مجلة جامعة بابل / العلوم الصرفة والتطبيقية / العدد (4) / المجلد (17) : 2009

دراسة تقوية مطاط البيوتايل (Butyl-268)بمادة أسود الكاربون وتاثيرها على خواصه الميكانيكية والفيزيائية

موجد هادي عناد الحاتمي
الكلية التقنية في النجف الاشرف

الخلاصة

تناول البحث اهم التغيرات الحاصله في الخواص الاساسية لمطاط البيوتايل (BUTYL RUBBER) المفلكن، نتيجة لاستخدام انواع مختلفة من اسود الكاربون,وقد كانت تلك الخواص,الاجهاد عند(300%) من الاستطاله (300%) Stress at Elongation ، ومقاومة الشد Tensile Strength ، ونسبة الاستطالة القصوى Ultimate Elongation Percentage، والصلادة Hardness ، ومقاومة التمزق Tear Resistance.

استخدم اربعة انواع من اسود الكاربون وبدرجات تحميل مختلفه اى بمقدار الجزء لكل مئة جزء من مطاط البيوتايل وزناً .pphr (Part Per Hundred Rubber)، وقد كان تاثيرهاً كبيراً في خواص المطاط تبعا لتغير نسبتها .

اظهر البحث طيفا واسعا من الخصائص الميكانيكية والفيزياوية لمطاط البيوتايل الامر الذى جعل ملائمتها بمكان لكثير من الصناعات المطاطية وفقا لتلك الخصائص .

Abstract

Four types of carbon black are used as reinforcing agent in Butyl-Base Rubber . They showed some improvement in the mechanical and physical properties of Butyl rubber compound .This is related to the type of carbon black used and the tendency of that rubber to react with the reinforcing agent other than rubbers .The improved different properties of butyl rubber gave wide range of uses in rubber field .

المقدمة

ينتج مطاط البيوتايل صناعيا بالبلمرة المشتركه لبوليمر الايزوبيوتيلين مع الايزوبرين كما بين ذلك الباحث (الجراح مصطفى ، 1985). وغالبا مايستخدم فى صناعة الانابيب الداخليه لاطارات السيارات ، كما يستخدم في كثير من الصناعات المطاطية المختلفه وذلك لمزاياه المتعدده وخصائصه الجيده وكما بينها الباحث(Baner,1975)كعدم نفاذيته للهواء ومقاومته للتاكسد والاوزون ومقاومته الشديده للتمزق بسبب الاحتكاك ، بالاضافه الى مقاومته للتقادم الحرارى Heat Ageing ومرونته العاليه High Flexablity . يتاثر هذا الطيف الواسع من الخصائص لمطاط البيوتايل بجمله من المتغيرات من بين اهمها اسود الكاربون Carbon Blackالذى يستخدم كعامل تقويه او تسليح Reinforcing Agent فى عجينة المطاط Recipe كما فى غيرها من انواع المطاط الاخرى والتي اظهر قسما منها الباحثان (Othmer and Halim ,1989). جرى في هذا البحث استخدام اربعة انواع من اسود الكاربون مختلفة الصفات كما مبين في الجدول رقم [1]. الانواع المستخدمه من اسود الكاربون مصنفه حسب مواصفات المجمع العلمى الامريكي لفحص المواد ASTM- D1765(American Society for Testing Materials) (Murkal,1988) .وقد تضمنت الانواع الاتية من اسود الكاربون:

1. N-220ISAF(Intermediate Super Abrasion Furnace)
2. N-550FEF(Fast Excruding Furnace)
3. N-660GPF(General Porpuse Furnace)
4. N-990MT(Medium Thermal)

وقد اظهر الجدول رقم(1) الصفات المقارنة لهذه الانواع الاربعة حسب الـ ASTM. والمعروف انه لدى خلط اى من انواع اسود الكاربون الوارده اعلاه فى عجينة مطاط البيوتايل وبنسب وزنية محدده ونظام فلكنه واحد ،

يلاحظ تاثيرها الواضح فى الخواص الميكانيكية والفيزياوية لمركب المطاط المفلكن ، وهذا التاثير يتراوح بين تحسينها بدرجات مختلفه او خفضها عند حدود معينه مما يسهل للباحث الانتقاء بين المواصفات لغرض توظيفها فى الاستخدام الامثل حسب تلبيتها لمتطلبات الوظيفه التى يراد لمطاط البيوتايل ان يستخدم لاجلها، فكما معروف في صناعة الاطار ان مطاط البيوتايل المستخدم فى الطبقه العلويه Topping Ply للاطار يسلح باسود الكاربون ذو نوعيه تختلف تماما عن تلك المستخدمه فى طبقه الجدار الجانبي Side Wall ، أو المستخدم في البطانه الداخليه Inner linner للأطار .ان الفعاليتين الفيزيائية والكيميائية .Chem.& Phy Activity والحجم الجسيمي Particle Size والبنية Structure ، كلها تساعد فى حصول تفاعل كيمياوى وفيزياوى بين اسود الكاربون ومطاط البيوتايل مما يودى الي تحسين خواصه وبنسب متفاوتة حسب نوع اسود الكاربون(Kraus,2004).

الباحث (Manson, 1987)بين أن أستخدام البيوتايل مع أسود الكاربون في أجزاء الأطار ومنها الجدار الجانبي يحسن التلاصق بين طبقات الأطار ويحسن مقاومة التثني flex resistance مقارنة بأستخدام السيليكا بدلا من أسود الكاربون ، كما ويحسن مقاومتي الأوزون والتقادم Ozon & Aging Resistance

كما اثبت الباحث (Walker, 1979)ان للشكل الجسيمي لحبيبات اسود الكاربون تاثيرا علي مقاومة الشد ومعامل المرونه ومقاومة الحك Abrasion Resistance .

الباحث [Cohen] أظهر أن تقوية خليط من مطاط البيوتايل والبولي بيوتاديين بأسود الكاربون بالنسبة الى الجزء الملامس للأرض Tread من الأطار يحسن من مقاومة الأنزلاق في الجو الرطب Wet Skid Resistance بسبب زيادة مقاومة الشد .

كمابين [Veith]ان للبنية العاليه تاثيرا كبيرا في تحسين الصلاده ، ومقاومة التمزق لمركب المطاط ، بينما اظهر باحثون اخرون مثل (Paipetis , 1987)، و(Hepuren,1995) ، و(Zelichenik,1996) ، ان مطاط البيوتايل الغير مشبع Unsaturated يستوعب درجه عاليه من التحميل لمادة اسود الكاربون High Loading of Carbon Black ويتفاعل معها بصوره فعاله منتجا مركبا من مطاط البيوتايل المفلكن الصالح لمدى واسعا من الاستخدامات .

جدول (1) مقارنة لصفات أنواع مختلفه من أسود الكاربون[Babbit R.O., 1978]

نوع أسود الكاربون ASTM Designation	مقياس الحجم الجسيمي Iodine Adsorption No. D1510 g/kg	مقياس البنية DBP No. D2414 ml/100g	مقياس المساحة السطحية للتفاعل CTAB D3765-m^2/g
N-220 ISAF	121	114	11
N-550 FEF	43	121	42
N-660 GPF	36	90	35
N-990 MT	--	43	9

الجانب العملي Experimental Work

مكونات عجينة مركب المطاط (البيوتايل) Rubber Compound_Ingredients

جرى اعتماد مكونات العجنه القياسيه Control Recipe المعتمدة لمواصفة شركة Vanderbilt, لتكنولوجيا الاطار, والمستخدمة لمطاط البيوتايل كماده اساسيه لها [Jhone] ، كما استخدمت بقية مكونات

العجنه وبنسب وزنيه (pphr) وكما مبين في الجدول رقم (2) . كل مكونات العجينه لمطاط البيوتايل تبقي ثابته ماعدا اسود الكاربون الذي يتم تغيره في كل مره بمقدار (25 pphr) ، ولاربعة مرات للنوع الواحد ، على ان يجري فحص الخواص الاساسيه عند كل نسبة تحميل لاسود الكاربون .

جدول رقم (2) النسب الوزنية .pphr لمركب مطاط البيوتايل الاساس

Base Compound of BUTYL 268			
No	*Ingeredients*	*Type*	*Pphr*
1	The Elastomer المطاط	BUTYL 268	100
2	مساعد العمليات Processing Aid	VANFRE AP-2	2
3	Activators المنشطات A- Fatty Acid حامض شحمي B- Metallic Oxide أوكسيد معدني	 STEARIC ACID ZINC OXIDE	 2 5
4	Vulcanizing Agent عامل فلكنة	SULFUR	2
5	Accelerator of Vulcanization معجلات الفلكنة	CAPTAX-TUADS	1.5
6	Carbon Black اسود الكاربون	N-220, N-550, N-660, N-990	25..100

الخلط والفلكنة (التقسية) Mixing & Vulcaniztion (Curing)

جرت عمليات الخلط Mixing للمكونات الداخلة في العجنة القياسية لمطاط البيوتايل بواسطة خلاطة مختبرية وعلى مرحلة واحده استغرقت (15) دقيقة ، بلغت درجة الحرارة في نهاية الخلط(130) درجة مئوية، جرى فلكنة او تقسية عجنة المطاط في درجة حرارة (171) درجة مئوية ولمدة زمنية مقدارها عشرون دقيقة (20min) باستخدام مكابس حرارية استخدمت لكبس العينات بواسطة قوالب معتمدة حسب المواصفة ASTM D-3192 .. (Boonstra, 1989)

3-2 الفحوصات المختبرية : Lab. Test

جرى تحضير العينات المختبرية حسب نوع الفحص المطلوب وتم فحصها وفقا للمواصفه ASTM D3182 ، الخاصة بفحص مقاومة الشد. والمواصفة ASTM D2240 الخاصة بفحص معامل المرونة، اما نسبة الأستطالةفتم فحصها وفق ماأوصت به المواصفة ASTM D412-88 ، كذلك الصلادة ومقاومة التمزق وفق المواصفات ASTM D1415 و ASTM D624 (Murkal, 1988)على التوالي.

النتائج والمناقشة Results and Discussion

نتائج الأختبارات التي أجريت على مطاط البيوتايل المفلكن تم اجمالها في الجدول رقم (3) . وتم توضيحها بالأشكال البيانية (1 و2 و3 و4 و5) ، وتراوحت النسب الوزنية التي احتسبت نتائج الفحوصات على اساسها بين (25–50–75–100) pphr ، لكل نوع من انواع اسود الكاربون.

جدول رقم (3) الخواص الاساسية لمركب مطاط البيوتايل المفلكن لاربعة انواع من أسود الكاربون

Loading Carbon Black	*Modulus At300% (Mpa)*	*T.S (MPa)*	*Elongation (%)*	*Hardness (Shore)*	*Tear Resistance (KN/m)*
N-990MT					
25pphr	2.07	4.04	420	40	9.68
50 pphr	2.90	6.07	530	48	15.84
75 pphr	3.59	5.38	540	54	16.73
100 pphr	3.86	4.41	490	62	20.24
N-660 GPF					
25pphr	3.52	12.7	570	47	14.96
50 pphr	6.55	10.96	570	59	33.44
75 pphr	9.24	9.79	430	70	34.32
100 pphr	9.65	9.65	300	79	44.88
N-550 FEF					
25pphr	4.14	9.65	500	48	18.48
50 pphr	7.17	10.82	510	61	36.96
75 pphr	10.41	10.89	340	74	42.24
100 pphr	---	10.82	260	84	40.48
N-220 ISAF					
25pphr	3.38	16.62	630	46	25.52
50 pphr	8.69	17.30	530	61	67.76
75 pphr	13.51	16.55	400	75	74.80
100 pphr	---	---	---	85	---

النتائج والمناقشة لمعامل المرونة ومقاومة الشد Modulus & Tensile strength

أظهرت نتائج الفحص الواردة في الجدول (3) والموضحة بالشكلين رقم (1) و(2) الآتي:

1- معامل المرونة Modulus المحسوب عند 300% من الاستطالة كان ذا قيم مختلفة عند النسبة الوزنية (25 pphr) للانواع الاربعة من اسود الكاربون.فمركب المطاط الحاوي على اسود الكاربون نوعN-220 ISAF معامل مرونة أكبر من بقية الانواع الثلاثة يليه أسود الكاربون نوع N-660و N-990 على التوالي.

2- استمر التزايد في معامل المرونة عند بقية النسب الوزنية (50-100)pphr، وكان حاداً بالنسبة لكل من N-220 و N-550، بينما كان معتدلاً بالنسبة لاسود الكاربون N-660 وضعيفاً بالنسبة لـ N-990.

3- أن مقاومة الشد T.S كانت مختلفة القيم عند نسبة التحميل الوزنية (25pphr) لانواع اسود الكاربون الاربعة، حيث ظهر مركب المطاط الحاوي على اسود الكاربون N-220 باعلى مقاومة شد بينما تناقصت دونه مقاومة الشد لكل من N-550 و N-660 و N-990 على التوالي.

4- تناقصدت مقاومة الشد مع درجة التحميل الوزنية بين (50-100)pphr لكل من N- 660 و N-990 إلا أن N-550 تراجع عند النسبة الوزنية (100 pphr).

5- تزايدت مقاومة الشد لاسود الكاربون N-220 بدرجة أعلى ولنسبة التحميل (50pphr)، إلا أنه سرعان ما تراجع عن النسبة (75 pphr) .

إن تفسير آلية (Mechanism) مقاومة الشد ومعامل المرونة هو واحد. ذلك لأن كلاهما مرتبط بالآخر فهما متلازمان Hand by Hand (Manson, 1987). ولم يحصل أن ابتعد معامل المرونة عن مقاومة الشد، بل كان يليها مباشرة من حيث المقدار.

وكما أظهر الشكلين (1) و (2) فان مركب المطاط الحاوي على اسود الكاربون نوع N-220ISAF كان قد تمتع بمقاومة شد ومعامل مرونة عاليين، اذا ما قورن بالمطاط الحاوي على N-550FEF، أو الحاوي على N-660GPF أو N-990MT، ولأغلب النسب الوزنية، وبشكل تناقصي ومتوالي للانواع الثلاثة الاخيرة.

يرجع السبب المباشر لهذا التفاوت بين الارتفاع وما يليه من انخفاض لنتائج مقاومة الشد ومعامل المرونة للانواع الاربعة من اسود الكابون، الى تأثير الحجم الحبيبي (Particle size) والدرجة البنيوية (Degree of Structure) لاسود الكاربون أولاً، والى زيادة نسبة التحميل الوزنية (pphr) في المطاط ثانيا (Walker,1979 ; Cohen,1998; Veith,2004) وعليه يمكن أن يعزى سبب تقدم اسود الكاربون نوع N-220ISAF بمقاومة الشد ومعامل المرونة عند درجات التحميل (25-50)pphr الى صغر حجمه الحبيبي وبنيته المتوسطة اللذان يسببان زيادة مساحة التماس(contact area) مع المطاط، والتي تزيد بدورها من كثافة الروابط التشابكية (cross-linking) للمطاط (Paipetis, 1987) , كذلك فان الدرجة البنيوية لاسود الكاربون تساهم أيضاً في زيادة مناطق التلامس للتجمعات البنيوية Agglomerates مع المطاط ومع بعضها البعض فتزيد بذلك من التماسكية High Cohosivity (Hepuren,1995). وبالنتيجة فان مقاومة الشد ومعامل المرونة سوف يكونان أكبر.

النتائج والمناقشة لنسبة الاستطالة والصلادة ومقاومة التمزق

Elongation Percentage, Hardness and Tear Resistance

A- جرى بيان نتائج فحص الاستطالة بالجدول (3) وكما وضحه الشكل رقم (3) وقد وجد أن:

1- نسبة الاستطالة عند النسبة الوزنية (pphr25) تكون عالية بالنسبة لمركب المطاط الحاوي على اسود الكاربون N-220 وتنخفض بدرجات أدنى وبنسب متفاوتة لكل من N-660 و N-550 N-990 على التوالي.

2- تناقصت نسبة الاستطالة مع زيادة نسب التحميل الوزنية بعد (50) pphr لجميع أنواع أسود الكاربون، وقد كانت بشكل حاد وسريع لكل من N-660 و N-550 و N-220، بينما ازدادت نسبة الاستطالة للمطاط الحاوي على اسود الكاربون N-990 عند (pphr50)، وأنخفضت بشكل بسيط عند pphr (75-100).

لدى مناقشة نسبة الاستطالة القصوى للمطاط الحاوي على الانواع الاربعة من اسود الكاربون. وجد أن الشكل رقم (3). قد اوضح بما لايقبل الشك ان المطاط الحاوي على N-990 هو الاكثر استطالة بين بقية الانواع، يليه في ذلك N-660 و N-220 وN-550وخصوصاً في درجة التحميل الوزنية (50) (pphr) كما ونلاحظ أن زيادة النسبة الوزنية لاسود الكاربون تسببت في انخفاض نسبة الاستطالة بشكل ملموس. يعزى السبب في ذلك الى السمات الخاصة باسود الكاربون وكما تم التنويه عنها، ويلاحظ تأثيرها أنه كلما ازداد الحجم الحبيبي ازدادت معه الاستطالة والعكس صحيح، بينما تقل نسبة الاستطالة بزيادة الدرجة البنيوية وزيادة مستوى التحميل لاسود الكاربون في المطاط. التفسير العلمي يعتمد على ما ورد في مقاومة الشد من جهة، وعلى أن

صغر الحجم الحبيبي لاسود الكاربون وزيادة الدرجة البنيوية من جهة أخرى سببان في مسك جسيمات المطاط وعدم حركتها بسهولة فيما لو تعرضت الى قوة شد خارجية مما يؤدي الى خفض نسبة الاستطالة وحصول القطع للمطاط . كما وتمت ملاحظة ان جانبا من تلك التغيرات يعتمد على فعالية مطاط البيوتايل الغير مشبع Unsaturated (Denlop,1984) والذي دخل في تفاعلات كيميائيه وفيزيائيه مع أسود الكاربون نتج عنها مركبا ذو مواصفات جيدة يمكن أعتماده في من الصناعات المطاطيه ولمختلف الأغراض (Radrguez,2006; Denlop,1984)

B- الجدول رقم (3) كان قد بين نتائج فحص الصلادة لجميع أنواع أسود الكاربون وهذا ما جرى توضيحه بالشكل رقم (4) وكما يلي:

أن مقدار الصلادة قد تزايد مع زيادة نسبة التحميل الوزنية بين (25-100)pphr لمركب المطاط الحاوي على الانواع الاربعة لاسود الكاربون. وفي الوقت نفسه وجد أن زيادة الصلادة تكون بنسب متقاربة للانواع N-220 و N–550 و N–660، حيث كان هناك فرقاً بينها وبين صلادة المطاط الحاوي على N-990 ولجميع درجات التحميل الوزنية.

كتفسير عام يمكن ان يعزى السبب المباشر لهذه الأختلافات في الخواص الميكانيكية والفيزيائية لمركب مطاط البيوتايل والتي تم التنويه عنها آنفا الى تأثير الحجم الجسيمي Partical Size ومقدار البنية أو التركيب Structure لمادة أسود الكاربون (Alexandria, 2003) . فأسودي الكاربون N-220 وN-550 قد أمتازا بصغر حجميهما الجسيمي خصوصا النوع الاول وبنيتيهما العاليتين اللتين سببتا زيادة في المساحة السطحية لتلك الجسيمات والتي نتج عنها زيادة مساحة التماس والتداخل مع مادة مطاط البيوتايل(Branhart, 2001) من جهه ، وزيادة كفاءة التفاعلات الكيميائية والفيزيائية التي ادت الى زيادة في كثافة الروابط التشابكية Cross-Linking Density (Morton,1990) لمركب المطاط من جهة أخرى . وهذا مازاد من صلادة ومقاومة التمزق للمطاط الحاوي على هذا النوع من أسود الكاربون مما انعكس ذلك على تحسين مقاومة الشد ومعامل المرونة في درجات تحميل وزنية محددة لأسود الكاربون ، لكنه في نفس الوقت انعكس سلبا خاصية الأستطالة ومقدار المرونة . فالحجم الجسيمي الكبير يساعد في تكوين تجمعات لأسود الكاربون Agglomerates ، هذه التجمعات تخلق مايسمى بالمجالات المنتظمة Organized Domains ، التي بدورها تسبب في التقليل من المواقع الفعالة بشكل يمنع أو يقلل من التفاعلات الكيميائية والفيزيائية الأمتزازية بين أسود الكاربون والمطاط (Futamura,1994; Morton ,1990; Branhart,2001) وبالنتيجة يزداد مقدار الأستطالة والمرونة على حساب بقية الصفات الأخرى لمطاط البيوتايل .

C-الجدول رقم (3) والشكل البياني رقم (5) قد بينا ان مقاومة التمزق اخذت بالتزايد وبشكل تصاعدي لمركب مطاط البيوتايل للاربعة انواع من اسود الكاربون, وعلى درجات التحميل الوزنية (50–100) pphr حيث كانت مقاومة التمزق للمطاط الحاوي على اسود الكاربون N-220 هي الاعلى يليها كل من المطاط الحاوي على اسود الكاربون N-550 وN-660 وN-990 على التوالي.

الية وتفسير زيادة مقاومة التمزق يعود الى ماتم التنويه عنه في تفسير زيادة مقاومة الشد ومعامل المرونة وزيادة الصلادة الواردة بالفقرات اعلاه من هذا التحليل.

الاستنتاجات Conclusions

من خلال معطيات البحث يمكن استنتاج ما يلي :

1- أنه لايمكن تحسين خواص المطاط المفلكن دفعة واحدة، بزيادة مستوى التحميل لاسود الكاربون، وإنما يكون هناك تحسن لخاصية ما على حساب الأخرى.

2- ان النسبة المثالية لأنواع أسود الكاربون N-220 و N-550 و N-660 والتي تحسن الى حد معين خاصيتي مقاومة الشد والصلادة ومقاومة التمزق لمركب المطاط تقع بين (50-75) pphr . بينما نجد أن أسود الكاربون N-990 لايظهر تحسن ملموس لتلك الخواص إذا ما قورن بالأنواع أعلاه .

3- إن أنواع أسود الكاربون N-220و N-550 وN-660 تحسن وبشكل متفاوت خاصية الأستطالة لمركب المطاط عند (25)pphr فقط وهذا مايعزز استخدام مطاط البيوتايل المقوى بهذه الانواع في عجنات الجدار الجانبي للاطار وعجنات الـ Linner وبعض المنتجات المطاطية التي تجمع بين قابلية الاستطالة وقوة الشد. بينما يحسن N-990 هذه الخاصية بشكل جيد جدا بين (50-75)pphr .

4- امكانية الحصول على معامل مرونة جيد بين (50-75) pphr لكل من أسود الكاربونN-220 و N-550 و N-660 بينما لا يمكن أعتماد N-990 لجميع النسب الوزنية .

5- أمكانية أستخدام مركب مطاط البيوتايل المفلكن المقوى بأسود الكاربون N-990 في الصناعات المطاطية التي تكون فيها الحاجة الى خاصية الأستطالة أهم من بقية الخواص الأخرى .

References

الجراح . مصطفى(1985) مفاضلة بين الطرق التكنولوجية في انتاج المطاط"

Alexandria Carbon Black Co., Annual book, 2003 .

Babbit R.O., (1978).The Vanderbilt Rubber handbook page 513.

Baner R.G., (1975). "Butyl rubber, Rubber Technology" Reinhold Co. New York.

Boonstra B.B., (1986) filler carbon black V.Built hand book Reinhold Co. New York.

Branhart R.R.,(2001). "rubber compounding and fabrications "John Wiley & Sons,.

Cohen E.M., (1998) .carbon black handbook, Reinhold Co. New York.

Dunlop raw material specifications State Co. for Tire Industries in Najaf (1984) .

Futamura S.,(1994). Tire Science and Tech. , Oliver & Boyed Litd., London.

Halim M.H., "truck tyre tread" PhD Theses (1991).

Hepuren D.L., (1995). journal of Rub. Chem. and Tech.,68,3,315 .

Kraus G. E.,(2004). "reinforcement of elastomer" Rubber Division Meeting, Octoper, 4,7, No.52, Galgota publication New Delhi .

Manson S.B., (1987). "material sciences"Longman.

Morton Maurice (1990). "Rubber Tech." McGraw-Hill.

Murkal Annual book of ASTM standards , philadelphia, (1988) .

Othmer K.O. (1989). "rubber compouding" .

Paipetis S.A., material sciences 1987.

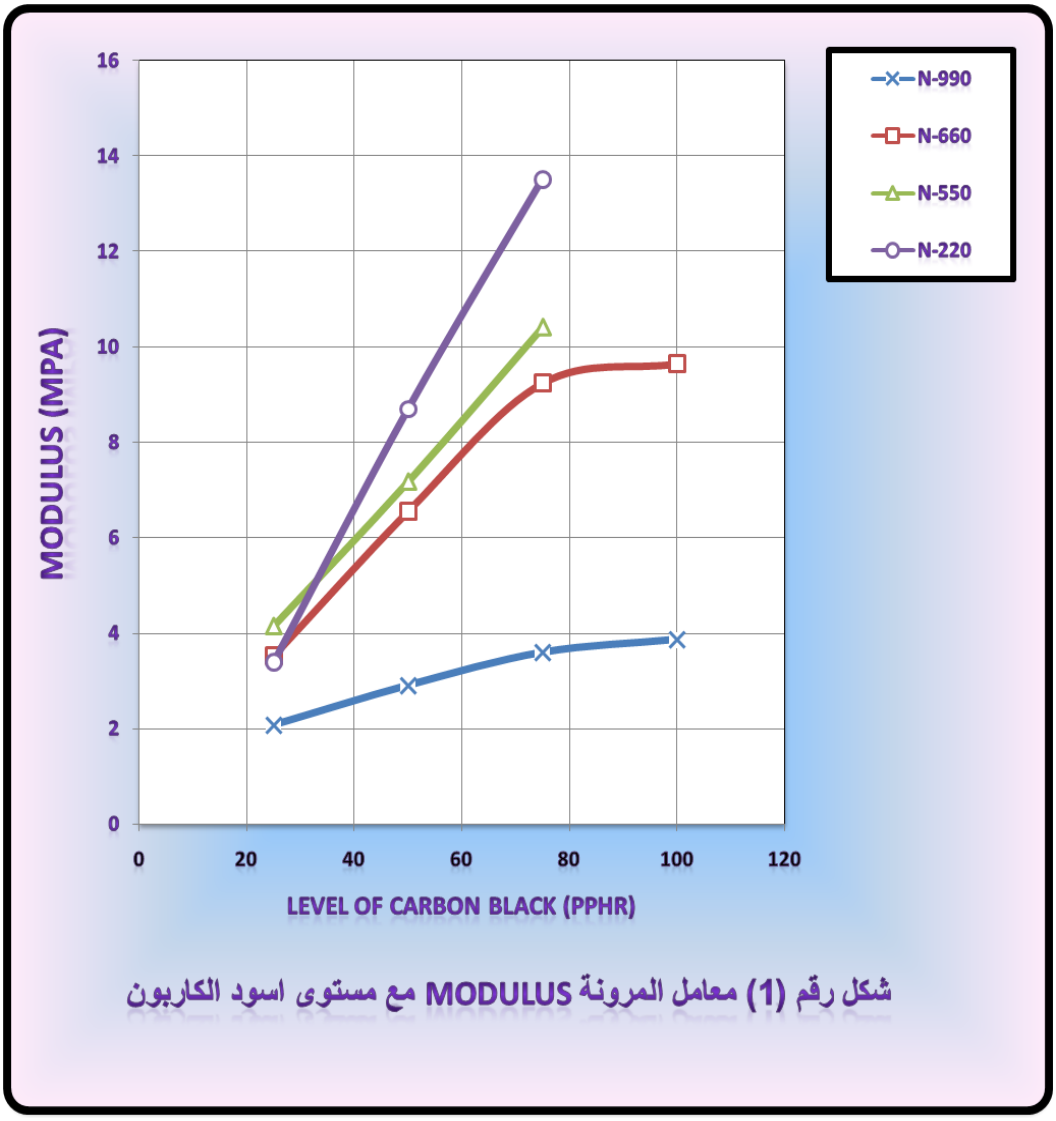
Radrguez F.H., (Sept. 2006) . "principle of polymer system" Elastomerics 111,39.

Veith A.G., (2004).journal of rubber chem. tech., 56,1061.

Walker D.F., (1979).paper , Cabot Corporation .

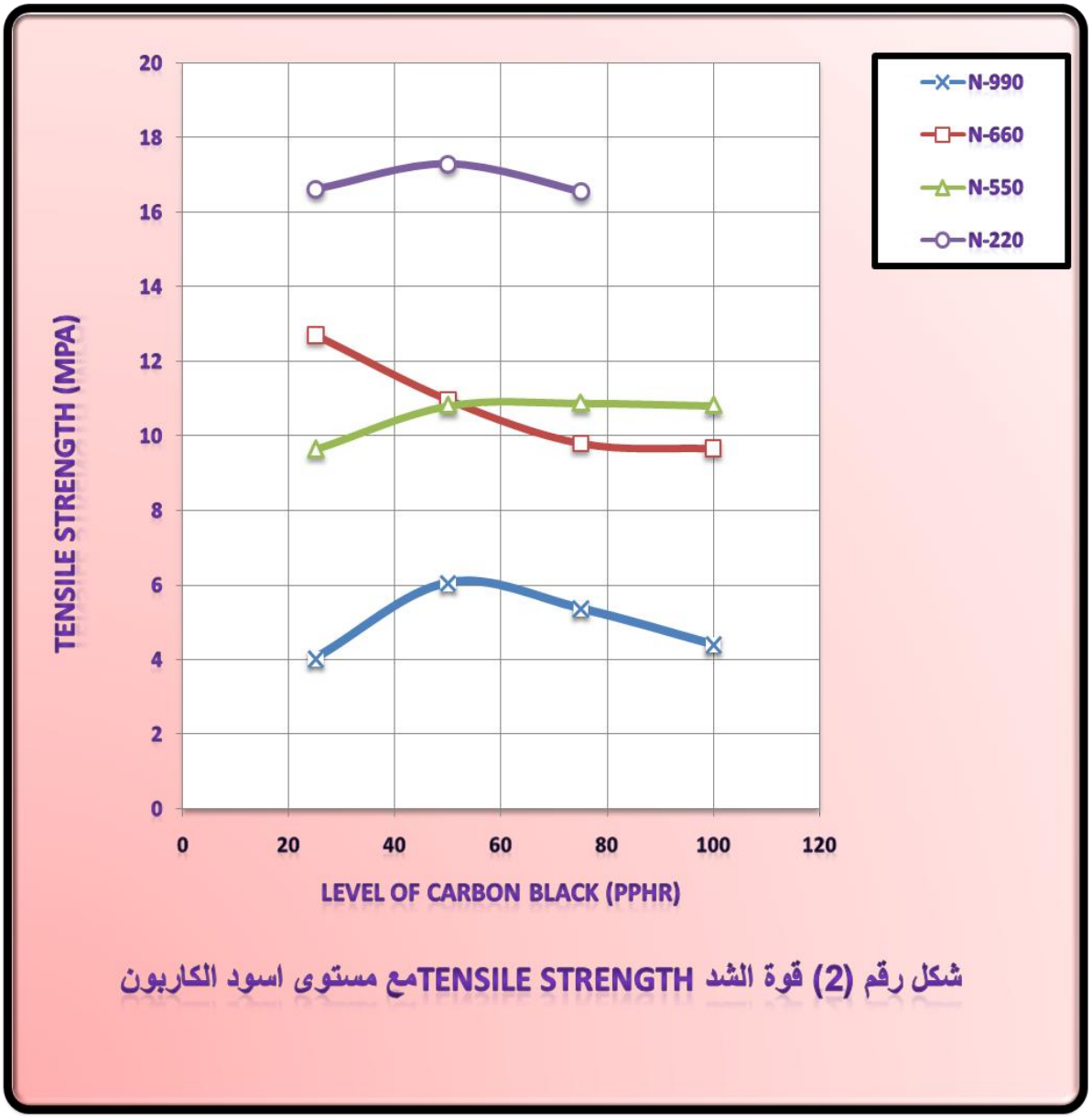
Zelinchenik M. G., (1996). journal of Rub . Chem . and Tech.,34,5,211 .

APPENDIX –I-



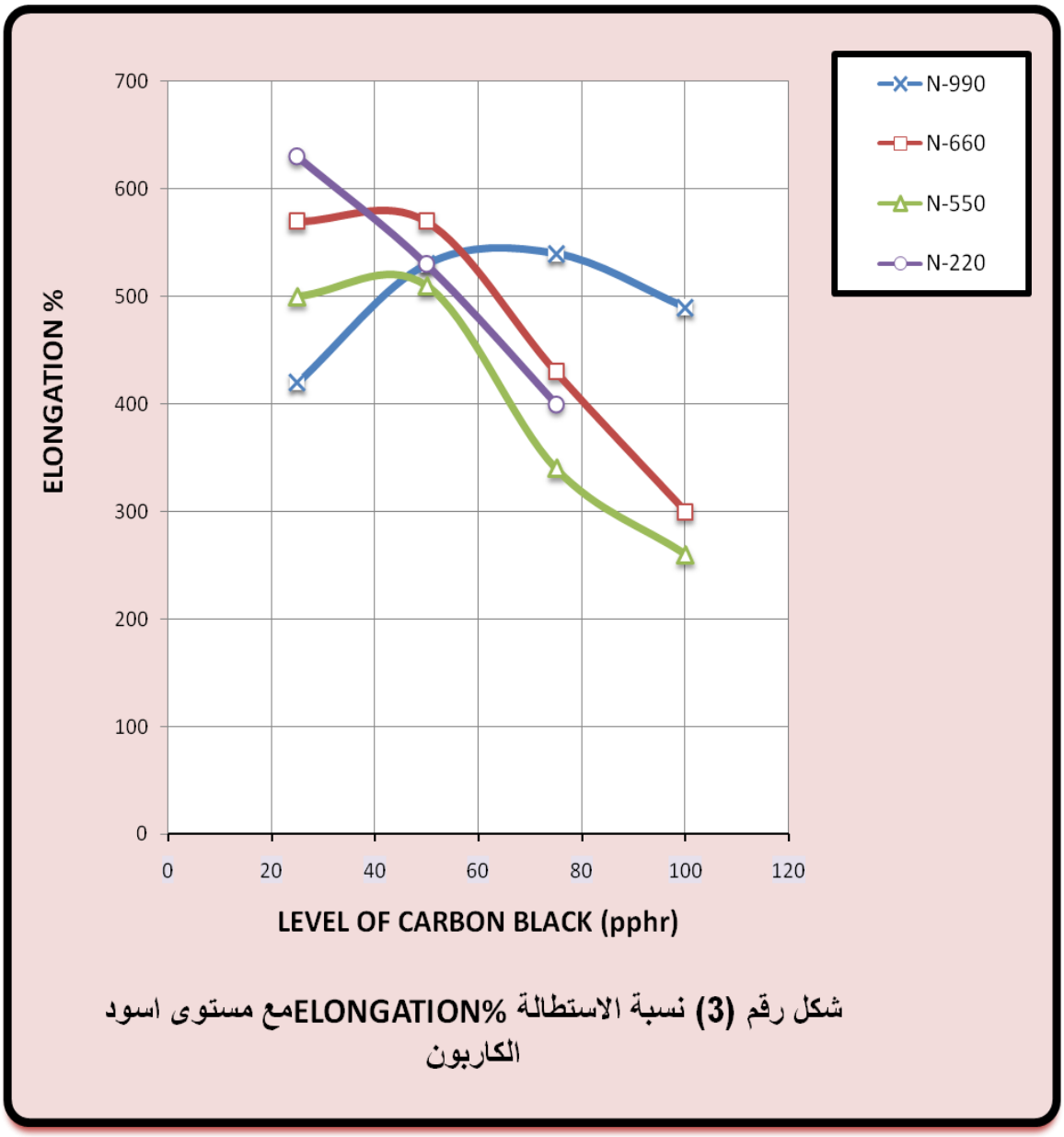
شكل رقم (1) معامل المرونة MODULUS مع مستوى اسود الكاربون

APPENDIX –II-



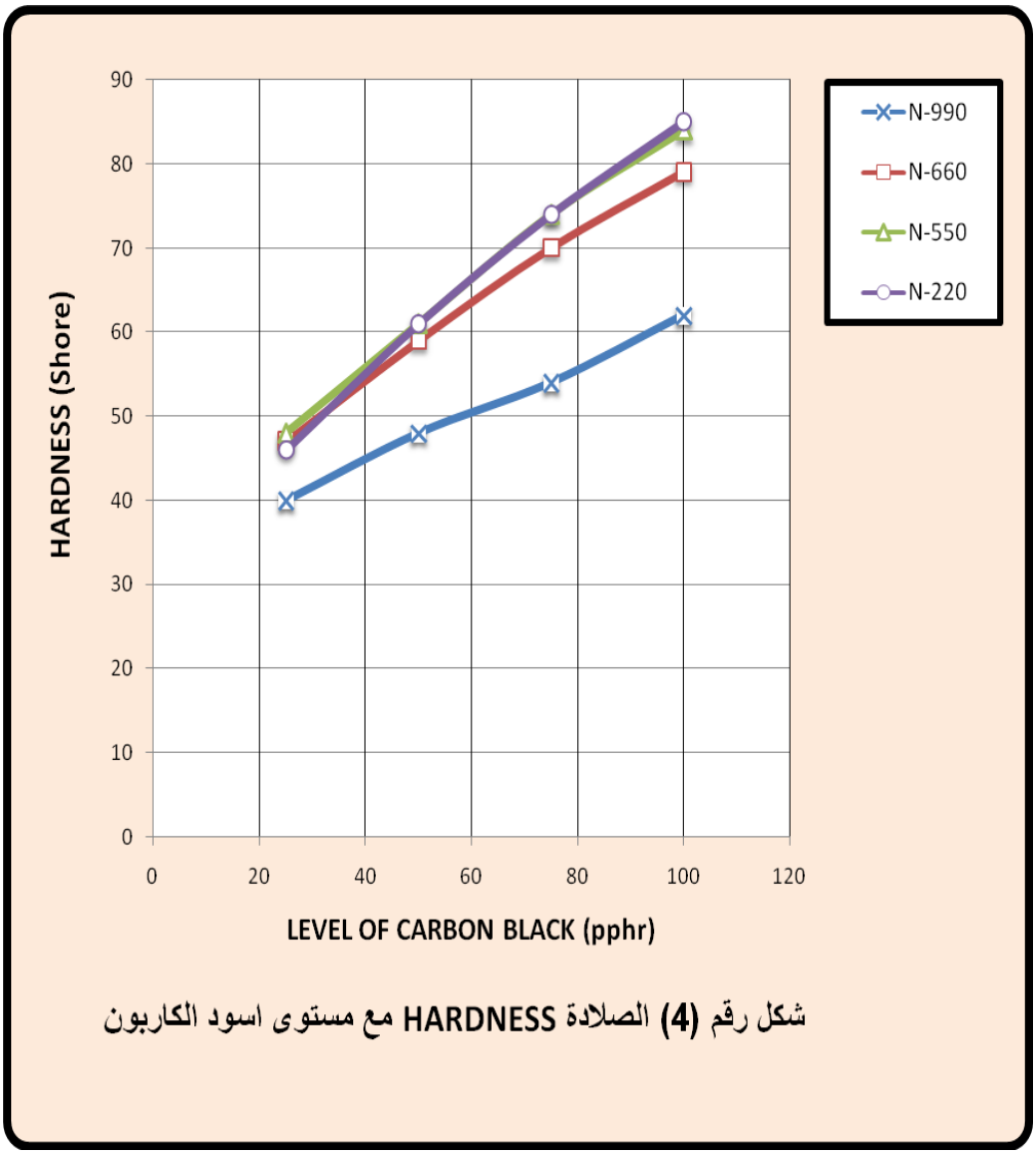
شكل رقم (2) قوة الشد TENSILE STRENGTH مع مستوى اسود الكاربون

APPENDIX –III-



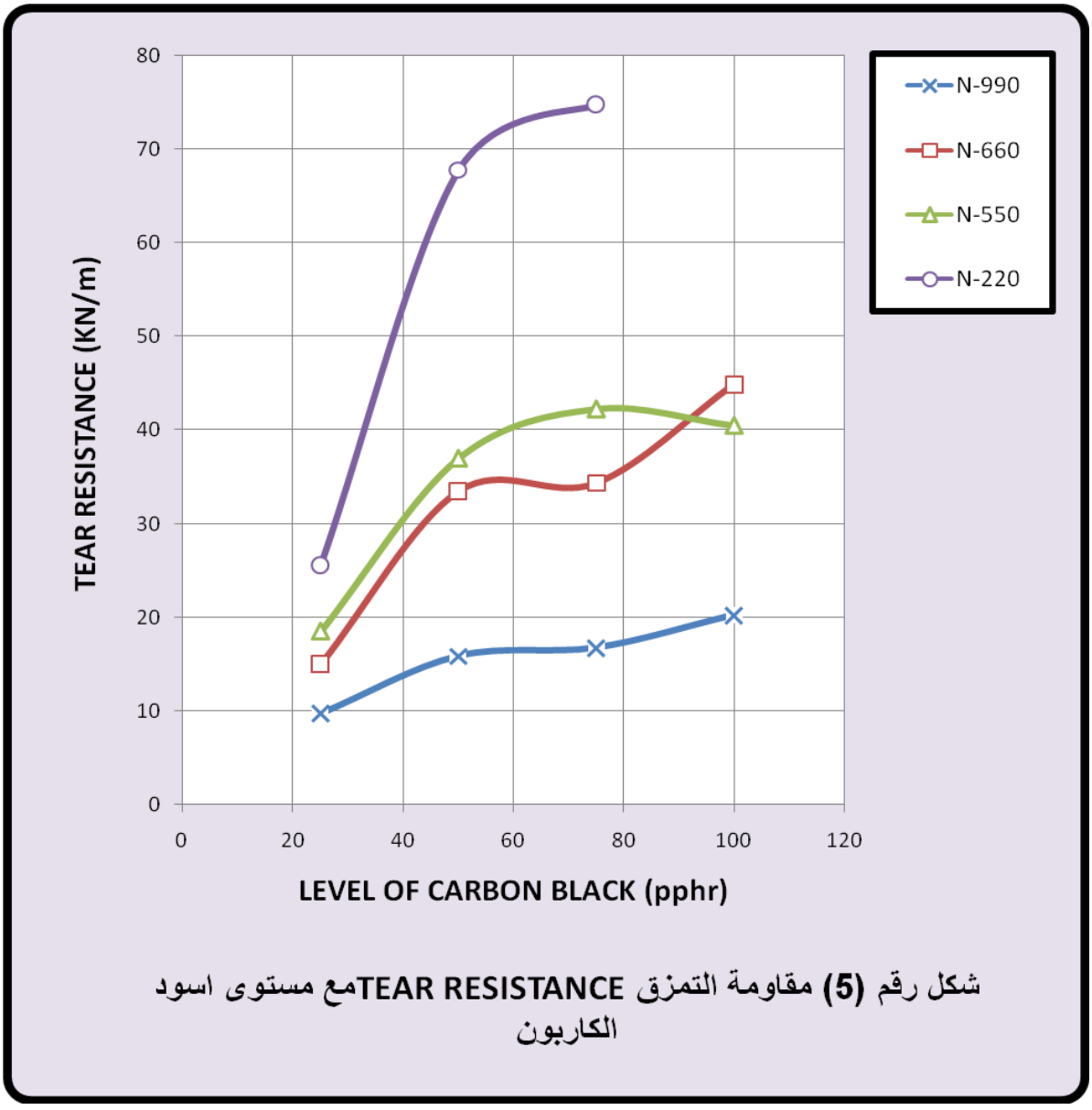
شكل رقم (3) نسبة الاستطالة ELONGATION%مع مستوى اسود الكاربون

APPENDIX
–IV-



شكل رقم (4) الصلادة HARDNESS مع مستوى اسود الكاربون

APPENDIX –V-



شكل رقم (5) مقاومة التمزق TEAR RESISTANCE مع مستوى اسود الكاربون