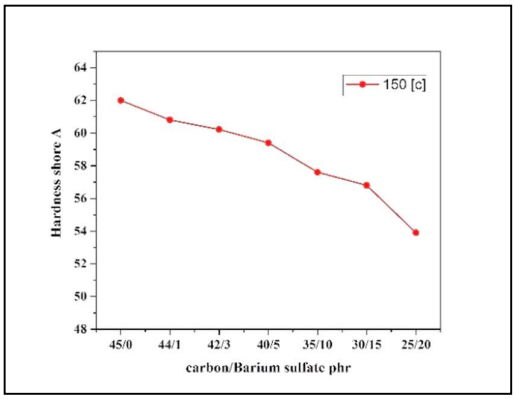
تم دراسة تأثير إضافة كبريتات الباريوم مع الكربون بنسب مختلفة إلى عينات المطاط المدروسة على قيم الاستطالة، ويبين الشكل (6) تزديد قيمة الاستطالة بنسبة (74.4%) لمركبات المطّاط مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم لتصل الاستطالة إلى أعلى قيمة (700%) عند نسبة إضافة قدرها (phr1)، ومن ثم تنخفض مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم فوق هذه النسبة حتى نسبة (phr5)، ومن ثم تأخذ قيمة الاستطالة بالزيادة فوق نسبة (phr5)، ويعزى زيادة الاستطالة مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم حتى (phr1) بسبب نشوء فراغات ضمن مصفوفات المطاط بسبب الحجم الحبيبي الكبير لمادة كبريتات الباريوم مما يسمح بحرية أكبر لدوران سلاسل المطاط العرضية، بينما تنخفض الاستطالة مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم من (phr1) إلى (phr5) ذلك لانخفاض التباعد بين سلاسل المطاط الذي يؤدي بدوره إلى انخفاض النسبة المئوية للاستطالة وهذا يتفق مع ما توصل له الباحثون [14] ، كما تعود الاستطالة للارتفاع مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم من (phr5) إلى (phr20) ذلك نتيجة أشباع مصفوفة المطاطي بالمادة المالئة المستخدمة مما يؤدي بدوره الى هشاشة النسيج المطاطي نتيجة التباعد المتزايد بين سلاسل المطاط



الشكل 6: تغير نسبة الاستطالة مع نسبة مادة الكربون الأسود-كبريتات الباريوم

2.3.2 نتائج اختبار الصلادة (Hardness test):

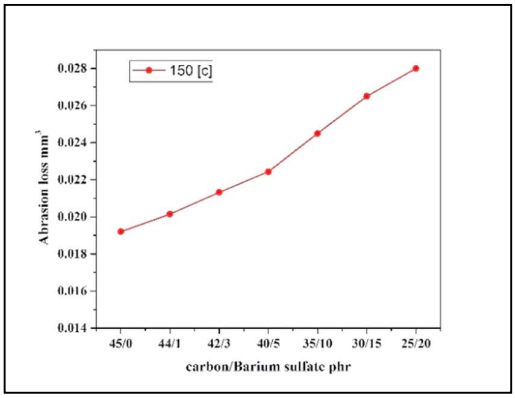
يوضح الشكل (7) العلاقة بين تأثير إضافة كبريتات الباريوم مع الكربون بنسب مختلفة للتراكيب المدروسة على قساوة العينات المطّاطية، فيتبيّن من الشكل انخفاض الصلادة بنسبة (14.9%) مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم وانخفاض نسبة الكربون وذلك بسبب انخفاض الترابط الفيزيائي للمادة المالئة مع المطّاط مما يؤدي الى انخفاض كثافة التشابكات العرضية للسلاسل، فالعلاقة عكسية بين الصلادة ونسبة زيادة نسبة كبريتات الباريوم ويفسر ذلك لانخفاض نسبة الكربون وبالتالي انخفاض المساحة النوعية والفعالية السطحي الناتجة عن وجود المجموعات القطبية السطحية والهيدركسيلية والأستيريه والكربوكسيلية والتي تؤدي لزيادة التفاعل والأرتباط المتبادل مع سلاسل المطاط وهذا متفق مع ما توصل له الباحث [11].



الشكل 7: تغير قيم الصلادة مع نسبة مادة الكربون الأسود-كبريتات الباريوم

2.3.3 نتائج اختبار مقاومة البلى (wear Resistance test):

يظهر الشكل (8) نتائج مقاومة البلى تأثير إضافة كبريتات الباريوم مع الكربون بنسب مختلفة إلى تراكيب المطاط المدروسة، ويلاحظ من الشكل تزايد حجم التآكل بنسبة (45.83%) مع زيادة نسبة كبريتات الباريوم ضمن تركيبات المطاط ويعود ذلك إلى عدم تجانس الحجم الحبيبي لكبريتات الباريوم [3] ووجود جزيئات كبيرة عيوب بنائية ناتجة عن تجمعات كبريتات الباريوم غير المتفاعل مع المطّاط الناتج عن تشبع مصفوفة المطاط بالمادة المالئة مما يسبب زيادة فقدان الوزن.

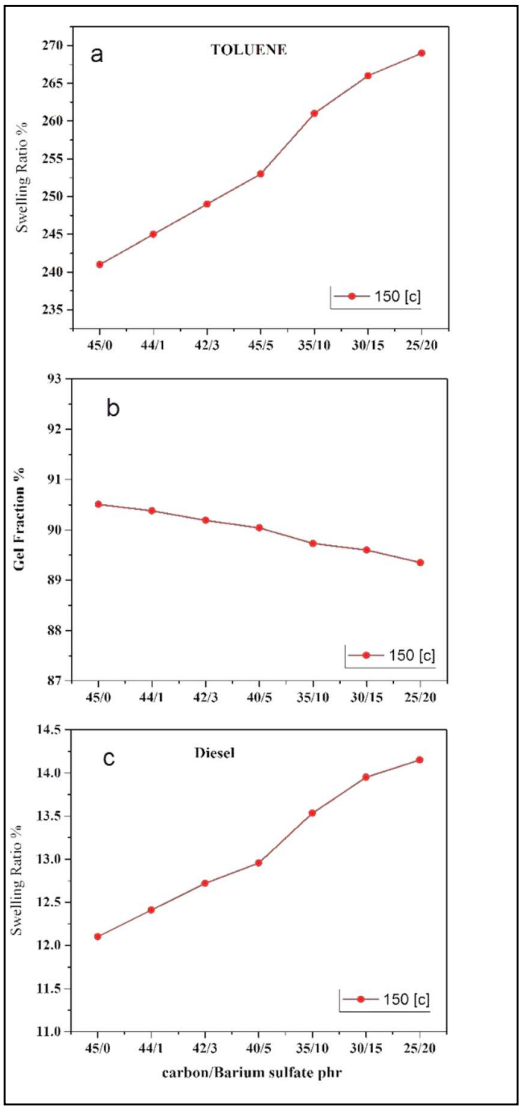


الشكل 8: تغير مقاومة البلى مع نسبة مادة الكربون الأسود-كبريتات الباريوم

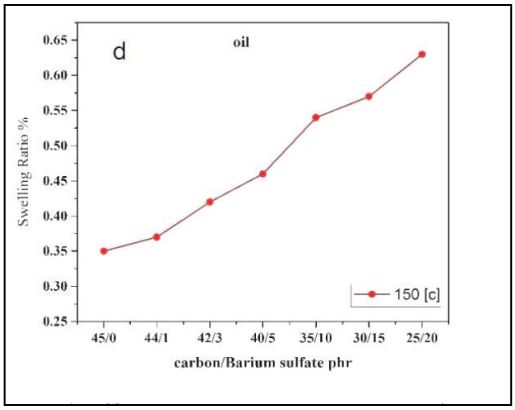
2.3.4 نتائج اختبار الانتفاخ (swelling test):

يظهر الشكل (9-a-c-d) العلاقة بين نسبة الانتفاخ ونسبة إضافة مادة التقوية كبريتات الباريوم باستخدام أنواع مختلفة من المذيبات (تولوين, ديزل, زيت محركات), ويلاحظ من خلال الشكل زيادة نسبة الانتفاخ مع انخفاض نسبة الكربون الى مادة التقوية المستخدمة ويعود ذلك نتيجة الحجم الكبير لدقائق كبريتات الباريوم مقارنة مع الحجم الصغير لدقائق الكربون الأسود مما يؤدي الى تقليل مساحة التلامس السطحي بين المادة المالئة ومصفوفة المطاط , وهذا يتفق مع الباحث (Amin وزملائه) [6], وأيضاً ويلاحظمن الشكل يظهر الشكل (9-d) أن نسبة الانتفاخ بالتولوين أعلى من

المذيبات الاخرى المستخدمة ويعود ذلك الى أن حجم جزيئة التولوين أصغر من حجم المذيبات الأخرى المستخدمة (ديزل زيت), وهذا يتفق مع ما توصل له الباحث (Tomi) [18] والذي وجد بأن نسبة انتفاخ المانعات المصنعة من (NBR) بعد غمرها لمدة أسبوع في الديزل لا يتجاوز (4.45%)، ويلاحظ أيضاً أن نسبة الانتفاخ في مذيب التولوين هي أعلى بشكل ملحوظ مقارنة بالديزل عند جميع نسب التحميل بمادة التعبئة، ويرجع ذلك إلى أن حجم جزيئات التولوين أصغر من حجم المذيبات الأخرى.



الشكل 9: تغير الانتفاخ (a تولوين-b مؤشر تورم –c ديزل-d زيت محركات) مع نسبة مادة الكربون الأسود- كبريتات الباريوم



الشكل 9: تغير الانتفاخ (a تولوين-b مؤشر تورم –c ديزل-d زيت محركات) مع نسبة مادة الكربون الأسود- كبريتات الباريوم

3. الاستنتاجات والتوصيات

3.1 *الاستنتاجات*

1. أفضل تركيبة عند نسبة (1 phr) من كبريتات الباريوم مع الكربون كمادة مائلة هجينة حيث أدت:
   - تحسين مقاومة الشد بنسبة (6.1 %).
   - ازدادت نسبة الاستطالة عند القطع تدريجياً بمقدار (74.4 %).
2. استخدام مادة مالئة (كبريتات الباريوم/ كربون) بنسبة أكبر (5 phr) من أدى الى انخفاض الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لخلائط المطاط النتريلي المختلفة مقارناً بالعينة (C45B0).

3.2 *التوصيات*

1. دراسة استخدام طرائق أخرى من الفلكنة كالفلكنة بالبيروكسيد أو الفلكنة الإشعاعية.
2. دراسة استخدام حجوم مختلفة من دقائق الكربون أو مواد تقوية أخرى.
3. دراسة استخدام كبريتات الفضة ذات الحجوم المختلفة أو النانوية.

المصادر

[1] آنا أ . باكر ترجمة د . اكرم عزيز محمد (الكيمياء الفيزيائيّة للبوليمرات) 1984م. جامعة الموصل, العراق

[2] كيخيا , طارق. الكيماء الصناعية, "تكنولوجيا الصناعات الكيميائيّة العضوية", الجزء الثاني. سوريا, 360 ص

[3] Ali.A.Davoodi, Tal'at Khalkhali, Mohammad.M.Salehi, Soheil.S.Fard. Burst diaphragms based on carbon black/silica hybrid filler reinforced nitrile rubber compounds. Journal of soft matter. vol 2014, 2014, pp. 1-6.

[4] Al-maamori,M and Hamza ,A .Effect of sulfur and Nano- carbon black on the mechanical properties of hard rubber, Journal of University of Babylon, Engineering Sciences, Vol.(26), No.(2): 2018

[5] Alneamah, M and Almaamori,M. Study of Thermal Stability of Nitrile Rubber/Polyimide Compounds. International Journal of Materials and Chemistry 2015, 5(1): 1-3

[14] Harada, M. (2016). "Analytical methods for vulcanized rubbers". International Polymer Science and Technology, vol. 43, No. 2, pp. 45-54.

[15] ISO1891part1, conveyor and eleveator textile belting.

[16] Rochaa, E and Linharesa,F and , Gabrielb,C and Sousaa,A and Furtado,c . Stress relaxation of nitrile rubber composites filled with a hybrid metakaolin/carbon black filler under tensile and compressive, Applied Clay Science 151 (2018) 181–188.

[17] Senthilvel ,K and Vishvanathperumal ,S and Prabu ,B and John Baruch .Studies on the Morphology, Cure Characteristics and Mechanical. Polymers & Polymer Composites, Vol. 24, No. 7, 2016.

[18] Tomi Juselius., Effect of Diesel Fuel Composition on Sealing Materials., Metropolia University of Applied Sciences Bachelor of Engineering Automotive Engineering Thesis, March 3, 2018

[19] YASIN, Tariq, et al. Radiation vulcanization of acrylonitrile–butadiene rubber with polyfunctional monomers. Reactive and Functional Polymers, 2002, 53.2-3: 173-181.

[6] Amin, M and Nadras, O. Comparative Study of Bentonite Filled Acrylonitrile Butadiene Rubber and Carbon Black Filled NBR Composites Properties International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. Volume 15, Issue 3 pp. 5468-5479 Sept 2018.

[7] ASTM D15 – 72, methods of compound and sample preparation for physical testing of rubber products.

[8] ASTM D412 – 16, Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers-Tension.

[9] ASTM D471, Standard Test Method for Rubber Property-Effect of Liquids.

[10] Chache M, Ali A, Makhlouf A."Design a model rolling machine to mix rubber and its components". Tartous University, 2016.

[11] Chache M, Ali A, Makhlouf A."Study physico-mechanical and chemical properties of mixtures of natural rubber & thermal cement" Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 38.2 (2017).

[12] DIN 53505, Shore A and Shore D hardness testing of rubber.

[13] DIN 53516, Testing of rubber and elastomers, determination of abrasion resistance.

The effect of barium sulfate as a filler on the physical and mechanical properties of nitrile rubber blends

Ali Alhaidar [1,*]**, *Ali Ali*** [2] ***and*** **Mayssa Shash** [3]

[1] *Department of Machines and Equipments, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria, ali.alhaidar315@gmail.com*

[2] *Department of Food Technology, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria, alimali1968@yahoo.com*

[3] *Department of Machines and Equipments, Faculty of Technical Engineering, Tartous University, Syria, mayssaali@yahoo.fr*

** Correspondeng auther :Ali Alhaidar,email: ali.alhaidar315@gmail.com*

Published online: 30 June 2021

Abstract : In this study, the effect of adding barium sulfate as a filler in the properties of NBR has been studied by preparing blends of rubber containing different proportions of barium sulfate (0,1,3,5,10,15,20 phr) ,on two roll mill then describe Physio - mechanical and chemical properties of the prepared blends were described by testing them for tensile strength and abrasion resistance, value of hardness and swelling in different solvents. The results showed an increase in tensile strength by (6.1%) with an increase in the percentage of barium sulfate within the rubber mixtures until (1phr), then the tensile strength decreased with an increase in the ratio of barium sulfate in the rubber compositions over (1phr). As for elongation at break, it gradually increased by (74.4%) at the rate of adding (1 phr) and then decreased with increasing the percentage of barium sulfate to (phr5) and then increased with the increase of barium sulfate. While the hardness values decreased by (14.9%) with the increase in the percentage of barium sulfate to the ratio of (phr20), friction resistance also decreased by (45.83%) with an increase in the percentage of barium sulfate to (phr20). The results of the study also showed that the productivity of samples containing black carbon only (C45B0) was very low compared to samples containing barium sulfate.

Keywords: Vulcanization, barium sulfate, Rubber, Carbon black, rolling