https://doi.org/10.33261/jaaru.2021.28.1.010 *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences (2021)28(1):110-116*

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

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

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

[1] قسم 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 الحيدر، ali.alhaidar315@gmail.com

نشر في:31 اذار 2021

الخلاصة_ تم في هذا البحث دراسة تأثير إضافة مادة الكلنكر كمادة مالئة في خواص مطّاط أكريلو نيتريل (NBR)، عن طريق تحضير خلائط من المطّاط تحتوي نسب مختلفة (0,5,10,15,20 phr) من مادة الكلنكر(أسمنت نصف مصنع) 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 انخفاض مقاومة الشد لخلائط المطاط (CB/k) بنسبة (45%) مع زيادة نسبة الكلنكر ضمن الخلطات المطاطية المذكورة سابقا، وأيضا انخفضت قيم الصلادة بشكل طردي وبنسبة (19%) مع زيادة نسبة الكلنكر، وكذلك انخفضت مقاومة البلى بنسبة (254%) مع زيادة نسبة الكلنكر. أما بالنسبة للاستطالة عند القطع فقد كانت على خلاف النتائج السابقة، فقد ازدادت نسبة الاستطالة عند القطع تدريجيا بمقدار (266%) مع زيادة نسبة الكلنكر. كما أظهرت نتائج الدراسة بأن انتفاخ العينات التي تحتوي على الكربون الأسود فقط (C45K0) منخفضة مقارنة بالعينات التي تحتوي على الكلنكر.

الكلمات الرئيسية – الفلكنة، الكلنكر، المطاط، الكربون الأسود، الدرفلة.

1. المقدمة

منذ مطلع القرن العشرين بدأ الإنسان بتطوير مواد جديدة، اكتشفت لها استعمالات جعلتها تنافس الموادّ الطبيعيّة، من أهم هذه الموادّ البلاستيك والمطّاط، أصبحت صناعة هذه المواد من أهم الصناعات إلى حدّ يمكن تسمية العصر الحاضر بعصر اللدائن، وأصبحت الآن تتمتع بأهمية بالغة في الصناعة بمختلف أوجهها، ويعتبر المطّاط من أكثر المواد الأولية نفعاً وأكثرها أهمية، وله فوائد خاصة لأسباب عديدة فهو يحبس الهواء ولا يمتص الرطوبة، ولا يوصل الكهرباء بسهولة، ولكن أهميته الخاصة تكمن في مرونته وقابلية العودة إلى الشكل الأصلي بعد إزالة الحمل الخارجي المطبق عليه [9].

ويتم الحصول على المطّاط الطبيعي من عصارة شجرة، بينما ينتج المطّاط الاصطناعي من المواد الكيميائية، وقبل الحرب العالمية الثانية اقتصرت صناعة المطاط على المطاط الطبيعي فقط، لكنه بعد ذلك لم يستطع تغطية احتياجات دول العالم فظهرت وتطوّرت صناعة المطّاط الصناعيّ، حيث تصنع المواد المشابهة للمطّاط من المواد الكيميائيّة، ويسمَّى ذلك باسم المطّاط الصناعي نظراً لأنه يُستخدم بديلاً للمطاط الطبيعي [10].

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 [12]. وتقسم المالئات قسمين[1]:

A - موادّ مالئة تضاف لتحسين الخواصّ الميكانيكيّة للمطّاط وتقسم إلى:
1- المواد المالئة المحسّنة السوداء: مثل الكربون الأسود.
2 - الموادّ المالئة المحسّنة البيضاء: مثل مركّبات السيليس (Sio_2) [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 (35-17%)، 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 [11].

2. الدراسات السابقة

وقد درس عدد كبير من الباحثين تأثير تعديل المطاط النتريلي, حيث قام المعموري وزملاؤه [4] عام (2015) بدراسة تأثير إضافة مادة الكربون الأسود نوع (N-326) على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمطاط النتريلي (NBR) عند نسب (0،20،40،60،80 phr) لمادة الكربون الأسود حيث أظهرت النتائج ان الخصائص الميكانيكية (قوة الشد والصلادة ومعامل المرونة وقوة الضغط ومقاومة التمزق) تزداد مع زيادة نسب النسب المئوية

1726-4081© 2021 The 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/).

حتى (60 phr) ثم تنخفض قليلا مع انخفاض في خصائص (الاستطالة المرنة وعند القطع)، بسبب مساحة السطح النوعي لأسود الكربون، حيث عند اتصالها بالمطاط (NBR) تنشأ هياكل شبكية قوية تزيد من الخواص الميكانيكية للتراكيب الجديدة، ولكن عندما النسب كربون أعلى من (60 phr) تبدأ قوة الشد بالانخفاض بسبب زيادة هشاشة مركب المطاط.

وفي عام (2015) قام مجموعة من الباحثين [13] بدراسات أضافة (مسحوق قشر جوز الهند والصلصال العضوي (nanoclay) الى مزيج مطاط أكريلونيتريل بيوتادين / ستايرين (NBR/SBR,50/50) وتبين من خلال هذه الدراسة أن إضافة مسحوق قشر جوز الهند في المطاط (NBR / SBR) يحسن صلابة السطح ومعامل الشد تم قياس صلابة السطح قبل وبعد عملية التعتيق حيث لوحظ زيادة صلابة (NBR / SBR) / (CSP مع زيادة محتوى المادة المالئة بعد عملية التعتيق, زيادة طفيفة في قوة الشد مع إضافة CSP و CN، نتيجة التفاعل البيني الجيد بين مزيج المطاط و CN جنبا إلى جنب مع CSP، كما ازدادت قيمة قوة الشد مع زيادة التعتيق الحراري بسبب تأثير السلاسل الجزيئية للمطاط، وكما بين التحليل الحراري (TGA) أنه كان هناك انخفاض طفيف في الثبات الحراري لمطاط (NBR) بعد إضافة مسحوق قشر جوز الهند في مصفوفة المطاط.

وفي عام (2016) قام مجموعة من الباحثين(Thomas وزملائه) [15] دراسة تأثير إضافة السليكا لمصفوفة مطاط النتريل (NBR) كمادة تبطين لقابض الورق (الرول) حيث تم إضافة كميات مختلفة من مسحوق السليكا إلى المطاط NBR في خمس عينات بنسب تتراوح من (45-65 phr) حيث توصل الباحثين الى أن خصائص مطاط النتريل يمكن تعديلها عن طريق تغيير كمية السليكا، وأن أعلى معدل تأكل للتركيبات كان عند (65 phr) من السليكا, وكذلك ازدادت مقاومة العينات لزيت التزليق مع زيادة محتوى السليكا، وكانت اعلى قوة شد وقيمة استطالة عند الكسر عند محتوى (50phr) سيليكا وانخفضت مع الزمن, وأظهرت العينات أعلى صلادة عند محتوى من سيليكا (65 phr) مقارنةً بالعينات التي تحتوي(65 phr).

أهمية البحث وأهدافه:

تعدّ المنتجات المصنعة من المطّاط من السلع الواسعة الانتشار لما لها من تطبيقات في كل الصناعات، حيث يستخدم المطّاط في كثير من المجالات الصناعية المختلفة مثل المخمدات وموانع التسرب وغيرها، لذلك كان هدف البحث الوصول إلى منتج مطاطي محلي ذو خواصّ معينة لاستخدامه بتطبيقات مختلفة.

3 منهجية البحث:

3.1 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.

3.2 مواد وطرائق البحث

3.2.1 المواد المستخدمة:

تم في هذا البحث تحضير عينات من المطاط النتريلي NBR. ويبين الجدول (1) مواصفات المواد المستخدمة:

جدول 1: المواد الداخلة في الخلطة المطّاطية

Butadiene-acrylonitrile rubber (Elastomer)	**Bound ACN Content**	**(%) 33.9**
	Volatile Matter	**(%) 0.2**
	Specific gravity (g/cm3)	**0.99**
	Ash (%)	**Max. 0.5**
	Company	**LG**
Zinc Oxide (Activator)	**Zinc Oxide Content**	**99.9 %**
	Bulk Density-Tapped	**1.5 – 1.8 gm/cc**
	Company	**Nocil co**
Stearic Acid (Activator)	**Grade**	**single pressed (800)**
	Appearance	**granular**
	Acid value	**195 min**
	Purity%	**99.5**
CARBON BLACK N330 (Filler)	**Grade**	**N330**
	CTAB absorp.، m^2/kg	**82+5**
	Ash content، %	**0.5 max**
	Pour density، kg/m3	**375+20**
	Company	**Stakhanov**
DOP (Lubricants)	**Molecular weight**	**390.62**
	Purity%	**99.5min**
	Density (20 °C)، g/cm 3	**0.982-0.988**
	Flash point(open-cup) C°	**195**
TMQ (Antioxidant)	**Appearance**	**Amber or Brown Granules**
	Softening Point ℃	**80-100**
	Ash %≤	**0.50**
	Gravity	**1.05**
TMTD (Activator)	**Initial M.P ≤℃ .**	**142.0**
	Loss on Drying ≥%	**0.50**
	Ash %≤	**0.3**
	Oil Content%	**0.1-0.2**
MBTS (Activator)	**Initial M.P ≤℃ .**	**165.0**
	Drying Loss ≥%	**0.40**
	Ash %≤	**0.420**
	Oil Content%	**0.1-0.2**
Sulfur Curing (agent)	**Item**	**OT 20**
	sulphur %	**80±1**
	Oil content %	**20±1**
	Ash (Max) ≤%	**0.15**
Klinker (Filler)	**Na2O**	**0.35 wt %**
	MgO	**4.56 wt %**
	Al2O3	**4.98 wt %**
	SiO2	**19.79 wt %**
	SO3	**1.56 wt %**
	K2O	**0.19 wt %**
	CaO	**64.22 wt %**
	Fe2O3	**4.58 wt %**
	Grade	**100 µm**

3.2.2 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

3.2.3 طرائق تشكيل عينات المطّاط:

تم إضافة الكلنكر بنسب (0,5,10,15,20 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 [7,6] 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 الكلنكر والكربون الأسود كما هو موضح بالجدول (2) يتم إنضاج النماذج المخبرية بتطبيقها بواسطة مكبس حراري مخبري يعمل بالضغط الهيدروليكي حيث يتم تسخين هذه النماذج حتى درجة (135˚) 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. وكذلك تم تحضير الخلائط المطّاطية وفق الترتيب التالي:

1. يبيّن الجدول (2) تركيب الخلائط المطّاطية المحضرة، حيث تتم عملية العجن لعينة المطّاط قبل إضافة المواد إليها بواسطة الدرافيل وتسمى العجينة المحضرة بالعجينة الرئيسية حيث يمرر المطّاط بينهما لعدة مرات مدة (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) [6].

جدول 2: النسب المواد الداخلة في الخلطة المطّاطية

Name	C45 k0	C40 k5	C35 k10	C30 k15	C25 k10
Ingredients	Phr				
Rubber NBR	100	100	100	100	100
Stearic acid	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Zinc oxide	5	5	5	5	5
Process oil Dop	10	10	10	10	10
Carbon Black	45	40	35	30	25
Klinker	0	5	10	15	20
Antioxidant (TMQ)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
TMTD	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
MBTS	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sulfur	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 والكلنكر 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 والكلنكر 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. يتم تبريد العجينة كما في الشكل (2) إلى درجة حرارة الغرفة ويستغرق وقت العمل على آلة الدرفلة مدة تتراوح بين (20-25 min).
10. بعد انتهاء عملية العجن تتم عملية الفلكنة للخلطة الناتجة بوضعها في قالب مستطيل الشكل (10*12*0.2 cm) ثم يتم وضع القالب في مكبس هيدروليكي، وتتم العملية عند ضغط (100 bar) ودرجة حرارة (135˚)، 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 [7].
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

3.2.4 طرائق أجراء التجارب والاختبارات:

3.2.4.1 اختبار الشدّ (Tensile Test):

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

3.2.4.2 اختبار الصلادة (Hardness):

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

3.2.4.3 اختبار الانتفاخ (Swelling test):

تم هذا الاختبار وفق المواصفة القياسية العالمية (ASTM-D471)، 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):

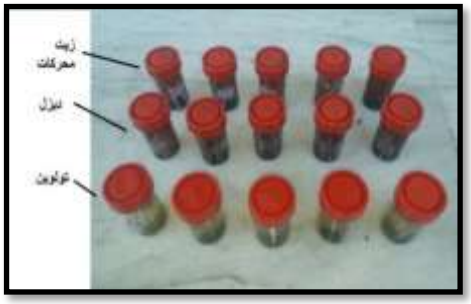
$$SR = \frac{W2-W1}{W1} * 100\ \% \qquad (1)$$

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

3.2.4.4 اختبار مقاومة البلى (wear Resistance):

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

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

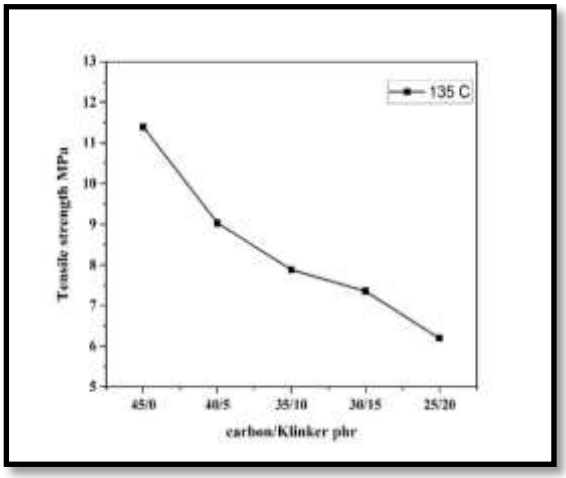
حيث:
V : الحجم المفقود [mm 3]
$\Delta m = m_1 - m_2$: وزن المادة المزالة (مقدرة بـ mg)
m_1: وزن العينة قبل التجربة (مقدرة بـ mg)
m_2: وزن العينة بعد التجربة (مقدرة بـ mg)
$S=200\ mg$ ثابت درجة التآكل المحسوبة وفق مسافة احتكاك معيارية.

3.3 النتائج والمناقشة:

3.3.1 دراسة الخواصّ الميكانيكية والفيزيائية:

3.3.1.1 خواص الشد (Tensile Test):

يظهر الشكل (5) نتائج اختبار الشد الذي يبيّن تأثير إضافة الكلنكر مع الكربون بنسب مختلفة إلى عينات المطاط حيث يمثل المحور العمودي قيم مقاومة الشد المسجلة أما المحور الأفقي يمثل كل من نسبة الكربون والكلنكر. بدراسة الشكل نلاحظ تغير قيم إجهاد الشدّ كتابع لتغير نسبة الكربون وزيادة نسبة الكلنكر ضمن المادة المالئة، حيث تبين انخفاض مقاومة الشد مع انخفاض نسبة الكربون الأسود وزيادة نسبة الكلنكر. ومن المعروف ان المساحة السطحية والنشاط السطحي لأسود الكربون يلعبان دورًا مهمًا في التفاعل مع سلاسل المطاط. أي أن كلما زادت مساحة السطح كلما زاد تشتت أسود الكربون في المصفوفة المطاطية [3]، على عكس مادة الكلنكر يعود ذلك لأبعاد دقائقها الميكروية الكبيرة نسبياً وصغر السطح النوعي مقارنة مع دقائق هباب الفحم، وبالتالي لا تستطيع سلاسل المطاط التوضع ضمنها، ومن المتوقع أن عملية تنعيم حجم دقائق الكلنكر لأبعاد تحت الميكروية يحسن من فعاليته في تقوية المطاط، نتيجة ازدياد سطح التماس، وبالتالي التفاعل المتبادل بين مادة التقوية والنسيج المطاطي.

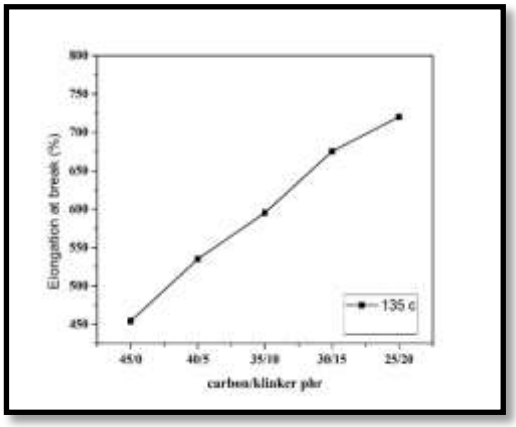


الشكل 5: تغير مقاومة الشد مع نسبة مادة الكربون الأسود-كلنكر

3.3.1.2 خواص الاستطالة عند الانقطاع (Elongation at break):

تم دراسة تأثير إضافة الكلنكر مع الكربون بنسب مختلفة إلى عينات المطاط المدروسة على قيم الاستطالة، ويبين الشكل (6) الازدياد التدريجي والمستمر لقيمة الاستطالة مع زيادة نسبة الكلنكر، وانخفاض نسبة الكربون الأسود ضمن مركبات المطاط، ويعود ذلك إلى اختلاف طبيعة دقائق المادتين حجمياً وسطحياً والى التأثير المحتمل لمادة الكلنكر الغنية بالأكاسيد على تخفيض

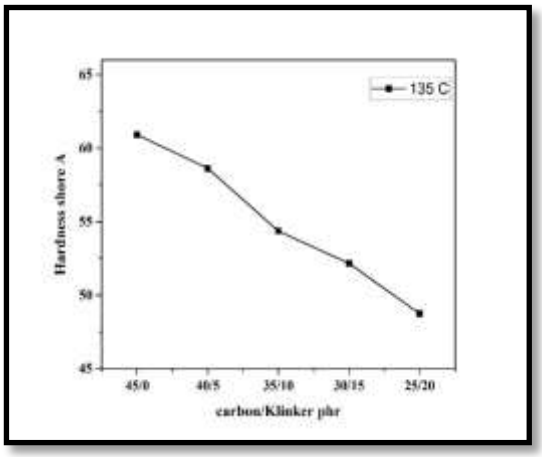
كثافة التشابك مما يؤدي الى زيادة نسبة الاستطالة عند القطع ، ويرتبط ذلك بالمجموعات الوظيفية الموجودة على سطح الكلنكر(المادة الأوكسيدية) التي تقوم بامتصاص عوامل الفلكنة، وبالتالي تقلل نسبة التشابك المطاط، وهذا يتفق مع الدراسة التي أجراها الباحث [15] حيث تبين انخفاض كثافة تشابك المطاط (NBR) الحاوي على أوكسيد السليكا يرتبط بالمجموعات الوظيفية، الموجودة على سطح هباب السليكا التي تقوم بامتصاص عوامل الفلكنة، وكما يتعلق ذلك بأبعاد الدقائق الميكروية الكبيرة للكلنكر مقارنة مع دقائق هباب الفحم.



الشكل 6: تغير نسبة الاستطالة مع نسبة مادة الكربون-كلنكر

3.3.1.3 خواص الصلادة (Hardness):

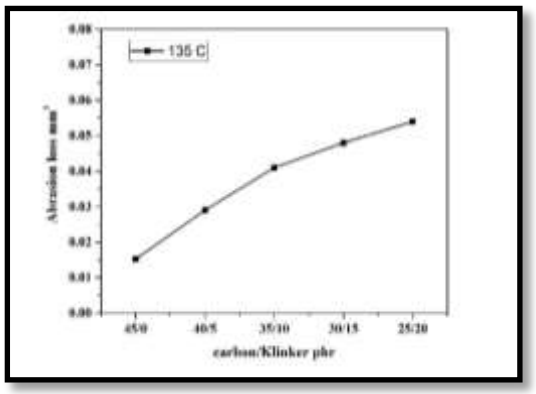
يوضح الشكل (7) العلاقة بين تأثير إضافة الكلنكر مع الكربون الاسود للتراكيب المدروسة على صلادة العينات المطّاطية، فيتبيّن من الشكل انخفاض قيم الصلادة مع زيادة نسبة الكلنكر وانخفاض نسبة الكربون الاسود وذلك بسبب انخفاض الترابط الفيزيائي للمادة المالئة مع المطّاط مما يؤدي الى انخفاض كثافة التشابكات العرضية بين السلاسل، فالعلاقة عكسية بين الصلادة وزيادة نسبة الكلنكر، ويفسر ذلك لانخفاض نسبة الكربون وبالتالي انخفاض المساحة السطحية والنشاط السطحي وتشتت المادة المالئة، حيث يلعب تشتت وانتشار المادة المالئة دورا مهما في التفاعل المتبادل بين دقائق التقوية والنسيج المطاطي، وهذا يتفق مع ما توصل له المعموري [4] .



الشكل 7: تغير قيم الصلادة مع نسبة مادة الكربون الأسود كلنكر

3.3.1.4 مقاومة البلى(wear Resistance):

يظهر الشكل (8) نتائج إضافة الكلنكر مع الكربون بنسب مختلفة على مقاومة البلى إلى عينات المطاط المدروسة من الشكل نلاحظ تزايد قيمة الفاقد الحجمي ويعود ذلك إلى عدم تجانس حجم دقائق(حبيبات) الكلنكر [8] ووجود عيوب بنيوية ناتجة عن تجمعات الكلنكر غير المتفاعل مع المطّاط مما يسبب زيادة فقدان الوزن.

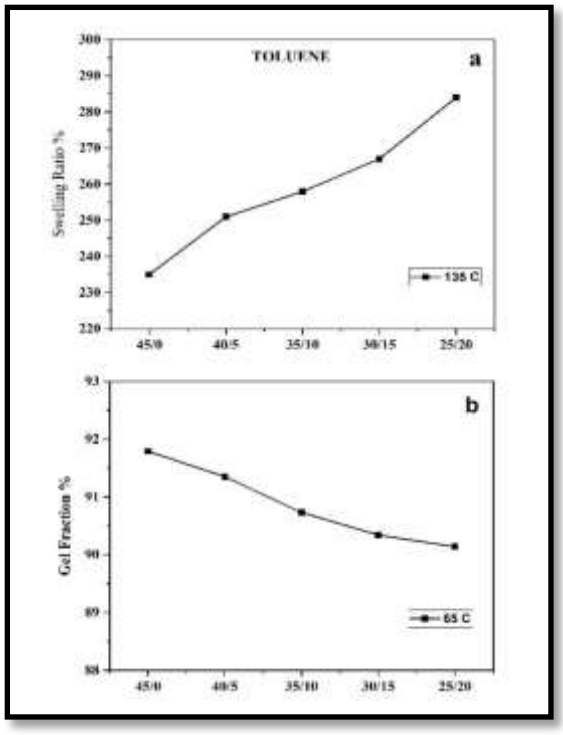


الشكل 8: تغير مقاومة البلى مع نسبة مادة الكربون الأسود-كلنكر

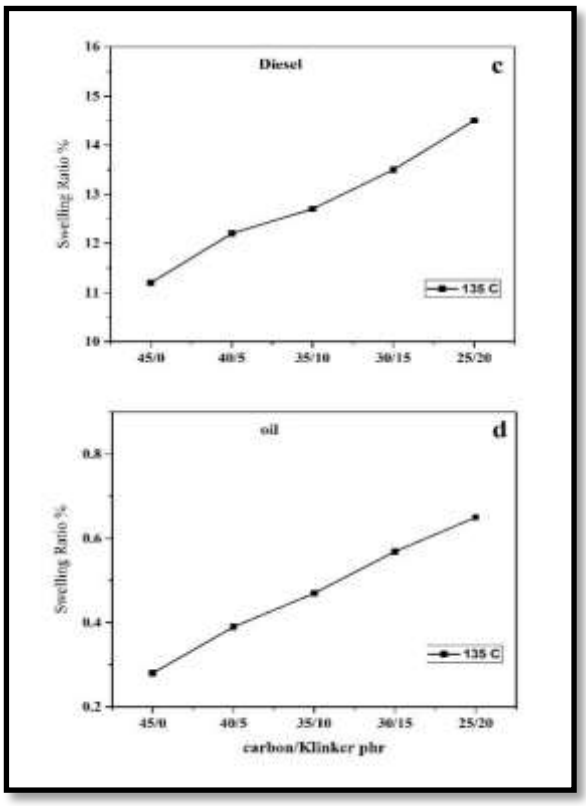
3.3.2 الخواص الكيميائية:

3.3.2.1 نسبة الانتفاخ(swelling index) (%):

يبين الشكل (9) نتائج اختبار الانتفاخ حيث لوحظ زيادة الانتفاخ مع زيادة نسبة الكلنكر وانخفاض نسبة الكربون ضمن عينات المطاط المدروسة، وذلك نتيجة الحجم الجزئي الكبير للكلنكر والعيوب البنيوية الناتجة عن تجمعات الكلنكر مما يسمح لجزيئات الزيت والمذيب بالتغلغل والانتشار ضمن النسيج المطاطي وبالتالي زيادة نسبة الانتفاخ، وكذلك زيادة مؤشر كسر الجل (Gel Fraction) نتيجة تغلغل المذيبات المستخدمة بنسبة أكبر الى داخل العينات، ويفسر ذلك نتيجة الحجم الكبير لدقائق الكلنكر 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) [5].



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



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

4. الاستنتاجات والتوصيات

4.1 *الاستنتاجات*

1. لم تحسن إضافة مادة الكلنكر من الخواص الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية لخلائط المطاط النتريلي ويفسر ذلك نتيجة الحجم الكبير لحبيبات الكلنكر مقارنة مع الحجم الصغير لحبيبات الكربون الأسود مما يؤدي الى تقليل مساحة التلامس السطحي بين المادة المالئة ومصفوفة المطاط.
2. استخدام مادة مالئة بنسبة كبيرة أدى الى أشباع مركبات المطاط عند استخدام نسب منخفضة من الكلنكر ذات الحجم جزيئي كبير مما أدى الى انخفاض الخواص الميكانيكية والفيزيائية عند اقل نسبة.

4.2 *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] أكرم عزيز محمد "كيمياء اللدائن" جامعة الموصل, 1992.
[2] آنا أ. باكر ترجمة د. أكرم عزيز محمد (الكيمياء الفيزيائيّة للبوليمرات) 1984م. جامعة الموصل، العراق

[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 Al-Zubaidi, A and Subeh, A.Effect of Carbon Black on Mechanical and Physical Properties of Acrylonitrile Butadiene Rubber (NBR) Composite. Academic Research International Vol. 6(2) March 2015.
[5] 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.
[6] Annual Book of ASTM standard, part28, (1971).
[7] Chache, et al. "Design a model rolling machine to mix rubber and its components". Tartous University, 2016.
[8] Chache, etal."Study physico-mechanical and chemical properties of mixtures of natural rubber & thermal cement" Tishreen University Journal-Engineering Sciences Series, 38.2 (2017).
[9] CLESIEISKT, A. "Introduction to Rubber Technology" Glasgow, (2000), p189.
[10] JOSEPH THOMAS SOUTH "Mechanical properties and durability of natural rubber compounds and composites", degree of Doctor, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2001, P190
[11] MATTHAM R. "Rubber engineering", Tata McGraw-Hill publishing company, Delhi 1998.
[12] OSABOHIEN, E; EGBOH, S H O "Cure characteristics and physico-mechanical properties of natural rubber filled with the seed shells of cherry (chrysophyllum albidum)", J. Appl. Sci. Environ. Manage. Vol. 11 (2), pp.43 – 48, 2007.
[13] Pashaei, S and Hosseinzadeh, S and Syed, A Studies on Coconut Shell Powder and Crysnanoclay Incorporated Acrylonitrile-Butadiene Rubber/ Styrene Butadiene Rubber (NBR/SBR) Green Nanocomposites Society of Plastics Engineers 2015.
[14] 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.
[15] Thomas, O and Namboothiri, V, N, N and Joseph, R. Feasibility of silica loaded NBR as lining material for impactive gripper, Procedia Technology 25 (2016) 900 – 907.

Studying the physical and mechanical properties of Acrylonitrile butadiene rubber / carbon / clinke

Ali Alhaidar [1], ***Ali Ali*** [2], **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*

** Corresponding author: Eng. Ali Alhaidar, ali.alhaidar315@gmail.com.*

Published online:*31 March 2021*

Abstract: This research studies the effect of adding the clinker as a filling material on the properties of Acrylonitrile butadiene rubber NBR ،by means of preparing rubber blends containing different percentage (0,5,10,15,20 Phr) of the clinker (Semi made-cement) ،on two roll mill. Physio -mechanical and chemical properties of the prepared blends were described by testing them for tensile strength and abrasion resistance, values of hardness and swelling in different solvents. Results revealed a decrease in the tension resistance for rubber blends c/k at the percentage of 45% with increase of the percentage of the clinker added with the above mentioned rubber blends ,Also ,values of hardness decreased direct proportional at a percentage of 19% with increasing the clinker ,percentage whereas, the friction resistance decreased at a percentage of 254% with increasing the clinker percentage ,but according to elongation ,the results were quite different from the previous results so that its percentage increased when cutting gradually with the value of 266%when percentage of added clinker increased. Results of the study also, revealed that swelling of the samples containing only the black carbon (C45K0) was low comparing with the samples containing the clinker.

Keywords: Vulcanization , clinker , Rubber , Carbon black, rolling