---- مجلة علوم الرافدين، المجلد 19، العدد 2، ص 174 - 190، 2008 ----

تأثير النفخ بالهواء على استقرارية مزائج (اسفلت قيارة-كبريت)

لبنـى عبـد العزيـز صالـح

قسم الكيمياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2008/1/7 ؛ تاريخ القبول 2008/4/7)

الملخص

تضمنت الدراسة تحوير اسفلت القيارة بواسطة النفخ بالهواء لفترات زمنية مختلفة، بعدها تم تحضير مزائج (اسفلت مؤكسد-كبريت) وبأسلوبين:

الأول، مزج اسفلت مؤكسد مع (5،10،15 % وزناً) من الكبريت والأسلوب الثاني إجراء تفاعـل كيميائي ما بين الاسفلت المؤكسد والكبريت قبل إضافة النسب المحددة من الكبريت.

درس تأثير التحوير على تجانس النظام الاسفلتي بعد التعتيق لأكثر من سنة. أظهرت نتائج القياسات والفحص المايكروسكوبي تحسن في تجانس النظام الاسفلتي مقارنة بالمزائج المحضرة من الاسفلت غيـر المحور.

Effect of Air Blowing of Qaiyarah Asphalt on The Stability of (Asphalt-Sulfur) Blends

Lubna A. Salih

Department of Chemistry

College of Science

Mosul University

ABSTRACT

Rheological properties of qaiyarah asphalt were modified by air blowing for different intervals of time. Sulfur has been added in different wt. percentages (5,10,15) to the oxidized asphalt.The homogeneity of samples was studied after more than one year of aging.The results of microscopic tests showed improvement in the homogeneity of these blends in comparison with the original asphalt- sulfur blends.

المقدمة

الاسفلت عبارة عن مادة هيدروكاربونية معقدة التركيب ذات أوزان جزيئية عالية يمتاز بدرجة من الصلابة واللادونة في الدرجات الحرارية السائدة.

استخدم الاسفلت على نطاق واسع ومنذ قرون عديدة في الصناعة والبناء، ونظراً للتقدم والتطور الحضاري اتسعت مجالات استخداماته وتطبيقاته حيث شملت استخدامه كمادة عازلة ومانعة للرطوبة وكمادة لاصقة بالإضافة إلى الاستخدام الأوسع له في مجال تبليط الطرق. إن هذا التوسع في مجالات الاستخدام قد يتحدد في العديد من الحالات بالمواصفات الأساسية للاسفلت مما يتطلب تغيير هذه المواصفات لتحسين الأداء حيث نلاحظ حالات الفشل والانهيار للنماذج بعد فترة من الاستخدام، مثال على ذلك حالات التصدع والتشقق التي تصيب الاسفلت عند الاستخدام بالإضافة إلى التهشيم الناتج من التأثيرات المترافقة للحمولة مع تغير درجات الحرارة في الطرق المعبدة بالإسفلت. لهذا السبب تكون عمليات التحوير هي الأسلوب المتاح لتحسين المواصفات بما ينعكس ايجابياً على الأداء (Speight, 1992).

كانت عملية تحوير الاسفلت بمزجه مع الكبريت واحدة من الوسائل التحويرية التي ظهرت في سبعينات القرن الماضي واكتسب شهرة جيدة لما تضفيه هذه العملية من نتائج ايجابية على مواصفات المزيج الاسفلتي الناتج. إلا أن هذا الأسلوب في التحوير لم يلق النجاح الذي كان يؤمل له نتيجة لقصر العمر التشغيلي للمزائج الاسفلتية المستحصلة حيث وجد أن مزائج اسفلت – كبريت تميل لمعاناة ما يعرف بانفصال الطور (Phase separation) والذي يؤدي في النهاية إلى تبلور الكبريت وانفصاله عن طبقة الاسفلت مما يؤدي إلى تغيير المواصفات النهائية للمزيج. وعلى الرغم من الدراسات العديدة التي نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر (Quarles, 1965; Garrigues et al., 1974; Kennepohl et al., 1975; Dah.Yinn, 1975; Samarai, 1978; AL-Farkh, 1982) والتي أجريت في هذا المجال ولفترة حوالي 20 سنة لم يتحقق أي نجاح ملموس في هذا الاتجاه مما أدى إلى إهمال هذا الأسلوب في التحوير والبحث عن طرق جديدة أكثر ملائمة وأكثر كفاءة.

في نهاية تسعينات القرن الماضي قام الدبوني وعدد من الباحثين في قسم الكيمياء بكلية علوم الموصل بإجراء عدد من الدراسات التي استندت على إجراء معالجات تحويرية مسبقة على الاسفلت تعقبها عملية مزج للاسفلت المحور مع الكبريت مما أدى إلى تحقيق نتائج ايجابية على استقرارية مزيج الاسفلت-كبريت (سليم، 2000؛ العكيدي، 2002؛ القحطاني، 2002؛ حسن، 2005؛ احمد، 2005).

في عام 2006 وفي دراسة مفصلة قام الدبوني وجماعته بتحديد تأثير عملية الأكسدة على استقرارية مزائج الاسفلت – كبريت حيث أدت عمليات الأكسدة للاسفلت المشتق من خامات بارافينية إلى

إعطاء نتائج جيدة لمزائج اسفلت – كبريت تحتوي على نسب من الكبريت تصل إلى 15% وزناً من المزيج وهو مالم يمكن تحقيقه سابقاً في أية دراسة قائمة (AL-Dobouni et al., 2006).

ان الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير عملية الأكسدة على ثبوتية مزائج اسفلت – كبريت والتي استخدم في إعدادها اسفلت ذو طبيعة ارومية واشتق من خامات ارومية الأساس. في هذا الصدد اعتمد خام القيارة ذو المواصفات الارومية كمصدر للاسفلت الارومي لهذه الدراسة.

تضمنت هذه الدراسة مسارين:

المسار الأول: إجراء أكسدة بالهواء للاسفلت بفترات زمنية محددة، ثم مزج الاسفلت الناتج مع الكبريت بثلاث نسب مختلفة.

أما المسار الثاني فقد تم خلاله مزج الكبريت مع الاسفلت الذي قمنا بتحويره مسبقاً بعملية أكسدة تلتها عملية معالجة محفزة مع نسبة محدودة (2% وزناً) من الكبريت. بعد ذلك تمت دراسة استقرارية النظام في تحديد درجة تجانسه بواسطة الفحص المايكروسكوبي لشرائح اسفلتية محضرة عتقت لأكثر من سنة.

الجزء العملي

المواد المستعملة:

1- اسفلت قيارة:

استخدم في هذه الدراسة الاسفلت المنتج في مصفى القيارة والذي يمتلك المواصفات التالية: الوزن النوعي له (1.057) ، درجة الليونة (46 °م) ونفاذيته (82) وقيمة الاستطالة (+100).

2- الكبريت:

استخدم الكبريت الخام المستخرج من حقول المشراق والحاوي على كمية من الشوائب القيرية تصل نسبتها إلى 1%.

3- كلوريد الالمنيوم اللامائي:

تم الحصول عليه من شركة (Fluka) بنقاوة (99%).

أساليب المعالجة:

1- أكسدة الاسفلت

تم وضع حوالي (1.5 Kg) من اسفلت قيارة في دورق دائري سعة (2L.) وسخن إلى حدود 200°C مع التحريك المستمر بواسطة محرك ميكانيكي لضمان حصول تجانس تام للنظام، مع

إمرار هواء يضخ من خلال مضخة هواء لفترات زمنية مختلفة وهـي (15، 30، 50 سـاعة) للحصول على درجات مختلفة من الأكسدة، والصفات الفيزياوية للاسفلت المعالج موضحة فـي الجدول (1).

2- قياس طيف الأشعة تحت الحمراء (.F.T.I.R).

تم قياس طيف الاشعة تحت الحمراء للاسفلت الأصلي والنماذج الثلاثة المؤكسدة وذلـك بأخـذ وزن (0.1 g) من النموذج الاسفلتي وتمت إذابته بـ (100 ml) من CCl_4 استخدم في القيـاس الجهاز (FT-IR) Tensor CO-Bruker,2003,Fourier-Transform Infrared.

3- قياسات فيزياوية أخرى للاسفلت الأصلي والمؤكسد وتمثلت بـ

أ) قياس الوزن النوعي للاسفلت الأصلي والنماذج الثلاثـة المؤكسـدة. (تـم القيـاس حسـب المواصفات الأمريكية ASTMD-1298).

ب) اللزوجة: تم قياسها كدالة نسبية (لزوجة نسبية) أي ناتجة من حساب زمن نزول النمـوذج مع المذيب مقسومة على زمن نزول المذيب (Rabek,1980)، نتائج القياسات موضحة فـي جدول (2).

ج) إيجاد دالة دليل الاختراق (PI): يتم إيجادها بعلاقة رياضـية (Glarille, 1962)، نتائجهـا موضحة في جدول (1).

4- المعالجة من خلال مزج الكبريت مع اسفلت القيارة المؤكسد:

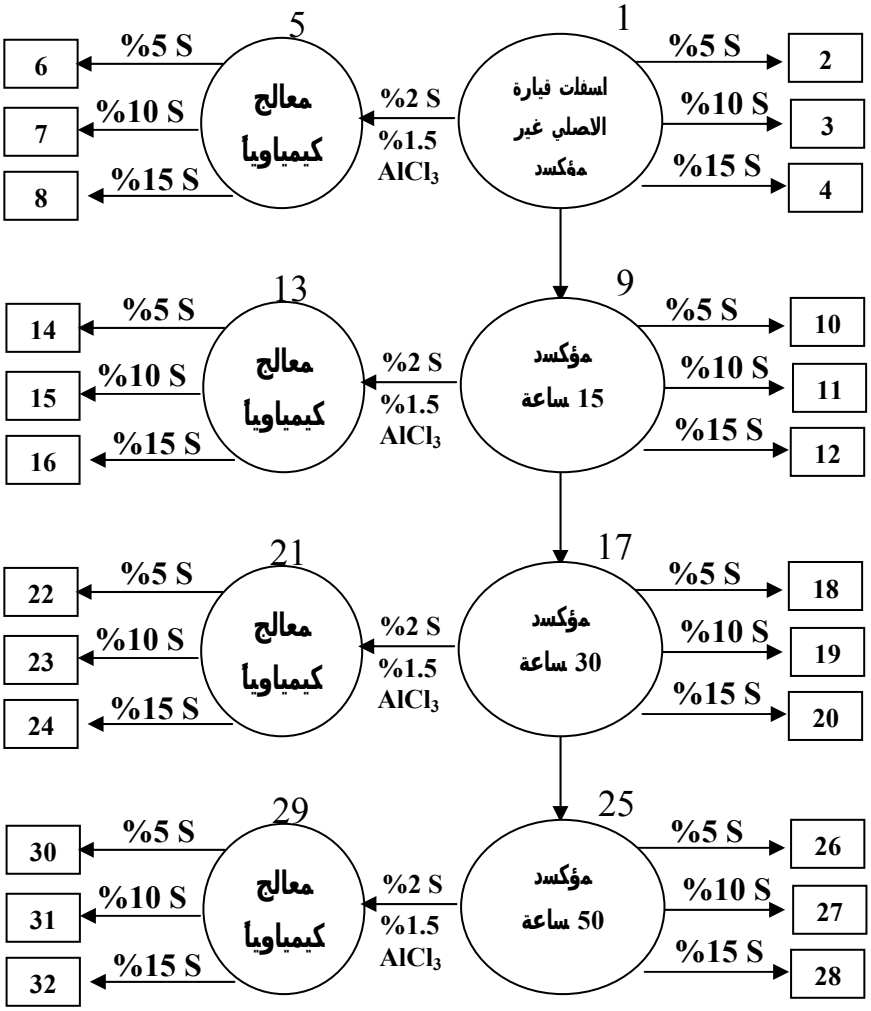
تم اخذ ثلاثة أوزان متساوية من النماذج الثلاثة للاسفلت المؤكسد وأضيف إليها كبريت بنسـب وزنيـة (15,10,5 % w/w) علـى التـوالي كـل نمـوذج مـن هـذه مـزج لمـدة 30 min. بدرجة 130ºC. وقد تم إجراء هذه المعالجة على الاسفلت الاعتيادي ولـنفس النسـب (النماذج 2،3،4) لأجل المقارنة في الصفات، بعدها تم قياس المواصفات الفيزياويـة لمـزائج اسفلت-كبريت والنتائج موضحة في الجدول (3).

5- المعالجة الكيميائية المحفزة لاسفلت القيارة المؤكسد مع الكبريت:

تم وزن (250 g) من كل نموذج من النماذج الاسـفلتية المؤكسـدة وأضـيف لكـل نمـوذج 2% w/w كبريت و 15% w/w (كلوريد الألمنيوم اللامائي) كعامل محفز، اجري التفاعل لمدة ساعة واحدة بدرجة 160ºC.

تلت هذه الخطوة، تحضير مزائج (اسفلت معالج - كبريت) حيث اخذ ثلاثة أوزان متساوية من كل من النماذج الثلاثة المؤكسدة والمعالجة بالكبريت كيميائياً، أضيف إليها كبريت بنسبة (15,10,5 % w/w) على التوالي، مزجت لمدة 30 min. بدرجة 130ºC.

وقد أجريت المعالجات ذاتها على الاسفلت الأصلي غير المؤكسد حيث تم إجراء تفاعل كيميـاوي لاسفلت قيارة الاعتيادي وقسم إلى أربعة أقسام وأضيف الكبريت بالنسب التالية على التوالي (15,10,5,0 % w/w) النماذج (5، 6، 7، 8) لأجل المقارنة في المواصفات، المواصفات الفيزياوية لهذه المعالجات موضحة في الجدول (4)، أما سير وأساليب المعالجة فقد وضحت من خلال المخطط التالي:



الشكل 1: مخطط يوضح مسار المعالجات وظروفها.

تمت دراسة المواصفات الفيزياوية للأنظمة المتكونة من خلال:

1) قياس المواصفات الريولوجية وتشمل:

أ) درجة اللزونة: وفقاً للطريقة ASTM (D36-70)[16]

ب) النفاذية: وفقاً للطريقة ASTM (D5-71)[16]

ج) الاستطالة: وفقاً للطريقة ASTM (D113-69)[16]

2) إعداد الشرائح والفحص المايكروسكوبي:

تم تحضير الشرائح الميكروسكوبية وذلك بوضع عينة صغيرة من النموذج على الشريحة الزجاجية وتسخينها إلى درجة حرارة لا تقل عن (50 ºC) لتسهيل انتشار الاسفلت عليها ومن ثم فحصها بالمجهر حال تحضيرها وبعد ذلك تم فحصها بصورة دورية للوقوف على التغيرات التي قد تطرأ على الأنظمة وأخيراً تم فحصها بعد التعتيق لمدة سنة في الظروف الجوية السائدة في مدينة الموصل.

استخدم مايكروسكوب نوع (ALTAY) ذو عدسات بقوة تكبير (40X)، وسجلت صور الشرائح بواسطة كاميرا رقمية نوع (Mercury 12-1M Pixels) صور الشرائح موضحة في الأشكال (3،2).

النتائج والمناقشة

من المعروف أن الأكسدة للمواد العضوية النفطية ليست بالتفاعل البسيط فهي تبدأ بعملية اتحاد مباشر للاوكسجين وتكوين مجاميع اوكسجينية مختلفة (حوامض كربوكسيلية، الديهايدات، كيتونات، استرات، ...الخ) وهذه صور مختلفة لتفاعلات الأكسدة ولعملية الارتباط المباشر للمركب العضوي مع الأوكسجين، تقترن هذه العملية بزيادة واضحة في الوزن الجزيئي وازوجة المادة والوزن النوعي ناتجة عن زيادة الأواصر الهيدروجينية المرافقة لعملية الأكسدة (Glozman, 1970).

يمكن ان يعقب عملية الارتباط المباشر للأوكسجين مع الجزيئة العضوية تفاعلات سحب الهيدروجين الذي يخرج على شكل H_2O أو H_2S أو NH_3 نتيجة لوجود مركبات الأوكسجين والكبريت والنتروجين وهذه العملية تعطي درجات أخرى من الأكسدة وتؤدي إلى زيادة عدم التشبع في الجزيئة مما يقود إلى تفاعلات التكثيف والتشكيل الحلقي للجزيئة، وتنتهي هذه المرحلة بزيادة في استقرارية المركب حيث انه من المعروف أن استقرارية المركب الحلقي تكون اكبر من المركب الأوليفيني (Abdul-Quddus, 1992; Gawel, 2004) يؤدي استمرار عملية الأكسدة إلى تكوين تراكيب فحمية ويستدل على ذلك من الانخفاض الكبير في نسبة H/C للمركب المعني (Pencher, 1962) وبعد هذا تأتي المرحلة الأخيرة لعملية التأكسد وهو الاتحاد المباشر للكربون مع

الأوكسجين مكونة ثاني اوكسيد الكربون الذي يشكل الناتج النهائي والأخير لعملية الأكسدة، هـذا بشـكل عام.

أما في معالجتنا في الظروف المستخدمة والغايات المتوخاة من عملية الأكسدة فهو إدخال مجـاميع اوكسجينية على المادة الاسفلتية، وقد أمكن التحقق من هذه العملية وبشكل واضح وملمـوس مـن خـلال قياسات الوزن النوعي واللزوجة ودرجة الليونة، حيث تم ملاحظة الفرق الواضح لنتائج هـذه القياسـات للاسفلت المؤكسد عن الاسفلت الاصلي بأزمان مختلفة والنماذج (25,17,9,1) والموضحة فـي الجـداول (2،1) أدلة واضحة على حدوث الأكسدة.

كذلك قياسات طيف الأشعة تحت الحمراء فقد أعطت حزم جديدة لم تظهر في الاسفلت غير المؤكسد وهـي: بـالترددات التاليـة $3700cm^{-1}$ و $3453cm^{-1}$ للنمـوذج المؤكسـد 50 سـاعة و $3727cm^{-1}$ و $3704cm^{-1}$ للنموذج المؤكسد 30 ساعة والتي تشير الى مجاميع الهيدروكسيل الفينولية، كذلك الحزمـة ذات التردد $1724cm^{-1}$ لكل من نموذجي المؤكسد لمدة 30 ساعة و 50 ساعة وهذه تشير الـى مجـاميع الكربونيل، بالاضافة الى الحزم $1461cm^{-1}$ والتي تشير الى اواصر كربون متعددة الاروماتية والحزمـة $1121cm^{-1}$ والتي تشير الى مركبات السلفوكسايد. وهذا يعتبر مؤشر لتكوين مركبات اوكسجينية جديـدة، اشكال اطياف الاشعة تحت الحمراء للنماذج الاصلية والمؤكسدة موضحة في الاشكال (6،4،5).

الهدف من هذه الدراسة هو تثبيت مدى استجابة الأنظمة الاسفلتية ذات الطبيعة الاروماتية لعمليـات الأكسدة، لأجل إنتاج مزائج اسفلت – كبريت مستقرة ثرموداينامكياً، كما اثبت تأثير هذه المعالجة الايجابي مع الأنظمة الاسفلتية ذات الطبيعة البارافينية لإنتاج مزائج اسـفلت – كبريـت مسـتقرة ثرموداينامكيـاً (AL-Dobouni et al., 2006)، ويوضح الجدول(1) المواصفات الفيزياوية للاسفلت الاعتيادي والمؤكسد لكل من اسفلت القيارة وبيجي.

لو نظرنا إلى الجدول (1): نلاحظ ارتفاع في درجة الليونة لاسفلت القيارة بدرجة اكبر من ارتفاعها لتلك التي في اسفلت بيجي عند الأكسدة في نفس الظروف وخاصة الأكسدة لمدة 30 ساعة حيث ارتفعت قيمتها 12 درجة ولزمن أكسدة 50 ساعة و ارتفعت 18 درجة عن اسفلت بيجي الذي ارتفعت عنده درجة الليونة 10 درجات فقط عند الأكسدة للازمان المحددة (30 ساعة و 50 ساعة).

لو نظرنا إلى قيم النفاذية والاستطالة نلاحظ ارتفاع في القيم لاسفلت القيارة عما أعطته قيم اسـفلت بيجي وهذا يعتبر مؤشر واضح لسهولة تقبل الأكسدة للنظام الاروماتي مع مرونة أفضل من اسفلت بيجي.

أما بالنسبة لقيم دليل الاختراق نلاحظ ارتفاع قيمتها تدريجيا مما يشير إلى انخفاض في الحساسـية الحرارية للنماذج المؤكسدة حيث انه ومن المعروف أن الحساسية الحرارية الواطئة تعطي مقاومة عاليـة للانسياب والتأثر بتغيرات درجات الحرارة وهذا دليل واضح على حدوث الأكسدة، حيث أن الأكسدة تعمل على زيادة الجزيئات القطبية للاسفلت مما يؤدي إلى زيادة قوة التداخلات مؤدياً إلى تجـاذب قـوي ممـا يعطي مقاومة عالية ضد الانسياب (Abdul-Quddus, 1992).

الجدول 1: الصفات الفيزياوية لكل من اسفلت قيارة وبيجي (الأصلي والمؤكسد).

رقم النموذج	اسفلت القيارة				اسفلت بيجي*			
	1	9	17	25	1	2	3	4
زمن الأكسدة (ساعة)	0	15	30	50	0	15	30	50
درجة الليونة(°م)	46	55	67	85	45	58	68	78
النفاذية(5 ثا . 25 °م)	82	45	28	13	55	29	17	9
الاستطالة(سم. 25 °م)	100+	95	15	05	100+	78	5	3
دليل الاختراق(P.I)	-1.06	-0.27	0.97	2.04				

* مواصفات اسفلت بيجي مأخوذة من دراسة سابقة (AL-Dobouni *et al.*,2006) وأدرجت فـي الجـدول لاجـل المقارنة.

الجدول 2: الصفات الفيزياوية لاسفلت قيارة الأصلي والمؤكسد.

رقم النموذج	زمن الأكسدة	الوزن النوعي	اللزوجة
1	0	1.0570	1.066
9	15	1.0900	1.200
17	30	1.1117	1.330
25	50	1.1229	1.500

أما بالنسبة إلى صور الشرائح المحضرة للنماذج المؤكسدة الموضحة في الشـكل (2) والمرقمـة (25,17,9,1) يلاحظ تجانس تام لهذه الأنظمة مماثلة لتجانس الاسفلت الأصلي غير المؤكسد وهذا مؤشـر واضح على التأثير الايجابي للأكسدة على النظام الاسفلتي، حيـث حافظـت الأنظمـة المؤكسـدة علـى استقراريتها.

وبعـد عمليـة الاكسـدة تمـت إضـافة الكبريـت إلـى النمـاذج المـذكورة لتكـوين مـزائج (اسفلت مؤكسد – كبريت) والجداول (4،3) توضح المواصفات الفيزياوية للنماذج.

الجدول 3: تأثير إضافة الكبريت بنسب مختلفة على مواصفات اسـفلت القيـارة غيـر المؤكسـد والمؤكسد وبأزمان مختلفة.

رقم النموذج	زمن الأكسدة (ساعة)	نسبة الكبريت (%)	درجة الليونة (مº)	النفاذية (5 ثا .25 مº)	الاستطالة (سم. 25 مº)
1	0	0	46	82	100+
2	0	5	52	92	100+
3	0	10	50	93	51
4	0	15	46	75	70
9	15	0	55	45	95
10	15	5	54	62	60
11	15	10	50	36	54
12	15	15	59	39	60
17	30	0	67	28	15
18	30	5	66	29	27
19	30	10	57	29	23
20	30	15	61	28	07
25	50	0	85	13	05
26	50	5	69	12	05
27	50	10	72	14	08
28	50	15	70	3	05

لو نظرنا إلى الجداول (4) يلاحظ ارتفاع واضح في درجات الليونة عند الأكسدة ثم انخفاض مبدئي بزيادة نسبة الكبريت وهذا التصرف مذكور مسبقاً عن الباحثين (Fromm et al., 1981) وتتغير درجـات النفاذية والاستطالة تبعاً لهذا التغير في درجات الليونة.

بعد تحضير شرائح مايكروسكوبية لمزائج اسفلت-كبريت المحضرة وتعتيقها أكثر من سنة لوحظ ان هذه النماذج (10-28) والموضحة في الشكل (2) حافظت على قدر جيد من تجانسـها الأصـلي إذا مـا قورنت بمزائج اسفلت غير مؤكسد –كبريت النماذج (4,3,2) والموضحة صور شرائحها في الشـكل (2) وتزداد درجة تجانس النماذج المذكورة أعلاه بزيادة زمن الأكسدة للنسب الثلاثة من الكبريت المضافة.

أما الشكل (3) فيعطي صور شرائح النماذج المحضرة من الاسفلت المؤكسد والمعالج كيميائيا مـع الكبريت ثم معالجته بعد ذلك مع نسب مختلفة من الكبريت (15,10,5% وزناً). أظهرت النمـاذج الثلاثـة الأولى (13، 21، 29) والناتجة عن التفاعل المحفز للاسفلت المؤكسد مع نسبة ثابتة من الكبريت تجانساً مقبولاً ويمكن اعتباره أفضل من تجانس النموذج المحضر من الاسفلت غير المؤكسد والمفاعل كيميائياً مع الكبريت (نموذج رقم 5).

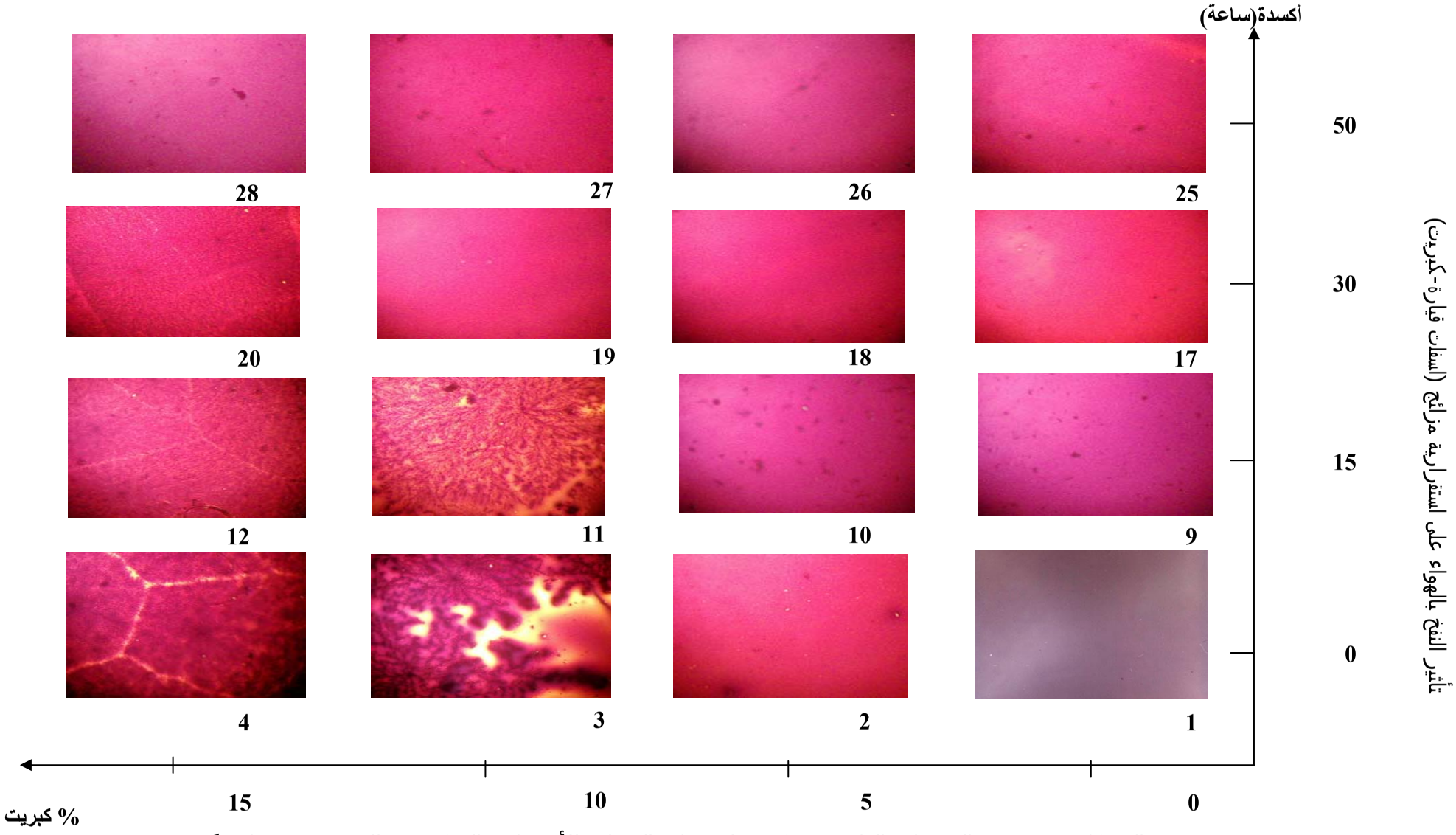
وبصورة عامة وبالنسبة للنماذج الناتجة من المعالجة المحفزة للاسفلت المؤكسد مع الكبريت والممزوجة مع النسب المختلفة من الكبريت نلاحظ انها حافظت على درجة التجانس وان هذا التجانس والاستقرارية يزداد بزيادة زمن الأكسدة مقارنة بالنماذج (6، 7، 8) المحضرة من اسفلت غير مؤكسد والتي تظهر انفصال واضح للكبريت يزداد بزيادة نسبة الكبريت المضافة.

الجدول 4: تأثير إضافة الكبريت بنسب مختلفة على اسفلت القيـارة غيـر المؤكسـد والمؤكسـد والمعالجين كيميائياً مع الكبريت.

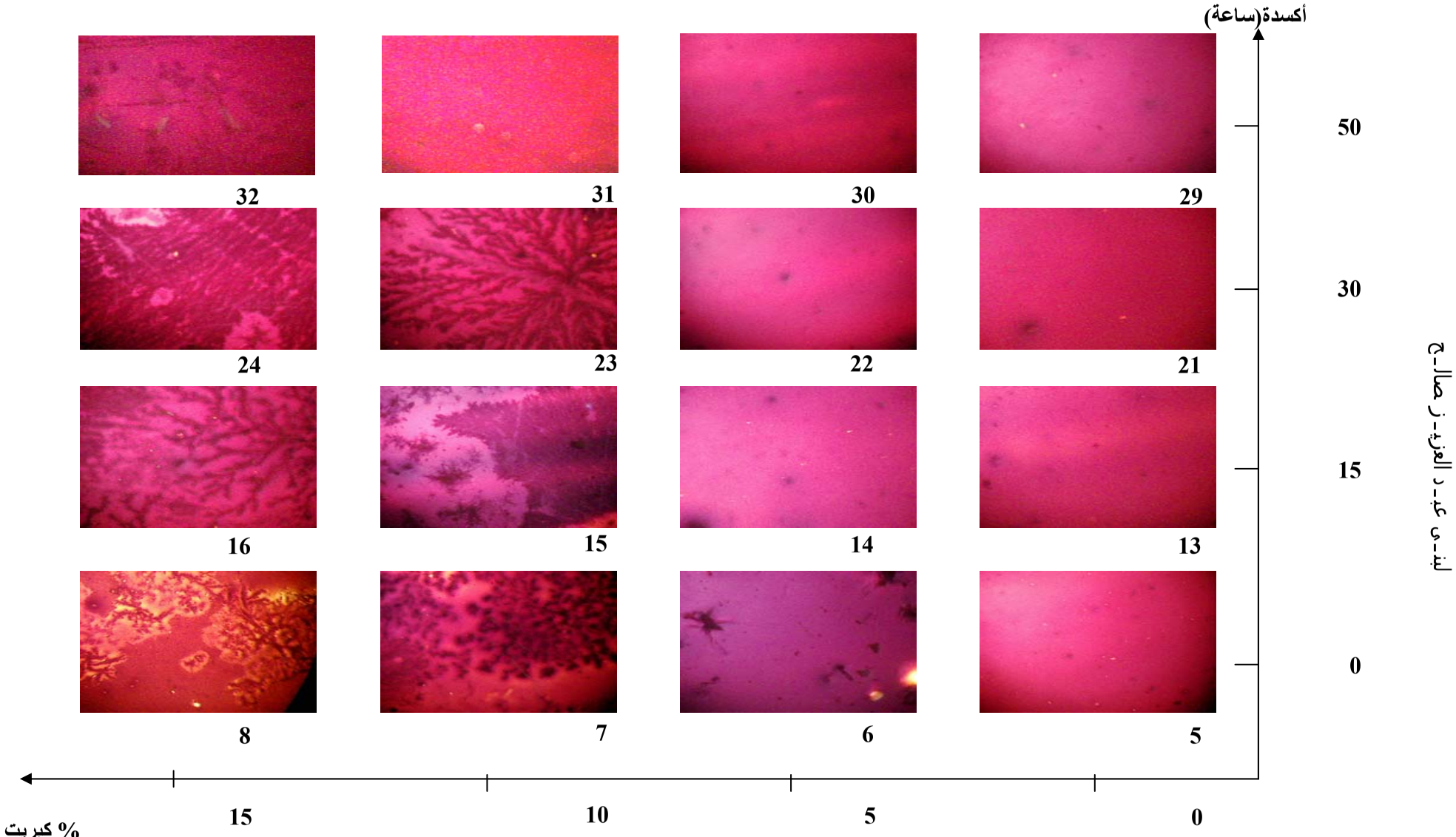
رقم النموذج	زمن الأكسدة (ساعة)	نسبة الكبريت (%)	درجة الليونة (°م)	النفاذية (5 ثا .25 °م)	الاستطالة (سم. 25 °م)
1	0	0	46	82	100+
5*	0	0	75	32	06
6	0	5	73	45	07
7	0	10	66	35	06
8	0	15	64		06
9	15	0	55	45	95
13*	15	0	85	21	05
14	15	5	78	24	06
15	15	10	69	34	06
16	15	15	74	28	06
17	30	0	67	28	15
21*	30	0	98	14	04
22	30	5	89	20	04
23	30	10	84	14	03
24	30	15	82	8	04
25	50	0	85	13	05
29*	50	0	120	6	01
30	50	5	118	10	03
31	50	10	110	6	03
32	50	15	112	3	02

* النماذج (5، 13، 21، 29) تمت معالجتها مع 2% كبريت و 1.5% حفاز في درجة 160 °م لمدة 1 ساعة قبل مزجها مع نسب الكبريت.

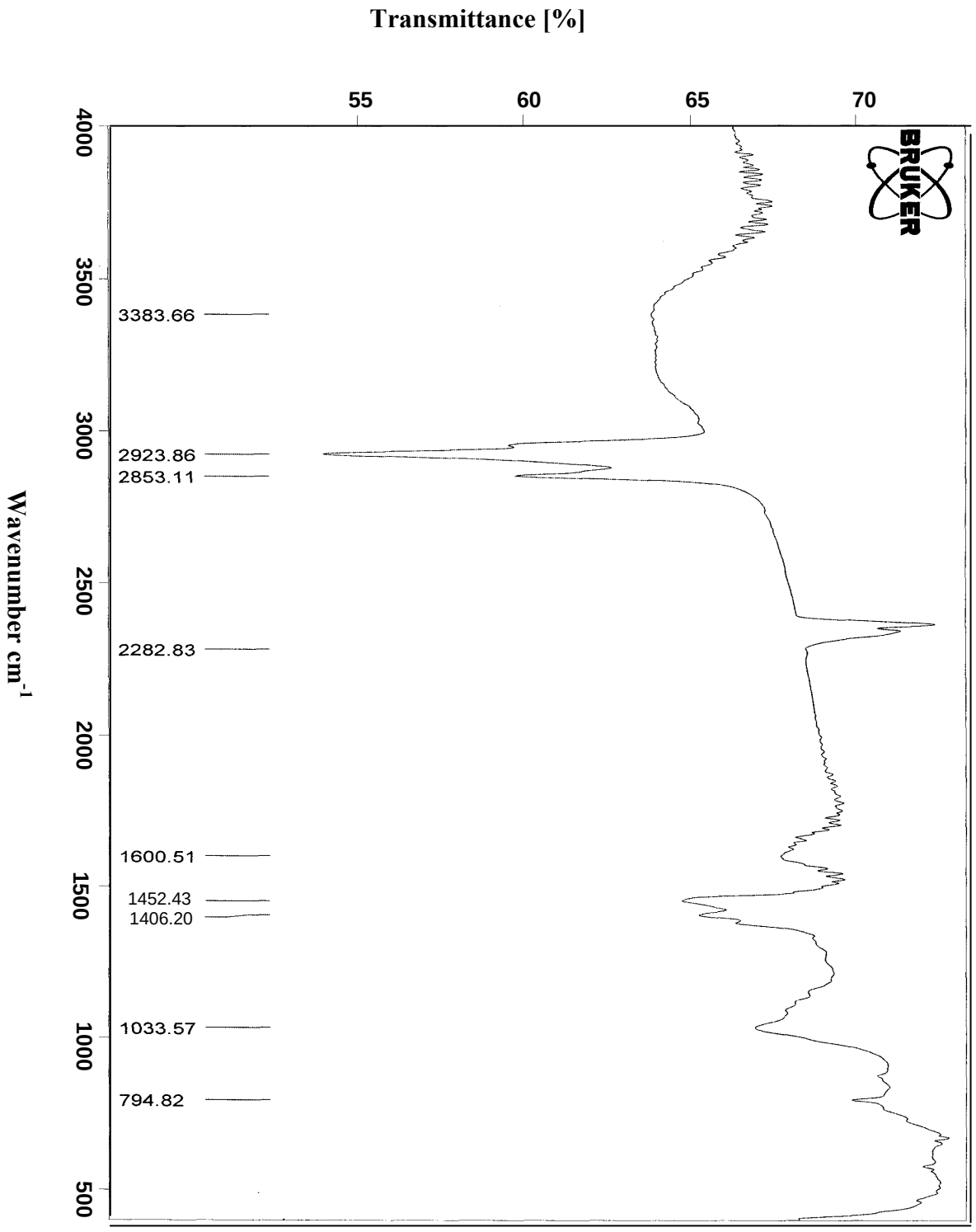
في النهاية يمكن القول أن الاسفلت ذو الطبيعة الاروماتية (اسفلت القيارة) يمكن أن يعطـي مـزائج اسفلت – كبريت ذات ثبوتية واستقرار ثرموداينااميكي يتيح لها إظهار قدر جيد من التجانس عنـدما تـتم أكسدته بالهواء.



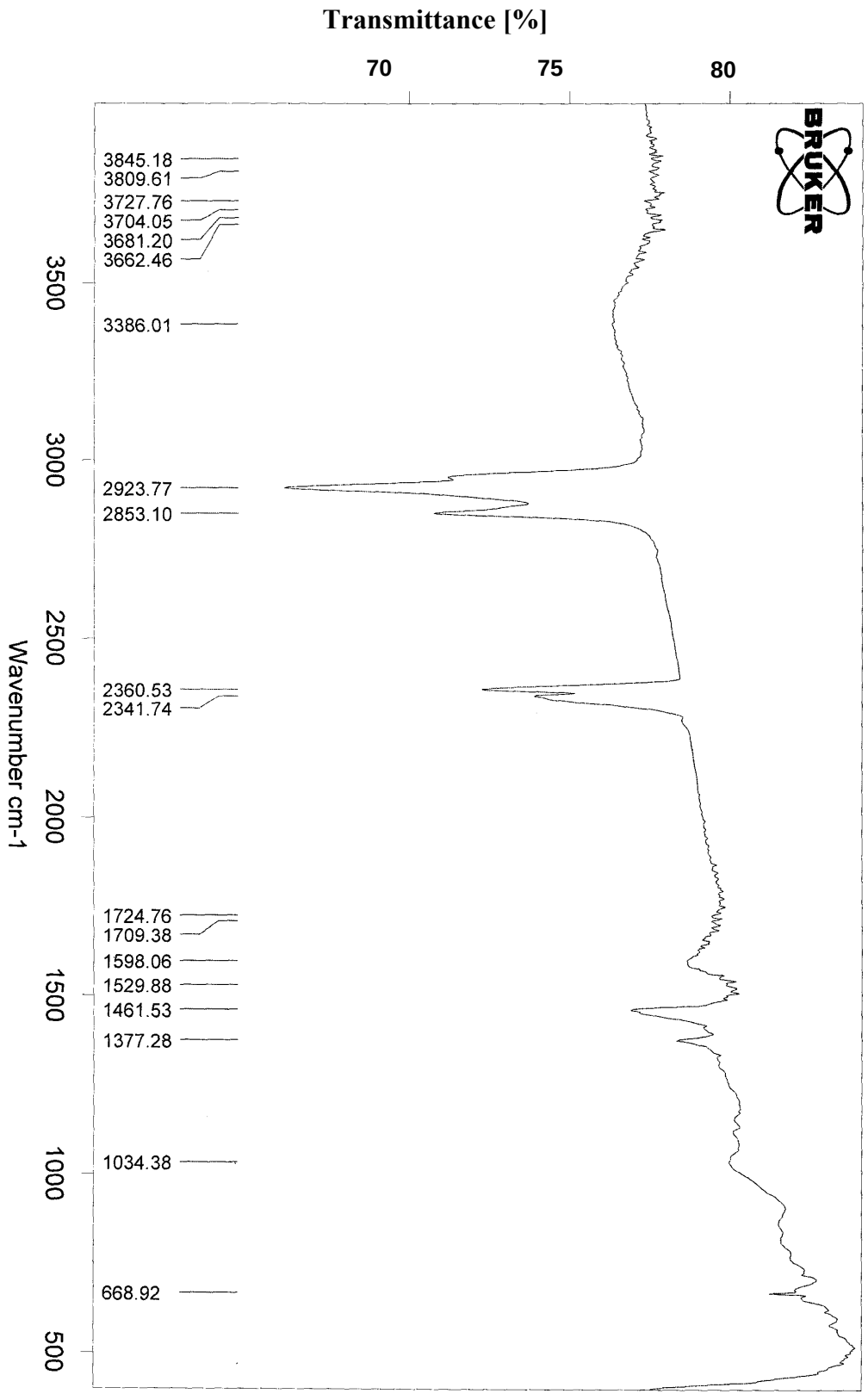
الشـكل 2: صـور الشـرائح المايكروسـكوبية لإسـفلت القيـارة الأصـلي والمؤكسـد والممـزوج فيزيائيـاً مـع نسب 5% , 10%, 15% من الكبريت.



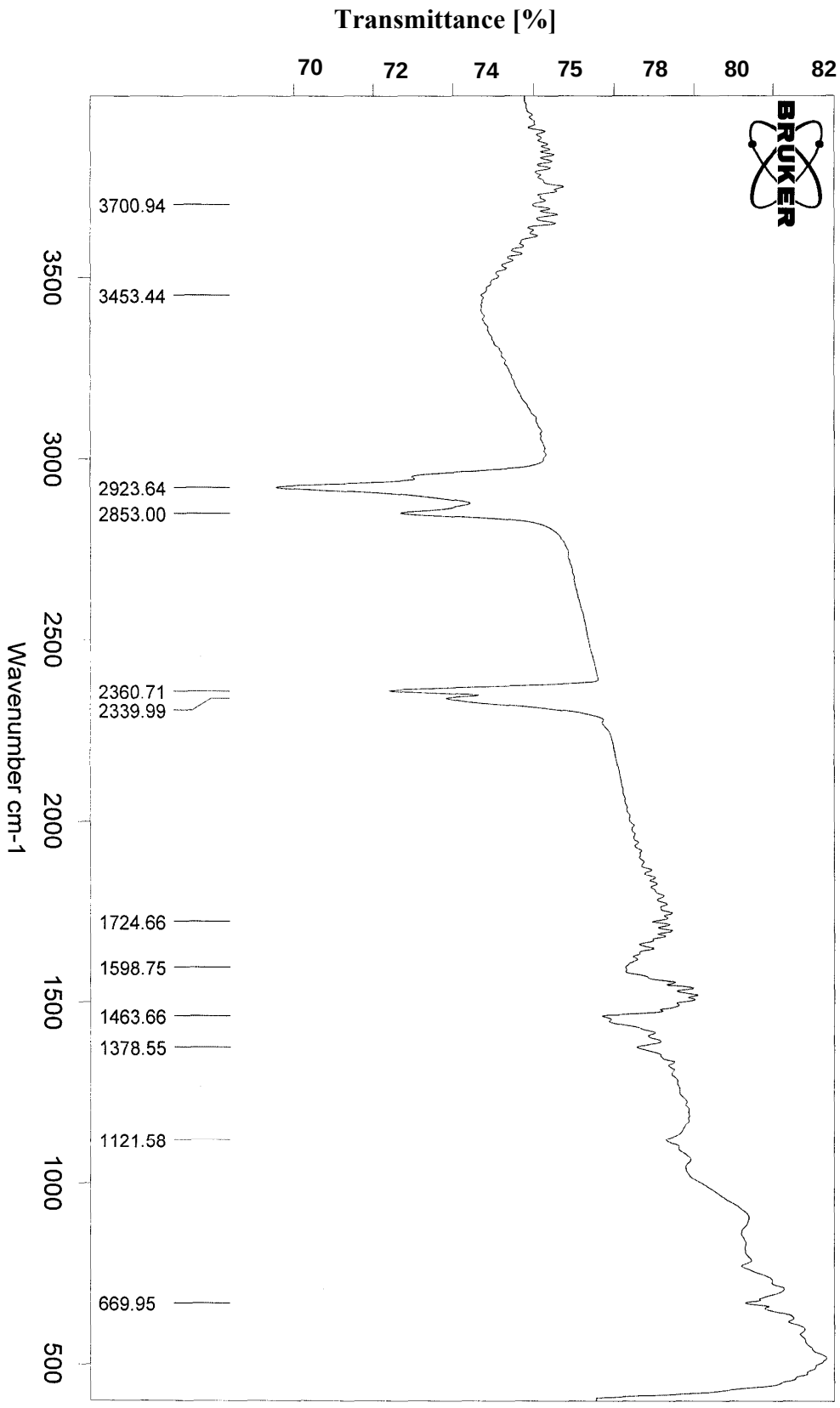
الشكل 3: صور الشرائح المايكروسكوبية لإسفلت القيارة المؤكسد والمعالج كيمياويا مع الكبريت والممزوج فيزيائياً مع 5%,10%,15% وزناً من الكبريت.



الشكل 4: أطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للاسفلت غير المؤكسد.



الشكل 5: أطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للاسفلت المؤكسد لمدة 30 ساعة.



الشكل 6: أطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للاسفلت المؤكسد لمدة 50 ساعة.

المصـادر العربية

احمد، أ.أ.، 2005. تحوير المواصفات الريولوجية للاسفلت بالمعالجة مع البـولي سـتايرين. اطروحـة دكتوراه، جامعة الموصل، كلية العلوم، قسم الكيمياء.

حسن، أ.ط.، 2005. تحوير المواصفات الريولوجية للاسفلت بالمعالجة مع الشـمع البـارافيني. رسـالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية العلوم، قسم الكيمياء.

سليم، م.خ.، 2000. تحوير المواصفات الريولوجية للاسفلت بالمعالجة مع الكلـور. رسـالة ماجسـتير، جامعة الموصل، كلية العلوم، قسم الكيمياء.

العكيدي، ش.س.، 2002. تحوير المواصفات الريولوجية للاسفلت بالمعالجة مع الكلور ودراسة إمكانيـة إنتاج أصناف جديدة من المادة الاسفلتية المكلورة. رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية العلوم، قسم الكيمياء.

القحطاني، أ.ع.، 2002. تحوير المواصفات الريولوجية للاسفلت –تأثير المعالجات الكيميائية على الثبوتية الثرموداينامية. رسالة ماجستير، جامعة الموصل، كلية العلوم، قسم الكيمياء.

المصادر الأجنبية

Abdul-Quddus, M., 1992. Catalysis oxidation of asphalt, Ph.D. Thesis Department of Applied Chemistry, University of Karachi.

AL-Dobouni, I.A., Lubna, A. Salih and Niam M.AL. Layla, 2006. Effect of Asphalt Oxidaition onthe Stability of Asphalt-Sulfur Blends. Accepted for publication J. Pet. Sci., Technology.

AL-Farkh, Y. and Abu Shihada A., 1981. Production of bitumen grades, Brit.uk pat. APPL.G B2,068,406 Chem. Abs., (1982), 96, 126085g.

ASTM Standards, Annual Book of American Society for Testing and Material, Part II, (D36-70), P27-30, (D5-71)P10-14, (D113-69) pp.91-92, D-1298.

Dah-Yinn, Lee, 1975. Modification of Asphalt and Asphalt paving mixture by sulfur additives, 14, 171, Chem. Abst., (1975), Vol. 83, 136393b.

Fromm, H.J., Bean, D.C. and Miller, 1981. Sulphur-Asphalt pavements performance and recycling, Asphalt paving Tech., Vol. 50, 98p.

Garrigues, G and Vincent, P., 1974. Sulphur-asphalt binders for road consfruction. Los Angeles, The American Chem. Soc. Meeting.

Glanrille, W.H., 1962. Bituminous material in rood construction, London, Hermajest's Stationery Office, 266p.

Glozman, E.P. and Akhmetora, 1970. Change in the quantity and quality of bitumen components depending on the process and extent of oxidation, R.S. Nauch. Issled. Inst. No. 46, pp.101-106, (Russ).

Kennepohl, G.J.A., Logan A. and Bean, D.C., 1975. Conventional paving mixes with sulfur-asphalt binders.Proceeding of the AAPP, 44, pp.485-518.

Pencher, V.I. Andreev, N. and Kotser., 1962, Changer in properties and composition of bitumens during oxidation, Bulgar Akad. Nouk (Bulgarion).

Quarles, V.J., 1965. Sulfur and bitumen, Brennstoff Chem., 46, 1; Chem. Abs., (1965), 62,11586a.

Rabek, Jan, F., 1980, Experimental Methods in Polymer Chemistry, by John Wiley and Sons Ltd.

Samarai, M.A., 1978. Sulfur as partial substitute in pavement used under hot weather conditions, International conference on sulfur in construction, Canada center for mineral and Energy technology and sulfur development institute, Canada.

Speight, James G., 1992. Asphalt, Encyclopedia of Chemical Technology , John Wiely and Sons,290-305p.