Journal of Education and Science (ISSN 1812-125X), Vol: 30, No: 4, 2021 (125-140)

Study of The Effect of Adding a Blend of Engineering Polymers on the Rheological Modifications of Sulfurated Asphalt

Mahmoud Fadel Abass[1*], Ammar Ahmed Hamdoon[2]

[1*]Ministry of Education/ Nineveh, Education Directorate, Mosul, Iraq
[2]Department of Chemistry, College of Education for Pure Science, University of Mosul, Mosul, Iraq

E-mail: [1*]Mahmoud.esp106@student.uomosul.edu.iq, [2]ammarhamdoon@uomosul.edu.iq

(Received April 15, 2021; Accepted June 23, 2021; Available online September 01, 2021)

DOI: 10.33899/edusj.2021.129947.1157, © 2021, College of Education for Pure Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Abstract

In this study, a mixture of two polymers consisting of commercial adhesive [ethylene vinyl acetate (EVA)] and melamine (M) Which were used in this study.

Different weights of both polymers were used with total weights equal for (1 g). The asphalt was treated with the above mixture in the presence of 1% by weight of sulfur at (180 ° C) for one hour.

The rheological properties of the modified samples and original one were measured, which included measuring the ductility , penetration, and softining point as well as calculating the penetration index and percentage of the separated asphaltens .

After that, the best samples obtained from the above modification process were taken, and several interactions were performed on it in order to determine each of :

The optimum conditions for the conversion process have been established and include the percentage of added sulfur and the temperature the best time, the best weights of the mixture, and the best addition sequence.

After that, the best sample obtained from this study was taken and the marshals test with chemical immersion was performed, as well as the effect of aging on this sample was studied.

The study gave good results in the field of asphalt resistance to the deformation processes which were carried out on it.

Keyword: Polymeric mixtures , Rheological Properties , Asphalt, Sulfur

دراسة تأثير اضافة مزيج من البوليمرات الهندسية على التحويرات الريولوجية للإسفلت المكبرت

محمود فاضل عباس[1*]، عامر احمد حمدون[2]

[1*]مديرية تربية نينوى، وزارة التربية، موصل، العراق

[2]قسم الكيمياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

الخلاصة
استخدم في هذه الدراسة مزيج مكون من بوليمرين مصنعين هما اللاصق التجاري المُكون بصورة رئيسة من الاثيلين فينايل استيت (EVA)] و الميلامين (M).
و استخدام اوزان مختلفة من كلا البوليمرين بمجموع اوزان كلي يساوي (1 غرام) , و عومل الاسفلت مع المزيج اعلاه بوجود 1% وزن من الكبريت عند(180°م) ولمدة ساعة واحدة.
وقيست الخواص الريولوجيه للنماذج المحورة التي اشتملت على قياس كل من الاستطالة و النفاذية و درجة الليونة فضلا عن حساب معامل دليل الاختراق والنسبة المئوية للاسفلتين المفصول.
بعد ذلك أخذ أفضل نموذج حصلنا عليه من عملية التحوير اعلاه
وتم تثبيت الظروف المثلى لعملية التحوير وتشمل نسبة الكبريت المضاف ودرجة الحرارة
وافضل زمن وافضل اوزان من المزيج وافضل تسلسل اضافة.
بعد ذلك أخذت أفضل نموذج تم الحصول عليه من هذه الدراسة واجري عليه فحص المارشال والغمر الكيميائي فضلا عن دراسة اثر التقادم على هذا النموذج.
واعطت الدراسة نتائج جيدة في مجال مقاومة الإسفلت لعمليات التشويه التي أجريت عليه.

الكلمات المفتاحية : المزائج البوليمرية , الخواص الريولوجية , إسفلت , كبريت

المقدمة :

يعرف الإسفلت على انه مادة سائلة ثقيلة او شبه صلبة ذات لزوجة عالية ويتم الحصول عليه من عملية التقطير المباشر للنفط الخام[2,1].
يتواجد الإسفلت بألوان مختلفة منها الاسود أوالبني الغامق ويمتاز بأوزان جزيئية عالية عند مقارنته مع الاجزاء الاخرى من النفط الخام وبكثافته العالية التي تتراوح ما بين (1.0-1.1غم/سم^3),وعند تسخينه يعطي رائحة قوية بسبب وجود عناصر هجينة [4,3].

كما يمكن إعطاء الإسفلت تعريف آخر بأنه تلك المادة البتيومينية الثقيلة التي تبقى بعد ازالة المشتقات النفطية الخفيفة القابلة للتطاير والتقطير[5].

يتكون الإسفلت بصورة رئيسة من مركبات هايدروكاربونات (بارفينية ونفثينية و اروماتية) كما يحتوي على العديد من المركبات الحلقية وغير الحلقية التي تحوي على الاوكسجين والكبريت والنتروجين فضلاً عن إحتوائه على نسب قليلة من عناصر الحديد والنيكل والفناديوم حيث تؤثر هذه المعادن والمركبات التي تحوي على الاوكسجين والكبريت والنتروجين على الصفات الفيزيائية للإسفلت اذ تعمل الذرات غير المتجانسة القطبية على زيادة التداخل بين الجزيئات وبذالك تؤثر على الذوبانية واللزوجة ودرجة الغليان[7,6] .

يمتاز الإسفلت بخموله الكيميائي والمتوافق مع خواصه الفيزيائية وهو الأمر الذي يجعل منه مؤهل لاستعمالات واسعة في البناء والصناعة منذُ القدِم إذ ان الطبيعة الفيزيائية له هي التي تحدد طبيعة الاستعمال [8].

ونتيجةً لتوفر الإسفلت وطبيعته الفيزيائية وتنوع مصادره واستعمالاته الواسعة لذا اجريت عليه الكثير من الدراسات لتحسين خواصه الريولوجية مثل الاستطالة والليونة والنفاذية باستخدام المضافات(التحوير الكيميائي) بطرق وأساليب متنوعة وبالرجوع الى الأدبيات نرى العديد من الدراسات في هذا المجال ومنها:-

ما قام به(Cunha)[9] وجماعته بدراسة الخواص الريولوجية للإسفلت المحور بالألياف الطبيعية ومضادات الأكسدة حيث تؤدي اضافة هذه المُعدِلات الى تغيير كبير في الصفات الفيزيائية ,حيث لوحظ زيادة في اللزوجة واستقرار حراري وخلط جيد مع الإسفلت الإسمنتي مقارنةً مع إسفلت معدل ببوليمرات اخرى .

وتمكنت (Adil)[10] من استخدام بوليمرات مستهلكة مثل البولي (اثيلين - تيرفثاليت) المأخوذة من قناني المياه البلاستيكية في تحوير المواصفات الريولوجية للإسفلت حيث تم استخدام نسب مختلفة من البوليمر وكان أفضلها (8%) من وزن المزيج الإسفلتي وتم اختبار المارشال ووجد ان هذه المزائج تعطي اقصى حد من الاستقرار والصلابة وفراغات مليئة بالإسفلت عند استخدام هذا النوع من التحوير .

ودرس كل من (Gau & Wu)[11] امكانية إضافة نوع خاص من الالياف (Basalt) الى صفوف الخرسانة الاسفلتية وقد تم قياس الترابط بين الالياف والإسفلت باستخدام المجهر الالكتروني حيث لوحظ وجود قوة ترابط قوية بين الاثنين مما يدل على حدوث تجانس في الخليط والذي أنعكس ايجابية على صفات الإسفلت الريولوجية .

و قام (Peres)[12]وجماعته بدراسة تأثير اضافة اللكنين كبوليمر طبيعي واللكنين المستخلص من النفايات الصناعية على بعض الخواص الريولوجية للإسفلت واظهرت هذه الدراسة ان المزائج المحورة لها القابلية على مقاومة الزحف والتشوه الناتج من التعرض للحرارة العالية .

واستطاعت (Fournier)[13]وجماعتها من استخدام نفايات الهدم والبناء (CDW) للحصول على ركام خشن معاد يصلح في تصنيع مزيج الاسفلت الساخن (HMA) مما يجعل هذا المزيج ذو مردود اقتصادي بسبب تقليل الحصول على الركام من المصادر الطبيعية وكذلك المحافظة على بيئة صحية ونظيفة.

ودرس (Ahmed & Hamdoon)[14] استخدام اللكنين في التحوير الريولوجي لإسفلت الدورة وبمسارات مختلفين الاول باستخدام الكبريت والثاني بوجود حفاز(كلوريد الألمنيوم اللامائي) فضلاً عن استخدام اللكنين مع الإسفلت دون اي إضافات اخرى . اظهرت الدراسة انتاج نماذج إسفلتية ذات مواصفات مختلفة عن الإسفلت الاصل يمكن استعمالها في مجال التبليط.

فضلاً عن ذلك فقد تمكن الباحثان (Ahmed & Hamdoon)[15] من دراسة الخواص الريولوجية للإسفلت المحور باللاصق التجاري المكون بصورة رئيسية من [(EVA) أثيلين-فينايل اسيتيت] وعملية الأكسدة الهوائية وبوجود كلوريد الالمنيوم اللامائي كحفاز وبمسارين مختلفين . الاول تم باستخدام ظروف الاكسدة المثلى أما المسار الثاني تم استخدام التلوين كمذيب للاصق التجاري (EVA) . اظهرت النتائج الحصول على بعض النماذج بمواصفات تؤهلها للاستخدام في مجالات مختلفة كموانع للرطوبة واعمال التسطيح فضلاً عن الاستعمال الأهم الاوهو التبليط.

كما درس (Joohari & Giustozzi)[16] تأثير إضافة (VA) (خلات الفنيل) على البيتومين المُعدل ب (SBS) و(EVA) [ستايرين– بيوتاداين– ستايرين و أثيلين – فينايل – اسيتيت] على التوالي إذ لوحظ عند إضافة نسبة عالية من (VA) على الإسفلت المعدل يجعل خواصه مشابهة لخواص المطاط المرن أما عند إضافة نسبة قليلة من (VA) فان صفات الإسفلت المعدل تكون مشابهة لصفات البلاستيك الصلب إذ خُلصت الدراسة ومن خلال نتائج التحليل الحراري ان الزيادة من (VA) تعيق تبلور البوليمر داخل البيتومين .

وقام كل من (Mashaan & Nikraz)[17] بدراسة الخواص الهندسية للمادة الرابطة الإسفلتية المعدلة بالنفايات المحلية من مادة البولي اثيلين البلاستيكية من فئة تيرفثاليت (PET) وهو نوع شائع يستخدم لسطوح الطرق المحلية في استراليا . تم عمل العديد من الاختبارات من خلال القص الديناميكي وفرن الأغشية الرقيقة واختبارات قياس التقادم للإسفلت المعدل , وقد تبين من خلال الدراسة ان افضل نسبة للبوليمر المعاد تكون من (6-8%) من وزن المزيج والتي يمكن ان تعمل على تحسين خصائص خليط الرصف الخرساني .

كما تمكن كل من (Pakenari & Hamedi)[18] من دراسة بعض الخصائص الريولوجية لمزيج أسفلتي دافئ مُعاد (WAM) إذ أظهرت النتائج ان زيادة وقت وضع المزيج في الفرن أدى الى زيادة مُعامل الصلابة مما قلل من عمر الإجهاد وزاد التلاصق بين المواد الرابط الإسفلتية والركام .

ودرس (Hamedi & Joubani)[19] تأثير الإسفلت المُعدل بالبوليمر (SBR) مطاط ستايرين - بيوتاداين على تحسين قابلية الرطوبة لمخاليط الإسفلت . تم عمل اختبارات التحميل المتكرر في الظروف الرطبة والجافة جنباً الى جنب , بينت الدراسة ان وجود هذا البوليمر في الخليط قد احدث تغيير ايجابي فقد عمل على زيادة قوة الخليط ضد أضرار الرطوبة.

ان عملية الحصول على نماذج أسفلتيه جيدة بحيث يمكن ان تستخدم لأغراض مختلفة ليست بالعملية السهلة سيما ان استخدام الأسفلت للأغراض المختلفة يختلف من مكان الى أخر باختلاف الأجواء والعوامل الجوية لذلك المكان .

تم التركيز في دراستنا هذه على محاولة ايجاد مزيج من بوليمر صناعي (EVA) مع بوليمر صناعي أخر وهو (الميلامين المُعاد) لغرض تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت . إن سبب استخدام الميلامين مع اللاصق هو ان معظم الدراسات السابقة التي استخدم فيها الميلامين افضت الى ان :

استخدام الميلامين في التحوير الريولوجي لا يتعدى عن كونه مادة مالئة. لذلك ومن هذا المنطلق تم استخدام هذا المزيج في محاولة الحصول على مزيج مكون من مادتين احدهما تعمل على اعطاء النموذج الاسفلتي المرونة والاستطالة المطلوبة ألا وهي ال (EVA) , وأخرى تعمل على زيادة صلابة النموذج الاسفلتي والمتمثلة في الميلامين .

الجزء العملي

اولاً : المواد المستخدمة

1- الإسفلت

تم الحصول عليه من وزارة النفط العراقية (مصافي شركة نفط الشمال)

2- الهكسان

تم الحصول عليه من شركة Fluka

3- الكبريت

تم الحصول عليه من شركة Judex Chernicals البريطانية

4- لاصق تجاري جُل تركيبه من الأثيلين- فينايل اسيتيت (EVA)[20]

تم الحصول عليها من الاسواق المحلية

5- ميلامين

تم الحصول عليها من بقايا المواد المصنعة منها

ثانياً : الأجهزة المستخدمة

1- جهاز قياس الليونة
2- جهاز قياس الاستطالة وهو من نوع (YUFENG) ذو منشأ صيني
3- جهاز قياس النفاذية وهو من نوع (YUFENG) ومن منشأ صيني
4- جهاز المارشال وهو من نوع (WYKEHAM FARRANCE) ذو منشأ إنكليزي
5- فرن التقادم وهو من نوع MENC1321 من منشأ إنكليزي

ثالثاً : الطرائق العملية

1- المعاملة الحرارية للميلامين

عوملت بقايا الميلامين عند مدى حراري يتراوح بين (50-300°م) وبزمن ساعة واحدة عند كل درجة حرارية وبزيادة (50°م) لكل قراءة.

2- التحوير الريولوجي للإسفلت

عومل الإسفلت مع مزيج من (EVA : ميلامين) بحيث يكون الوزن النهائي للمزيج (1غم) بوجود 1% وزناً من الكبريت لمدة ساعة واحدة عند 180°م .

3- قياس الخواص الريولوجية

تم قياس الخواص الريولوجية لكل من الإسفلت الاصل والنماذج الناتجة من الخطوة (2) والتي شمل قياس كل من الاستطالة[21] والليونة[22] والنفاذية[23] وحساب النسبة المئوية للإسفلتين المفصول[24] فضلاً عن حساب دليل الاختراق[25] . بعد تحديد الظروف المثلى تم قياس فحص المارشال[26] والغمر الكيميائي[27] والتقادم [28] لأفضل نموذج تم الحصول عليه

4- تحديد الظروف المُثلى للتحوير الريولوجي

أخذ أفضل النماذج التي تم الحصول عليها من الخطوة (2) وأجريت عليها تفاعلات عدة لتحديد كل من:

- أفضل نسبة مستخدمة من الكبريت
- زمن التفاعل الأمثل
- درجة الحرارة المُثلى
- أفضل نسبة وزنية يمكن استخدامها من المزيج
- تسلسل الإضافة الأمثل

النتائج والمناقشة :

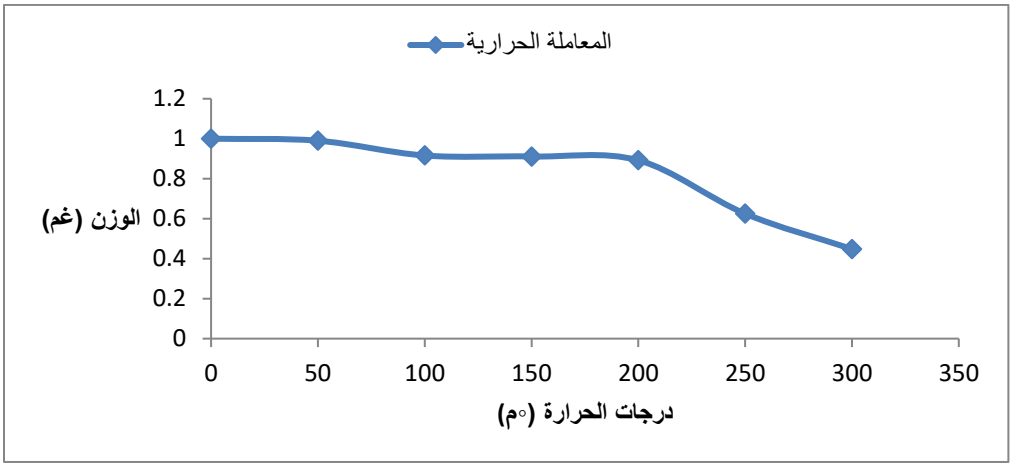
يعد امر الحصول على إسفلت ذا خواص ريولوجية ممتازة تتلائم مع الغايات التي تستخدم من اجلها أمر بالغ الأهمية . من دراستنا هذه تم استخدام مزيج من بوليمرين أحدهما يعطي نتائج جيدة في مجال التحوير الريولوجي الا وهو ال (EVA)[29] والميلامين الذي لا يتعدى استخدامه الريولوجي عن كونه مادة مالئة [30]. لذلك حاولنا من خلال هذه الدراسة إيجاد توليفة ملائمة للتحوير الريولوجي مُكوّنة من كلا البوليمرين .

تم معاملة الميلامين حرارياً عند مدى حراري يتراوح بين (50 - 300°م) لغرض الحصول على أفضل درجة حرارية يمكن من خلالها معاملة الميلامين حرارياً لغرض الحصول على وزن جزيئي اوطأ (سحقاً حرارياً) والجدول (1) والشكل (1) يوضحان النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (1) يوضح نتائج المعاملة الحرارية للميلامين

الوزن (غم)	درجة الحرارة (°م)
1	0
0.99	50
0.916	100

150	0.911
200	0.892
250	0.625
300	0.448



الشكل (1) المعاملة الحرارية للميلامين

يتضح من الشكل (1) والجدول (1) أن أفضل درجة حرارية لمعاملة الميلامين كانت (200)°م (ليتم بعد ذلك طحنه وتحويله الى مسحوق)

عومل إسفلت الأصل مع مزيج كلا البوليمرين بأوزان مختلفة عند 180°م وبوجود 1% وزناً كبريت ولمدة ساعة واحدة والجدول (2) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (2) : الخواص الريولوجية للإسفلت المعامل مع مزائج مختلفة من (M, EVA) بوجود 1% وزناً كبريت عند 180°م لمدة ساعة واحدة

الانموذج	المُضافات M | EVA		الاستطالة (٥م25,cm)	درجة الليونة (٥م)	النفاذية (100غم,5ثا,25٥م)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_1	0.9	0.1	150<	53.5	42.73	-0.718	24
AS_2	0.8	0.2	150<	55	42.75	-0.387	23.2
AS_3	0.7	0.3	150<	53	42.71	-1.060	23.5
AS_4	0.6	0.4	150<	54	42.70	-0.612	23.4
AS_5	0.5	0.5	150<	54.2	42.85	-0.555	23.8
AS_6	0.4	0.6	150<	53.4	42.98	-0.726	22.9
AS_7	0.3	0.7	150<	52.5	42.11	-0.927	22.1
AS_8	0.2	0.8	150<	49	43.09	-1.766	21.9
AS_9	0.1	0.9	150<	48	43.55	-1.2	21.3

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

M : الميلامين

EVA : اثيلين فينايل اسيتيت

تم استخدام المزيج بمجموع كلي يساوي (1)غرام عند 180٥م ولزمن ثابت هو ساعة واحدة وبوجود 1% وزناً من الكبريت .

يتضح من الجدول اعلاه ان قيم الاستطالة باستخدام المزائج بزيادة من ال(EVA) او زيادة من ال(M) كانت ممتازة لجميع النماذج فضلاً عن قيم درجة ليونة ونفاذية تقع ضمن المواصفات القياسية للأنواع المختلفة من الإسفلت والموضحة في الجدول (16-18). ونلحظ من الجدول كذلك ان قيم الإسفلتين لم تتأثر بصورة كبيرة باختلاف وزن ال(EVA) او (M) في المزيج حيث ان النسبة المفصولة تتراوح بين (21.3 – 24) اي بزيادة تراوحت بين (4.5 – 7.2) عن الإسفلت الاصل. ان وجود الكبريت الذي يعمل على زيادة ليونة النماذج الاسفلتية من خلال الارتباطات التي يحدثها [31] . يتحول الكبريت عن المدى الحراري المستخدم في التحوير بدرجة حرارة اكبر من(160٥م) الى جذور حرة[32] وبالتالي سهولة دخوله الى سلسلة التفاعلات التي تحدث في هذا الوسط المعقد.

يعطي ال(EVA) المزيد من المرونة للنماذج الإسفلتية في حين يعمل ال(M) على اعطاء النماذج الإسفلتية الصلابة المطلوبة بوصفه مادة مالئة.

ولغرض معرفة تأثير درجة حرارة التفاعل على الخواص الريولوجية أخذ النموذج **AS_1** (الذي يحوي على 0.9غم من EVA) والنموذج **AS_9** (الذي يحوي على 0.9غم من ال M). والنتائج التي تم الحصول عليها موضحة في الجدولين (3 و 4).

الجدول (3) : الخواص الريولوجية للنموذج (AS_1) عند درجات حرارية مختلفة بوجود 1% وزناً من الكبريت وزمن ساعة واحدة

الأنموذج	درجة الحرارة (٥م)	الاستطالة (٥م25,cm)	درجة الليونة (٥م)	النفاذية (100غم,5ثا,25٥م)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_1	120	125	56.8	41.65	-0.059	29.4
AS_1	150	150<	52.5	42.88	-1.001	25.3
AS_1	180	150<	53.5	42.33	-0.718	24
AS_1	200	113	54.2	41.98	-0.6	32

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

الجدول (4) : الخواص الريولوجية للنموذج (AS_9) عند درجات حرارية مختلفة بوجود 1% وزناً من الكبريت وزمن ساعة واحدة

الأنموذج	درجة الحرارة (م°)	الاستطالة (25,cmم°)	درجة الليونة (م°)	النفاذية (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_9	120	150<	53.5	42.71	-0.719	29.5
AS_9	150	150<	52	43.1	-1.45	23
AS_9	180	150<	48	43.55	-1.2	21.3
AS_9	200	150<	51	43.45	-1.261	22.8

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

يتضح من الجدولين ان درجة الحرارة التي تم استخدامها كدرجة حرارة افتراضية للتفاعل كانت بالفعل درجة الحرارة المُثلى التي من خلالها تم الحصول على أفضل خواص ريولوجية للإسفلت المحور واقل نسبة للاسفلتين.

ولغرض معرفة افضل نسبة مئوية وزنية يمكن استخدامها من الكبريت تم اخذ كلا النموذجين **AS_1** و **AS_9** وأضيف اليها نسب مختلفة من الكبريت عند 180م ولمدة ساعة واحدة والجدولين (5 و 6) يوضحان النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (5) : الخواص الريولوجية للنموذج AS_1 باستخدام نسب وزنية مختلفة من الكبريت عند 180م وزمن ساعة واحدة

الأنموذج	نسبة الكبريت (%)	الاستطالة (25,cmم°)	درجة الليونة (م°)	النفاذية (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_1	0.25	110	54	42.50	-0.617	31
AS_1	0.5	124	55.5	42.88	-0.27	29.2
AS_1	1	150<	53.5	42.73	-0.718	24
AS_1	2	137	55.8	42.60	-0.22	26.4

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

الجدول (6) : الخواص الريولوجية للنموذج AS_9 باستخدام نسب وزنية مختلفة من الكبريت عند 180م وزمن ساعة واحدة

الأنموذج	نسبة الكبريت (%)	الاستطالة (25,cmم°)	درجة الليونة (م°)	النفاذية (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_{22}	0.25	150<	52	43.61	-1.02	22.1
AS_{23}	0.5	150<	51.2	43.57	-1.121	21.2
AS_{24}	1	150<	48	43.55	-1.2	21.3
AS_{25}	2	150<	50.5	43.56	-1.38	20.9

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

يتضح كذلك من كلا الجدولين ان نسبة 1% وزناً من الكبريت كانت هي النسبة الأمثل لإجراء أفضل تحوير ريولوجي.

فضلاً عن ذلك حدد زمن التفاعل الأمثل لكلا النموذجين الذين تم اختبارهما بوصفهما أفضل النماذج التي تم الحصول عليها (**AS_1** و **AS_9**) والجدولين (7 و 8) يوضحان النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (7) : الخواص الريولوجية للنموذج AS_1 عند أزمان مختلفة بوجود 1% وزناً من الكبريت عند 180◦م

الأنموذج	الزمن (دقيقة)	الاستطالة (25,cm◦م)	درجة الليونة (◦م)	النفاذية (100غم,5ثا,25◦م)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_1	30	150<	50.5	43.09	-1.4	22.9
AS_1	60	150<	53.5	42.73	-0.718	24
AS_1	90	136.5	55	41.98	-0.425	28.3
AS_1	120	118.3	57.5	41.54	+0.08	30.2

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

الجدول (8) : الخواص الريولوجية للنموذج AS_9 عند أزمان مختلفة بوجود 1% وزناً من الكبريت عند 180◦م

الأنموذج	الزمن (دقيقة)	الاستطالة (25,cm◦م)	درجة الليونة (◦م)	النفاذية (100غم,5ثا,25◦م)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_9	30	150<	48.5	44	-1.852	20.8
AS_9	60	150<	48	43.55	-1.2	21.3
AS_9	90	150<	50	43.32	-1.521	22.7
AS_9	120	148	50.2	43.12	-1.471	23

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

يتضح من الجدولين ان الزمن الذي تم اختياره في بداية التفاعل (60 دقيقة) كان بالفعل الزمن الأمثل لإجراء التحويرات الريولوجية .

ولغرض اكمال جوانب البحث بصورة كاملة تم أخذ النموذج **AS_1** و **AS_9** وأضيفا الى وسط التفاعل بنسب وزنية مختلفة والجداول (9 و 10) توضح النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (9) : الخواص الريولوجية للإسفلت المعامل مع نسب مختلفة من مزيج (M: EVA) (0.9:0.1) بوجود 1% وزناً من الكبريت عند 180◦م وزمن ساعة واحدة

الأنموذج	النسبة المئوية الوزنية	الاستطالة (25,cm◦م)	درجة الليونة (◦م)	النفاذية (100غم,ثا,25◦م)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_{10}	0.5	118.5	55.2	41.98	-0.382	30
AS_{11}	0.75	124	54	42.35	-0.625	26.5
AS_{12}	1	150<	53.5	42.73	-0.718	24
AS_{13}	2	150<	49	43.49	-1.75	22.5
AS_{14}	3	117	55	41.94	-0.427	31.2

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

الجدول (10) : الخواص الريولوجية للإسفلت المعامل مع نسب مختلفة من مزيج (0.1:0.9) (M: EVA) بوجود 1% وزناً من الكبريت عند 180◦م وزمن ساعة واحدة

الأنموذج	النسبة المئوية الوزنية	الاستطالة (25,cm◦م)	درجة الليونة (◦م)	النفاذية (100غم,5ثا,25◦م)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_{15}	0.5	117.2	54.8	41.88	-0.475	31
AS_{16}	0.75	150<	47.8	43.59	-1.793	20.9
AS_{17}	1	150<	48	43.55	-1.2	21.3
AS_{18}	2	150<	49	43.52	-1.75	23.1
AS_{19}	3	145	53.8	42.98	-0.64	25.8

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

يتضح من كلا الجدولين ان استخدام هذا المزيج وبأي نسبة وزنية اعطى خواص ريولوجية ممتازة ومطابقة للنماذج القياسية المُوضحة في الجداول (16-18).

ولغرض اكمال ضبط جميع الظروف الخاصة بتفاعل التحوير الريولوجي تم تحديد افضل مسار للإضافة بالإمكان استخدامه للحصول على أفضل خواص ريولوجية والجدولين (11 و12) يوضحان النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (11) : تأثير تسلسل الاضافة لمزيج (0.9غم : 0.1غم) (EVA: M) على الخواص الريولوجية للإسفلت بوجود 1% وزناً من الكبريت عند 180◦م وزمن ساعة واحدة

الأنموذج	تسلسل الاضافة	الاستطالة (25,cm◦م)	درجة الليونة (◦م)	النفاذية (100غم,5ثا,25◦م)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_{20}	جميع المضافات اول نصف ساعة	150<	53.5	42.73	-0.718	24
AS_{21}	M اول نصف ساعة وEVA اخر نصف ساعة	127	54	42.32	-0.625	29.2
AS_{22}	EVA اول نصف ساعة وM اخر نصف ساعة	80	61	41.05	+0.745	32

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

الجدول (12) : يوضح تسلسل الاضافة لمزيج (0.1غم : 0.9غم) (EVA: M) على الخواص الريولوجية للإسفلت بوجود 1% وزناً من الكبريت عند 180◦م وزمن قدره ساعة واحدة

الأنموذج	تسلسل الاضافة	الاستطالة (25,cm°م)	درجة الليونة (م°)	النفاذية (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق(PI)	الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	46.7	-1.349	16.8
AS_{23}	جميع المضافات اول نصف ساعة	150<	48	43.55	-1.2	21.3
AS_{24}	M اول نصف ساعة وEVA اخر نصف ساعة	150<	51.2	43.46	-1.213	23.2
AS_{25}	EVA اول نصف ساعة وM اخر نصف ساعة	150<	49	43.52	-1.761	22.1

AS_0 : الإسفلت الاصل دون اي مُضافات

الخواص الريولوجية , اما الجدول (12) يتضح من الجدول (11) ان استخدام الميلامين في بداية التفاعل كان الافضل من ناحية تحسين فان جميع تسلسلات الاضافة كانت جيدة واعطت خواص ريولوجية ممتازة.

ولغرض معرفة امكانية استخدام النموذج المحور في عملية التبليط تم أخذ النموذج (AS_5) وأجري عليه اختبار المارشال والغمر الكيميائي والجدولين (13 و 14) يوضحان النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (13) : يوضح قيم الاستقرارية والزحف للإسفلت الاصل والمُحور (AS_5) ومواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية

الأنموذج	النسبة المئوية للإسفلت المضاف الى الركام	الإستقرارية (KN)	الزحف (MM)	MQ
AS_0	4.75	11.2	5.1	2.21
AS_5	4.75	18.67	2.92	6.39
$AS_{(S.C.R.B)}$	-----	7	2-4	3.5

AS_0 إسفلت الاصل دون اي مُضافات

$AS_{(S.C.R.B)}$ مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية[38])

الجدول (14) : يوضح قيم الانسلاخ (الانفصال) للإسفلت الاصل والمُحور(AS_5)

الأنموذج	نسبة Na2CO3	R&W No.	R&W No. للإسفلت الاصل	R&W No. للإسفلت المُحور
------	0.025	1	------	------
------	0.041	2	------	------
AS_0	0.082	3	3	------
------	0.164	4	------	------
AS_5	0.328	5	------	5
------	0.656	6	------	------
------	1.312	7	------	------
------	2.624	8	------	------

AS_0 إسفلت الاصل دون اي مُضافات

يتضح من كلا الجدولين ان النموذج المحور كان أفضل بكل المقاييس من الإسفلت الاصل كما ان النموذج المحور كان ذا مواصفات افضل من المواصفات القياسية المسموح بها.

وكما نعلم ان اختبار مارشال يُبين مدى ملاءمة النماذج الإسفلتية للتبليط وذلك عن طريق تسليط ضغط على النماذج المراد اختبارها وعندما تبدأ بالتشوه يتم قياس كل من الإستقرارية والزحف في نفس الوقت من خلال قراءات معينة في جهاز القياس .تعرف الإستقرارية على انها قابلية النموذج الإسفلتي على مقاومة التشوه الذي ينتج عن طريق تعرض الطُرق لأحمال متكررة من خلال وسائط النقل , اما الزحف فيعرف على انه التشوه العمودي للنماذج الإسفلتية عند اقصى قيمة من الإسقرارية. اما قيمة (MQ) فتحسب عن طريق قسمة قيمة الإستقرارية على قيمة الزحف[33]. في حين ان اختبار الغمر الكيميائي يعطي فكرة عن مدى مقاومة النماذج الإسفلتية لدرجات الحرارة العالية والامطار الحامضية [34] . اما قيمة Riedel and Weber number (R&M) فإنها تُشير الى كميات كاربونات الصوديوم حيث ان الرقم (1) يُشير الى أقل كمية من كاربونات الصوديوم (0.025 غم) , والرقم (8) يُشير الى أعلى كمية من كاربونات الصوديوم (2.624غم)[35] .

ولغرض معرفة مدى مقاومة النموذج الإسفلتي المُحور والاصلي لعامل التقادم وتأثره بالعوامل الجوية المختلفة تم دراسة تأثير التقادم على كلا النموذجين والجدول (15) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (15) : الخواص الريولوجية لإسفلت الاصل والإسفلت المُحور بالميلامين قبل وبعد الاخضاع لفحص الفرن للأغشية الرقيقة (TFOT)

الانموذج	الخواص الريولوجية	قبل فحص الفرن	بعد فحص الفرن
AS0	الاستطالة (25,cm°م)	150<	150<
	درجة الليونة (م°)	50	53
	النفاذية (100غم,5ثا,25م°)	46.7	43.5
	دليل الاختراق(PI)	-1.349	-0.793
	النسبة المئوية للفقدان بالوزن	------	0.05
AS5	الاستطالة (25,cm°م)	150<	150<
	درجة الليونة (م°)	54.2	56
	النفاذية (100غم,5ثا,25م°)	42.85	42.25
	دليل الاختراق(PI)	-0.555	-0.199
	النسبة المئوية للفقدان بالوزن	------	0.014

نلاحظ من الجدول (15) ان درجة تأثر النموذج الإسفلتي المُحور بالتقادم الزمني (زمن ودرجة حرارة) تكون قليلة وضمن الحدود المسموح بها , إذ يعد ذلك امراً ايجابياً وبذلك يُصبح النموذج المُحور ذا عمر تشغيلي طويل وذا مقاومة كبيرة للتشققات والإجهاد .

اما فيما يخص دليل الاختراق (PI) فانه العلاقة التي تربط ما بين درجة النفاذية للنموذج الإسفلتي مع درجة ليونته عند (25°م) , ومن خلال قيمة (PI) يُمكننا معرفة مدى حساسية النموذج الإسفلتي تجاه درجات الحرارة . ويمكن حساب قيمة (PI) من خلال المعادلة الرياضية التالية [36]

$$\frac{20-PI}{10+PI} = 50\left(\frac{log800-logpent}{T(RB)-T}\right)$$

PI : دليل الاختراق.

T(RB) : درجة الليونة للنموذج الإسفلتي.

T : درجة الحرارة التي يتم عندها قياس النفاذية وتساوي (25°م).

Pent : درجة النفاذية للنموذج الإسفلتي.

ان النماذج الإسفلتية ذات الموصفات الملائمة للاستخدام في مجال التبليط تمتلك قيم دليل اختراق (PI) تقع ما بين (+2 و -2) [36] .

ومن خلال ملاحظة النتائج التي تم الحصول عليها للنماذج المُحورة نجد ان بعضا منها يمكن استخدامه في مجال التبليط بعد إخضاعه للاختبارات الهندسية , في حين نماذج أخرى يمكن استخدامها في انتاج الماستك العازل للرطوبة ونماذج أخرى يمكن ان تستخدم في التسقيف والتسطيح وغيرها من الاستعمالات الأخرى كما هو موضح في الجداول (16و17و18).

الجدول (16) : المواصفات القياسية للإسفلت المستخدم للتبليط بحسب هيئة الطرق والجسور العراقية [S.C.B.R] [38]

الخواص الريولوجية	الحد الأعلى	الحد الأدنى
الاستطالة (25, cm°م)	100<	100

النفاذية (100غم , 5ثا ,25ºم)	50	40
درجة الليونة (ºم)	60	54

الجدول (17) : المواصفات القياسية العراقية للإسفلت المستعمل في التسطيح[39]

الخواص الريولوجية	الحد الأعلى	الحد الأدنى
الاستطالة (25ºم ,cm)	10<	10
النفاذية (100غم , 5ثا ,25ºم)	40	18
درجة الليونة (ºم)	66	57

الجدول (18) : المواصفات القياسية الأمريكية ASTM(D491 – 88) للإسفلت المستعمل في انتاج الماستك [40]

الخواص الريولوجية	الحد الأعلى	الحد الأدنى
الاستطالة (25ºم ,cm)	15<	15
النفاذية (100غم , 5ثا ,25ºم)	40	20
درجة الليونة (ºم)	65	54

الاستنتاجات

بعد الانتهاء من هذه الدراسة يتضح مايأتي :

1- عملية التحوير بالمزائج البوليمرية كانت عملية ناجحة في مجال الحصول على خواص ريولوجية جيدة .

2 - يعمل كل من الاصق التجاري الذي جُل تكوينه من ال (EVA) على اعطاء الليونة اللازمة للنموذج المُحور والميلامين يعطي الصلادة أو الصلابة الازمة .

3- يلعب الكبريت دوراً مهماً في عملية التحوير الريولوجي وهو ما اتضح جلياً في هذه الدراسة.

شكر وتقدير

في ختام هذا البحث لا يسعُنا الا ان نتقدم بجزيل الشكر والتقدير الى جامعة الموصل – كلية التربية للعلوم الصرفة – قسم الكيمياء على التسهيلات المُقدمة في سبيل اكماله بأفضل صورة.

المصادر

1. Al-Dabouni,A.A.,& Ali,H.,(1986) "Oil of Origin, Installation and Technology ".Mosul University, PP.10-13 ,63-73,65,69-70,166-174,232-236,292-294,298,301,621.
2. Parkash,S., "Petroleum Fuels Manufacturing Hand Book" , Mc Graw-Hill Companies, (2010), Inc. 102-131.
3. "Introduction to asphalt",(2001), Asphlat Institute Manual Saries No.(5),(MS-5),p.2,9-11,14,61.
4. Zhang, L. and Green field "Effects of Polymer Modifiction on Properties and Microstructure of Model asphalt Systems" , Energy & Fuels, Vol. 22, ,(2008) pp. 3363-3375 .

5. Ramadan,A.M., Al-Ghanam,Sh.A., and DhanounA.A.,(1991) "Industrial Chemistry and Industrial Pollution",The Book House for Printing and Publishing,University of Mosul PP.119,421,465-469,523-524.
6. Hubson, G.D.,(1973), "Modern Petrolem Technologe", Vol.4th ed., Ltd. Britain, pp. 804-806.
7. Schmerling, L.,(1982). "Encyclopedia of Science and Technology".Vol.10,5th ed., Mc Grw-Hill, Inc. New York ,pp-76.
8. Lesueur D., (2009), "the Colloidal Structure of Bitumen, Consequences on the Rheology and on the Mechanesms of Modification" , Advances in Colloid and Interrface Science, pp. 145, 28-42.
9. Cunha,T.N.F., Cardoso,G., and Frota,C.A.,(2017) "Rheological Properties of Asphalt Modified With Natural Fibers and Oxidants**"**.Journal of Multidisciplinary Science and Technology, Vol .4Issue10,ISSN:2458-9403.
10. Adil, A.,(2018) "Utilization of Waste Plastic Water Bottle as a Modifier For Asphalt Mixture Properties". Journal of Engineering and Development, Vol.20,No.2,ISSN: 1813-7822
11. Gao,C., Wu,W., (2018) "Using ESEM to Analyze the Microscopic Property of Basalt Fiber Reinforced Asphalt Concrete". International Journal of Pavement and Technology 374-380(In Chinese).
12. Peres, I.P.,Pasandin, A.M.R., and Pereira, P.A.A.,(2019) "Use of Lignin Biopolymer from Industrial Waste as Bitumen Extender for Asphalt Mixtures". Journal of Cleaner.
13. Fournier,M.F.,Alvarez,d.a. and Tenza-Abril,A.G.,(2020) "Combining Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) and Recycled Concrete Aggregate (RCA)from Cuba to Obtain a Coarse Aggregate
14. Ahmed,S.S.,Hamdoon,A.A.,(2020) "The Use of Lignin in the Rheological Modification of Dura Asphalt**"** Journal of Education and Science , Vol.29,No.4,pp.22-41,ISSN 1812-125X.
15. Ahmed,S.S.,Hamdoon,A.A.,(2020) **"**The Rheological Properties of Asphalt by Commercial Adhesive (Ethylene-Vinyl Acetate) and Air Blowing Process" Journal of Education and Science , Vol.29,No.3,pp.102-118,ISSN 1812-125X.
16. Joohari,I.B.,Giustozzi,F.,(2021) "Effect of Different Vinyl-Acetate Contents in Hybrid SBS-EVA modified Bitumen**"**Civil and Infrastructure Engineering, Royal of Technology (RMIT)University,376-392 Swanston St.Melbourne,VIC3000,Australia.
17. Mashaan,M.,Nikraz,H.,(2021) "Investigating the Engineering Properties of Asphalt Binder Modified with Waste Plastic Polymer"Article in Shams Engineering Journal ;DOI:10-1016/J.asej.035.
18. Pakenari,M.M.,Hamedi,H.,(2021) "Investigating the Effective Laboratory Parameters on the Stiffness Modulus and Fatigue Cracking of Warm Mix Asphalt" Article in International Journal of civil Engineering ; DOI:10.1007/S40999-020-00592-7.
19. Hamedi,H.,Joubani,A.,S.,(2021) "AnExperimental Investigation into the Effect of Asphalt Binder Modified with SBR Polymer on the Moisture Susceptibility of Asphalt Mixtures" Article in Periodica Polytechnica Civil Engineering;DOI:10.3311/PPci.16691.

20. Reyes-Labarta,J.A.,&Marcilla,A.,(2012). "Thermal Treatment and Degradation of Crosslinked Ethylene Vinyl Acetate Polyethylene-Azodicardonamide ZnO Foams. Complete Kinetic Modelling and Analysis" Industrial & Engineering Chemistry Research.51(28):9515-9530.
21. American Society for Testing and Materials, (D113-07),(2008).
22. American Society for Testing and Materials, (D36-95),(2000).
23. American Society for Testing and Materials, (D5/D5M-13),(2013).
24. Ali , L. H. , Al-Ghannam, K. A "Investigation in to Asphaltenes in Heavy Crude Oils" ,J.Fuel, Vol. 60, (1981) pp: 1043-1046.
25. American Society for Testing and Materials, (D1559-2004).Standard Specification, section 4,Vol., 04-03.
26. American Society for Testing and Materials, D1754-97R,Section 4, Vol . 04. 03, ,(2002) Road and Paving Materials Vehicle-Pavement Systems, New York, Ny.
27. Speight,T.G ,(2015) "Asphalt Materials Science and Technology" Butterworth-Heinemann., pp. 232-233.
28. ASTM D1754-97R "Standard test method for effect of heat and air on asphaltic materials (Thin Film Oven Test)",Section 4,Vol .04 .03, (2002), Road and paving materials-vehicle-pavement systems, New york, Ny.
29. Dekhli S., Mokhtar K.A., and Bachir D.S., (2015) "Rheological Behaviour of Ethylene-Vinyl acetate (EVA) Modifi Road Bitumen". Journal of Applied Sciences Vol. 15, No.(3),PP444-455.
30. Abd-Alaziz,A.N., (2004) "Study The Rroperties of Asphalt Modifeid By Polymers" Master Thesis University of Mosul College of Education for Pure Science.
31. Tang, N., Huang,W., Hu,J., and Xiao, F.,(2018) "Rheological Characterisation of Terminal Blend Rubberised Asphalt Binder Contaning Polymeric additive and Sulphur" . Road Materials and Pavement Design,19(6),1288-1300.
32. Kuriacose J. C., Rajarm J.,(1984), "Chemistry in Engineering and Technology". Vol.2, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi .
33. Zoorob, S.E. and Suparma, L.B., (2000), "Laboratory Design : an Investigation of the Properties of Continuously Graded Asphalt Concrete Containing Recycled Plastic Aggregate Replacement (Plastiphalt)" , Chem Cencr Compos ; 22:233-242.
34. Chemical Immersion Standard method TMH1 (Road Research Laboratory1986), England / Static Immersion ASTM (D1664).
35. Speight J.G.,(2015), "Asphalt Materials Science and Technology" Butterworth-Heinemann.PP.232-233.
36. Al-Frekh and Abu Shihada A., (1981), "Production of Bitumen Grades", Brit, UK Pat. Appl GB2,280, 406, Chem. Abs.(1982), Vol.96,126085g.
37. Hubson, G.D.,(1975), "Modern Petrolem Technologe", Ltde Britaen , 4th ed., PP.810,811.
38. State Commission for Roads and Bridges (SCRB)(2001),Department of Design and Study , Ministry of Construction and Housing and Municipalities and Public Works, Baghdad.

39.Standard Specfication No.1196 of 1988 Issued by the Central Agency for Measurement and Quality Control of the Bitumen Used for Flatness.

40. ASTM, Part 11 , (D491-41), (1969),P. 250-251.