Journal of Education and Science (ISSN 1812-125X), Vol: 29, No: 3, 2020 (102-118)

The Rheological Properties of Asphalt Modified by Commercial Adhesive (Ethylene-Vinyl Acetate) and Air Blowing Process

Saad S. Ahmed[1*], Ammar A. Hamdoon[2]

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

E-mail: [1*]saadasalih3@gmail.com, [2]ammarhamdoon@ymail.com

(Received February 09, 2020; Accepted May 03, 2020; Available online September 01, 2020)

DOI: 10.33899/edusj.2020.126673.1048, © 2020, 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, we modify the rheolgical prioperties of asphaltic materials by addative and air blowing. For this process, asphaltic materials have been oxidized by air blowing in the presence of anhydrous aluminum chloride as a catalyst for this process . Air blowing was conducted in different condtions of temperature and times using 0.5%(by weight) from catalyst, after determining the optimal conditions for air blowing, we changged the percentage of catalyst to get the optimal perecentage which can be using in modified process, then the asphalt was treated with the commercial adhesive (EVA) in two phaths:
The first path was included addtion of different percentages from commercial adhesive under the optimal condition from air blowing and perecentage of alaminum chloride.
The second path was included dissolved the commercial adhesive in the toluene and then the modified process was conducted at same conditions in the first path, (toluene was added to the commercial adhesive by ratio (1:6) (weight of commercial adhesive: ml of toluene).
The results showe rheological properties that are compeletly different from the original asphaltic materials . The study was gave modified asphaltic materials that can be using in different fields, some samples can be using in paving as in samples (AS_{19}, AS_{24}, AS_{25}) and other as mastic or as flattening as in samples (AS_{15}, AS_{16}, AS_{17}, AS_{21}, AS_{22}). The usage of asphalitic materials in various fields depends on the measurments of different properties such as (ductility, penetration, softining point ,asphaltens percentage, penetration index ,aging test, marshall test).

keywords: Asphalt, Rheological Properties, air blowing

الخواص الريولوجية للإسفلت المحوّر باللاصق التجاري (Ethylene–vinyl acetate) وعملية الأكسدة الهوائية

سعد صالح احمد[1*]، عمار احمد حمدون[2]

[1]مديرية تربية نينوى، وزارة التربية، الموصل، العراق
[2]قسم الكيمياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة تحوير الخواص الريولوجية للمواد الإسفلتية باستخدام المضافات والأكسدة الهوائية .تمت أكسدة المادة الإسفلتية بوجود كلوريد الألمنيوم اللامائي كحفاز لهذه العملية .أجريت عملية الأكسدة الهوائية تحت ظروف مختلفة من درجة حرارة وزمن أكسدة بوجود (0.5)% وزنا من كلوريد الألمنيوم اللامائي .بعد تحديد الظروف المثلى لعملية الأكسدة الهوائية تم تغيير نسبة كلوريد الألمنيوم اللامائي المضافة لغرض تحديد النسبة المثلى التي بالإمكان استخدامها .

عومل الإسفلت بعد تحديد الظروف المثلى لعملية الأكسدة الهوائية ونسبة كلوريد الألمنيوم المضافة مع المضاف البوليمري (لاصق تجاري) بمسارين مختلفين. .المسار الأول تضمن معاملة الإسفلت مع نسب مختلفة من اللاصق التجاري تحت ظروف عملية الاكسدة المثلى.

أما المسار الثاني فتم فيه استخدام اللاصق التجاري بهيئة مذابة في التولوين بنسبة (6:1)(وزن اللاصق : حجم المذيب) وتحت نفس الظروف المستخدمة في المسار ألأول من عملية أكسدة هوائية ونسبة حفاز..

أظهرت نتائج الدراسة إسفلت ذو خواص ريولوجية مختلفة تماما عن الإسفلت الأصل.،اذ تم الحصول على نماذج اسفلتية بالإمكان إستخدامها في مجال التبليط كما هو الحال في النماذج(.AS_{19}, AS_{24}, AS_{25}). فضلاً عن ذلك تم الحصول على نماذج بالإمكان استخدامها كمواد مانعة للرطوبة وفي أعمال التسطيح كما هو الحال في النماذج(AS_{15}, AS_{16}, AS_{17}, AS_{21}, AS_{22}).

إن استخدام الإسفلت في مجالات مختلفة يتم تحديده عن طريق قياس العديد من المواصفات الريولوجية مثل (الاستطالة , النفاذية , درجة الليونة , دليل الاختراق , فحص المارشال والتقادم) فضلاً عن قياس النسبة المئوية للإسفلتين.

الكلمات المفتاحية: الإسفلت ,الخواص الريولوجية, الأكسدة الهوائية

المقدمة

يعرف الاسفلت بأنه المكون الأثقل المستحصل عليه من عمليات التقطير المباشر للنفط الخام ,وهو اعقد المكونات ويزداد تعقيداً بأرتفاع درجة الغليان أذ تصبح الأختلافات الرئيسية بين مكوناته غير واضحة [1]. يمتاز الاسفلت بلون يتراوح بين الأسود أو البني الغامق وبوزن جزيئي عالي عند مقارنته مع اجزاء اخرى من النفط الخام ,فضلا عن امتلاكه كثافة عالية تتراوح بين (1.0−1.1 غم /سم^3) ويعطي الإسفلت رائحة قوية عند تسخينه [2].وبصورة عامة يمكن تعريف الإسفلت على انه مادة ذات لون أسود أوبني غامق غروية أوشبه صلبة وذات لزوجة عالية في درجة حرارة الغرفة ويتم الحصول عليه بوساطة عمليات التقطير المختلفة للنفط الخام [3,4].

وبسبب الخمول الكيميائي الذي يمتاز به الاسفلت والمترافق مع خواصه الفيزيائية جعل منه مؤهلا لاستعمالات واسعة في الصناعة والبناء منذ الأزل وان طبيعة الصفات الفيزيائية له هي التي تحدد طبيعة الاستعمال [2,5].

نظراً للتنوع الكبير في مصادر الإسفلت ، الطبيعية منها والصناعية ، ونتيجةً لاستعمال الإسفلت في تبليط الطرق بصورة أساسية وغيرها من الإستعمالات الواسعة لكونه يتمتع بالتصاقية جيدة مع مختلف المواد الصلبة ، ولزوجته المناسبة ، وكذلك توفره بكلفةٍ قليلة نسبياً لذلك أجريت عليه العديد من الدراسات .أظهرت تلك الدراسات أن خواصه مثل اللزوجة والحساسية الحرارية يمكن أن تتحسن بوساطة استخدام المضافات المختلفة أو تحويره كيميائياً [6,7].

وبالرجوع الى الدراسات السابقة نجد هناك عدد كثير من الدراسات التي تتناول عملية تحوير الإسفلت منها ماقام به Can [8] باستعمال الزيت المستهلك كمادة محورة وبنسب مختلفة تراوحت بين (1−12)% وبأستخدام درجات حرارة منخفضة وأعطت الدراسة تحسناً في خواص الأسفلت تجاه عملية الأنتزاع و القشط . ودرس كل من Toqueو Arslin [9] الخواص الريولوجية للإسفلت

بمعاملته مع نسب مختلفة من زيت التزييت بالتسخين وكان هناك تغير إيجابي واضح بالقياسات من درجة الليونة ,والنفاذية وقابلية المط ,والفقدان بالوزن .

ودرست صالح [10] تأثير نفخ الهواء على مزائج اسفلت (قيارة–كبريت) بأسلوبين الأول مزج أسفلت مؤكسد مع نسب مختلفة من الكبريت أما الاسلوب الثاني اجراء تفاعل كيميائي مابين الاسفلت ألمؤكسد والكبريت قبل أضافة ألنسب المحددة من الكبريت . أذ اظهرت نتائج القياسات والفحص المايكروسكوبي تحسنا في تجانس النظام الأسفلتي مقارنة بالمزائج المحضرة من ألأسفلت غير المحور.

كما قام كل من Mohammed وHussein [11] بتحسين أداء خصائص الأسفلت بأستخدام تيرفثالات الأثلين (PET) اذ درست الفحوصات الريولوجية للإسفلت ,فضلا عن حساب فحص ثباتية الخزن بدرجات حرارية عالية واستنتجا ان اضافة البوليمر ألى الأسفلت تؤدي الى زيادة درجة الليونة وتقلل من النفاذية والاستطالة واستنتجا أن النسبة المثالية للبوليمر كانت 4% ووجدا أن أضافة ألبوليمر تؤدي الى تقليل ألحساسية الحرارية.

كما تمكن Gama [12] وجماعته من دراسة الخواص الريولوجية للإسفلت المحوَّر بالبوليمرات من نوع (إيثيلين–ميثايل–اكريليت–كلاسيديل–ميثا أكريليت) (EMA – GMA)

(Ethylene– Methyl – Acrylate– Glycidyl– Methacrylate) ، وهو عبارةٌ عن مطاط مرن . كما استخدم البولي إيثيلين عالي الكثافة . وكان لهذه الإضافات تأثير واضح في تحسين خواص المرونة للإسفلت المحور والمعرض لأحمال مرورية عالية .

كما قام كل منShiriniوImanisab [13] بدراسة الخواص الريولوجية للإسفلت المسامي المحور بالمطاط بالمقارنة مع خلائط الإسفلت المسامي المحور بال(SBS) ووجدا ان اضافة 10% من فتات المطاط ادى الى تحسين اداء الإسفلت المسامي في مقاومة التعفن مقارنة مع الاسفلت المحور بال SBS (ستايرين_بيوتاداين_ستايرين).

كما قام Thakre [14] وجماعته من تحوير الصفات الريولوجية للإسفلت بإضافة البوليمرات (إيثيلين فينايل أسيتايت (EVA) ، وفتات المطاط . وأعطت الدراسة نماذج إسفلتية أكثر مقاومةً للإعياء ، والتشققات الحرارية ، والتعفن (Rutting) ، والحساسية لدرجة الحرارة . وبالإمكان استعمالها في مجال التبليط .

.

كما تمكن الباحثان حسين وحمدون [15] من تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت باستعمال الزيوت المستهلكة والأكسدة الهوائية وقد تم الحصول من خلال هذه الدراسة على نماذج إسفلتية ذات مواصفات ريولوجية بالإمكان استعمالها في مجال التبليط وأخرى يمكن استعمالها كمواد مانعة للرطوبة اعتمادا على القياسات التي تم إجراؤها (الاستطالة والنفاذية و درجة الليونة و نسبة الإسفلتين فضلا عن حساب دليل الاختراق) .

الجزء العملي

اولا– المواد المستعملة Materials Used

1– إسفلت الدورة

تم الحصول عليه من مصفى الدورة الذي يمتاز بالمواصفات الموضحة في الجدول(1):

جدول(1) الخواص الريولوجية لإسفلت الدورة

المواصفات	القيمة المختبرية
الاستطالة (25,cmم°)	150<
درجة الليونة(م°)	50
النفاذية ,ملم (100غم,5ثا,25م°)	45.3
دليل الاختراق(PI)	-1.413
نسبة الإسفلتين%	19.2

2-كلوريد الألمنيوم اللامائي ($AlCl_3$) Anhydrous Aluminum Chloride مجهز من شركة Fluka

3- هكسان اعتيادي (n- Hexane) مجهز من شركة VWR Chemicals

4-التولوين Toluene مجهز من شركة Fluka

5-لاصق تجاري(EVA):تم الحصول عليه من الاسواق المحلية

ثانيا: الأجهزة المستخدمة Instruments Used

1-جهاز قياس الاستطالة Ductility يعمل هذا الجهاز على قياس المسافة التي تستطيل بها المواد الإسفلتية عند تعرضها لتأثير سحبٍ وبسرعةٍ ثابتة ، إلى ان ينقطع الأنموذج الإسفلتي. والجهاز ذو منشأ صيني من نوع (YUFENG)

2-جهاز قياس النفاذية Penetromete يعمل هذا الجهاز على فحص نفاذية المواد البتيومينية الصلبة وشبه الصلبة. فالنفاذية هي مقياس لصلابة الإسفلت والجهاز ذو منشأ صيني نوع (YUFENG) .

3- جهاز قياس درجة الليونة Ring and Ball Apparatus يعمل هذا الجهاز على قياس درجة الليونة للمواد الإسفلتية التي تتراوح ليونتها بين (30- 200) م° ودرجة الليونة هي الدرجة الحرارية التي ينزل عندها الأنموذج الإسفلتي مسافة (2.54) سم عند تسخينه بسرعة (5م°/ دقيقة) مع تجنب التسخين السريع (Fast heating)

4- جهاز معالجة الإسفلت بالمضافات Polymer Treated Asphalt Apparatus

5-جهاز ضخ الهواء Air Blowing Apparatus وهومن نوع Dawson McDonald and Dawson

6- جهاز الرج الكهربائي Electrical Shaker وهو من نوع Hamber Ggo Shaker Germany

7- جهاز اختبار المارشال Marshall Testing Apparatus هذا الفحص يعطي دلالة عن مدى ملائمة الإسفلت للتبليط: والجهاز ذو منشأ إنكليزي نوع (WYKEHAM FARRANCE) .

8- جهاز اختبار الفرن لأغشية الإسفلت الرقيقة Thin Film Oven Test (TFOT)

يُبين هذا الفحص مدى تأثر إسفلت التبليط المُحور بظروف التقادم الزمني(Aging), والجهاز ذو منشأ ياباني موديل 710812

ثالثا:الطرائق العملية Experimental Methods

1-الأكسدة الهوائية للأسفلت Air Oixidation of Asphalt

أُخذ وزن معين من الإسفلت ووضع في جهاز معالجة المادة الإسفلتية ، ومرر عليه الهواء من جهاز ضخ الهواء وبمعدل سرعة ثابت (120سم ^{3}/ دقيقة) ، وبأزمان تراوحت بين (30 - 120) دقيقة ، وعند مدى حراري تراوح بين (100- 200) م° ،و باستخدام (0.5)% وزنا من كلوريد الالمنيوم اللامائي كحفاز لهذه المعاملة.

2- تحديد النسبة المثلى للحفاز

بعد تحديد الزمن ودرجة الحرارة المثلى لعملية الاكسدة وأعتماداً على الخطوة (1) تم تغير نسبة الحفاز المضافة، اذ استخدمت النسب (0.25، 0.5، 3,2،1)% وزناً لغرض تحديد النسبة المثلى من الحفاز المستخدم.

3- معاملة الإسفلت مع اللاصق التجاري(EVA) وبمسارين :

3-1-المسار الأول

عومل الإسفلت مع نسب مختلفة من اللاصق التجاري تراوحت بين (1 - 5)% وزنا عند درجة حرارة 150م° وبوجود 0.5% وزنا من كلوريد الالمنيوم اللامائي لمدة 60 دقيقة وبعملية أكسدة هوائية والتي تمثل الظروف المثلى التي تم الحصول عليها من الخطوتين(1)(2).

3-2-المسار الثاني

عومل الإسفلت تحت نفس الظروف المذكورة في المسار الاول مع نسب مختلفة من اللاصق المذاب في التولوين بنسبة (6:1) (وزن اللاصق : حجم المذيب) .

4-فصل الإسفلتين Asphaltene separation

جميع النماذج المحضرة فضلا عن الأصل أجريت عليها عملية فصل الاسفلتين , إذ وضع في دورق زجاجي غرام واحد من نماذج الإسفلت المختلفة ، وأضيف إليها (40) مل من الهكسان الإعتيادي بنسبة (1 :40) (وزن: حجم) . ورُج المحلول باستخدام جهاز الرج الكهربائي لمدة ثلاث ساعات في درجة الصفر المئوي . ثم فصل الإسفلتين عن طريق ترشيح المزيج . إذ يمثل الإسفلتين الجزء غير الذائب (المترسب) . وبعد عملية الترشيح غسل الراسب بكميات كافية من الهكسان إلى أن أصبحت قطرات الغسل عديمة اللون . وجفف الراسب عند درجة حرارة الغرفة ، ثم حسبت النسبة المئوية للإسفلتين في الأنموذج المؤكسد [16]

5-تحديد الخواص الريولوجية للأسفلت الأصل والمحور

تم تحديد المواصفات الريولوجية للمادة الاسفلتية الاصل والمعاملة وشمل ذلك قياس كل من الاستطالة [17] ودرجة الليونة [18] والنفاذية [19] وحساب دليل الاختراق لجميع النماذج [20] ,فضلا عن قياس المارشال [21] والتقادم [22] لبعض النتائج.

النتائج والمناقشة

تعد عملية الحصول على اسفلت ذي خواص ريولوجية مطابقة لما هو موجود في المواصفات القياسية سواء كان استخدامه في مجال التبليط او التسطيح او العزل وما ألى ذلك من أهم الامور التي سعى اليها الباحثون من خلال استخدام طرق تحوير مختلفة

.في دراستنا هذه تم استخدام عملية الاكسدة الهوائية مع إضافة لاصق تجاري متوفر بكثرة في الاسواق المحلية كمادة مُحورة اساسية للإسفلت . يتكون هذا اللاصق بشكل عام من (EVA)

(Ethylene–vinyl acetate) مع بعض المضافات من الراتنجات [23,24,25] ، وان هذا اللاصق يكون بهيئة صلبة ويتم اذابته بالحرارة .

أجريت عملية الاكسدة الهوائية وكما هو موضح في الفقرة ثالثا من الجزء العملي لغرض تحديد الظروف المثلى لعملية التحوير والجدول (2) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها.

الجدول (2) : الخواص الريولوجية للإسفلت المؤكسَد هوائياً عند درجات حرارةٍ وأزمانٍ مختلفة وبوجود 0.5% وزناً من كلوريد الألمنيوم اللامائي

الأنموذج	الزمن (دقيقة)	درجة الحرارة (م°)	الاستطالة (25,cm م°)	درجة الليونة(م°)	النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق (PI)	نسبة الإسفلتين%
AS_0	0	0	150<	50	45.3	−1.413	19.2
AS_1	30	100	85	59	41.6	+0.387	23.3
AS_2	60	100	110	62	40.3	+0.705	25.6
AS_3	90	100	96	63	38.7	+0.986	28.3
AS_4	120	100	65	68	37.2	+1.599	30.4
AS_5	30	150	93	59	40.4	+0.320	21.7
AS_6	60	150	150<	57	41.5	−0.025	23.2
AS_7	90	150	90	62	39.5	+0.848	25.5
AS_8	120	150	74	63	37.2	+0.896	27.3
AS_9	30	200	83	62	40.1	+0.833	27.4
AS_{10}	60	200	79	62	36.7	+0.681	32.6
AS_{11}	90	200	65	64	36.4	+1.028	29.1
AS_{12}	120	200	52	66	35.2	+1.303	36.2

AS_0 الانموذج الأصل بدون أكسدة

يتضح من الجدول(2) أن افضل الظروف لعملية الاكسدة الهوائية والمؤدية للحصول على افضل خواص ريولوجية كانت عند النموذج AS_6 التي هي زمن أكسدة 60 دقيقة وحرارة 150م°. كذلك نلحظ من الجدول ان النسب المئوية للإسفلتين تزداد ضمن درجة الحرارة الواحدة بازدياد زمن الاكسدة الى حد معين ثم تبدأ بالأنخفاض عند الزمن الأعلى ,ان هذا الانخفاض في قيم الإسفلتين يرجع الى حدوث تفاعلات تكاثف الى حد معين ثم تبدأ تفاعلات الانحلال تنشط عند الزمن الاعلى ,وبالتالي حدوث انخفاض في النسبة المئوية للأسفلت.

بعد تثبيت الظروف المثلى لعملية الاكسدة الهوائية , تم تحديد النسبة المثلى للتحفيز وكما هو موضح في الفقرة ثالثا من الجزء العملي والجدول (3) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها.

جدول (3) :الخواص الريولوجية للإسفلت المعامل مع نسب مختلفة من كلوريد الالمنيوم اللامائي عند 150م° وزمن ساعة وبعملية اكسدة هوائية

الأنموذج	نسبة ألحفاز (%)	الاستطالة (25,cm°م)	درجة الليونة(م°)	النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق (PI)	نسبة الإسفلتين%
AS_0	0	150<	50	45.3	−1.413	19.2
AS*	0	91	60	38.6	+0 .414	26.3
AS_{13}	0.25	110	61	40.2	+0.699	24.2
AS_{14}	0.5	150<	57	41.5	−0.025	23.2
AS_{15}	1	58	62	36.4	+0.663	26.7
AS_{16}	2	32	66	34	+1.225	29.4
AS_{17}	3	31	64	33.4	+0.836	29.6

AS_0 النموذج الاصل دون أي معاملة

***AS نموذج مؤكسد بدون حفاز عند الظروف المثلى لعملية الاكسدة**

نلحظ من الجدول أعلاه أن نسبة الحفاز التي تم اختيارها في بداية التفاعل والتي هي (0.5%) وزناً، تمثل أفضل نسبةٍ يمكن استخدامها لتحوير الخواص الريولوجية للإسفلت باستخدام عملية الأكسدة الهوائية.

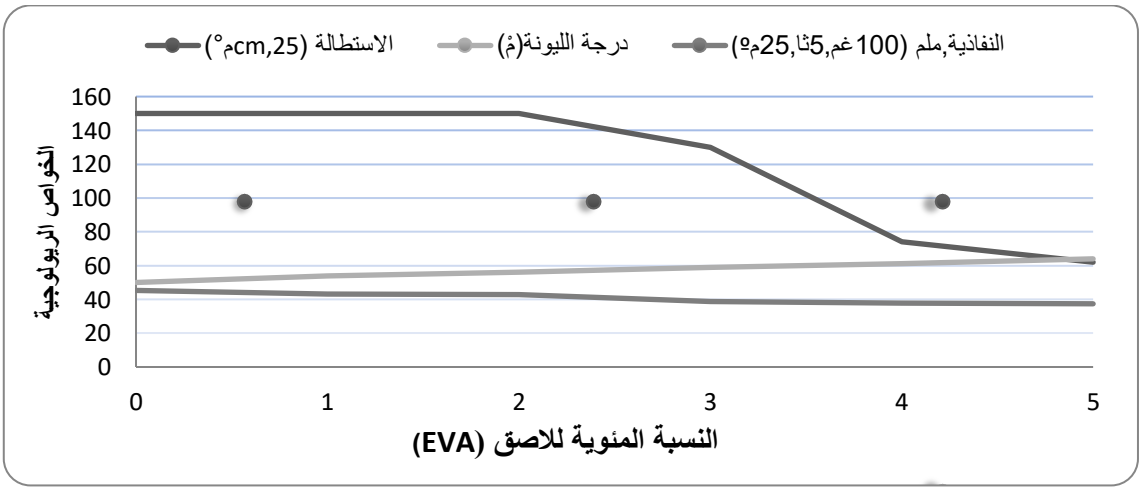
يتضح من الجدول (2) والجدول (3) ان أفضل الظروف لتحوير لتحوير ألإسفلت باستخدام عملية الاكسدة الهوائية عند زمن (60) دقيقة ودرجة حرارة(150م°) ونسبة كلوريد الألمنيوم اللامائي(0.5)% وزنا .

استخدمت هذه الظروف في معاملة الإسفلت مع نسب مختلفة من اللاصق التجاري (EVA) والجدول (4) والشكل (1) يوضحان النتائج التي تم الحصول عليها .

جدول(4) : الخواص الريولوجية للإسفلت المعامل مع نسب مختلفة من اللاصق التجاري (EVA)عند 150م° وزمن ساعة بوجود 0.5% وزنا من كلوريد الالمنيوم اللامائي بعملية اكسدة هوائية.

الأنموذج	نسبة اللاصق %(EVA)	الاستطالة (25,cmم°)	درجة الليونة(م°)	النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق (PI)	نسبة الإسفلتين %
AS_0	0	150<	50	45.3	−1.413	19.2
AS_{18}	1	150<	54	43.2	−0.361	21.2
AS_{19}	2	150<	56	42.7	−0.172	24.6
AS_{20}	3	130	59	38.7	+0.183	25.1
AS_{21}	4	74	61	37.8	+0.583	29.3
AS_{22}	5	62	64	37.4	+1.089	30.4

AS_0 **الانموذج الأصل بدون أكسدة**



الشكل(1) تأثير إضافة اللاصق التجاري(EVA)على خواص الإسفلت الريولوجية

يتضح من الجدول (4) أن عملية استخدام المادة اللاصقة جنبا الى جنب مع عملية الأكسدة الهوائية كان اختيارا جيدا في ضوء النتائج الموضحة في الجدول .

كذلك نلحظ من الجدول ان قيم الاستطالة للنماذج المحورة كانت ضمن حدود المواصفات القياسية لإسفلت التبليط الموضحة في الجدول (9) الى حد نسبة إضافة 3% يرافق ذلك قيم ممتازة لكل من النفاذية والليونة . بدأت قيم الاستطالة بالانخفاض عند النسبة 3% وزنا من المضاف البوليمري ولكنها لاتزال ضمن القيم الممتازة عدا قيمة النفاذية التي انخفضت الى قيم اقل من القيم المطلوبة .اما النسب 5,4% فأنها أدت الى انخفاض قيم الاستطالة بنسب اكبر مما هو عليه عند النسبة 3% وبمدى خارج المواصفات المطلوبة لإسفلت التبليط .

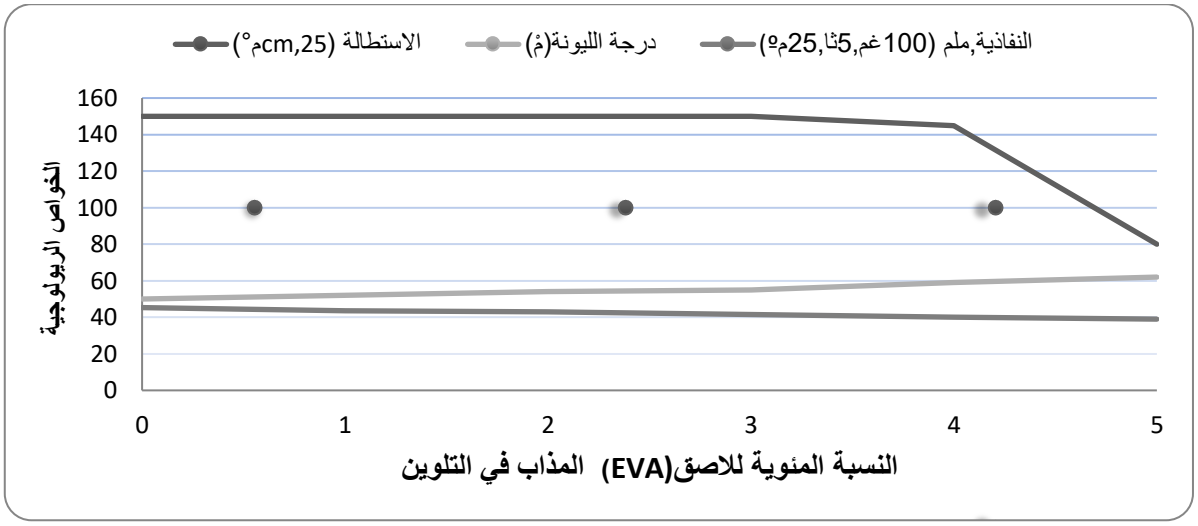
في مسار آخر وكما موضح في الفقرة ثالثا من الجزء العملي .تم اذابة اللاصق في التولوين والذي تم اختياره بين عدة مذيبات إذ اتضح ان أفضلها في الإذابة . وأعيد استخدام اللاصق التجاري المذاب في التولوين في عملية تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت وتحت الظروف المثلى لعملية الاكسدة الهوائية والجدول (5) والشكل (2) يوضحان النتايج التي تم الحصول عليها.

جدول (5)

الخواص الريولوجية للاسفلت المعامل مع نسب مختلفة من اللاصق (EVA)المذاب في التولوين بوجود 0.5% وزنا من كلوريد الالمنيوم اللامائي عند 150 م° وزمن ساعة وبعملية اكسدة هوائية.

الأنموذج	نسبة اللاصق %(EVA)	الاستطالة (25,cmم°)	درجة الليونة(م°)	النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°)	دليل الاختراق (PI)	نسبة الإسفلتين%
AS_0	0	150<	50	45.3	−1.413	19.2
AS_{23}	1	150<	52	43.7	−1.012	23.8
AS_{24}	2	150<	54	42.9	−0.592	26.7
AS_{25}	**3**	**150<**	**55**	**41.5**	**−0.450**	**27.8**
AS_{26}	4	145	59	40.1	+0.303	28.3
AS_{27}	5	80	62	39	+0.819	29.2

AS_0 الانموذج الأصل بدون أكسدة



الشكل(2) تأثير اضافة اللاصق التجاري(EVA) المذاب في التولوين على خواص الاسفلت الريولوجية

نلاحظ من الجدول أعلاه ان عملية استخدام اللاصق المذاب أدت الى زيادة نسبة المضاف المستخدم بالتحويرألى حد النسبة 4% من المضاف (من حيث قيم الاستطالة والنفاذية والليونة والتي كانت ضمن المدى المسموح به للنماذج القياسية) ,حيث كانت 3% في حالة استخدام اللاصق بدون اضافة المذيب .

إن هذا التغير في الخواص الريولوجية عند استخدام اللاصق المذاب بألتاكيد عائد الى ان اللاصق (المذاب) يحقق امتزاجاً بصورة اكبر وبالتالي ازدياد التجانس بين المادتين وبما ينعكس بصورة ايجابية على الخواص الريولوجية للإسفلت بصورة اكبر,كذلك نلحظ من النتائج التي تم الحصول عليها أن افضل النماذج التي تم الحصول عليها (AS_{24}, AS_{25}) من حيث الاستخدام في مجال التبليط الا ان الأنموج AS_{24} يمتلك درجة ليونة تمثل الحد الادنى من القيمة المطلوبة ولذلك تم اختيار الأنموذج AS_{25} كأفضل أنموذج .

ولإثبات دور عملية الأكسدة الهوائية في تحسين الخواص الريولوجية تم اعادة التفاعل لأفضل النماذج التي تم الحصول عليها (AS_{19}, AS_{25}) من القياسات السابقة وبكلا المسارين ولكن بدون عملية اكسدة هوائية ,والجدول (6) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها

الجدول (6):الخواص الريولوجية لإفضل النماذج التي تم الحصول عليهاعند(150) م° وزمن ساعة بوجود (0.5)% وزناً من كلوريد الألمنيوم اللامائي بدون عملية الأكسدة الهوائية

الأنموذج	نسبة اللاصق (EVA) %	الاستطالة (25,cm م°)		درجة الليونة(م°)		النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°)		دليل الاختراق (PI)		نسبة الاسفلتين%	
		الغير مؤكسد	المؤكسد	الغير مؤكسد	المؤكسد	الغير مؤكسد	المؤكسد	الغير مؤكسد	المؤكسد	الغير مؤكسد	المؤكسد
AS_0	0	150<		50		45.3		−1.413		19.2	
AS_{28}	2	90	150<	61	56	38.5	42.7	+0.601	−0.172	26.4	24.6
AS_{29}	3	150<	150<	57	55	40.3	41.5	−0.091	−0.450	25.3	27.8

AS_0 **الانموذج الأصل بدون أكسدة**

اذ نلحظ من الجدول أعلاه ان النموذج (AS_{19})الذي تم الحصول عليه باستخدام اكسدة هوائية والمشار اليه في الجدول (4) أفضل من النموذج (AS_{28}) الذي تم الحصول عليه بدون اكسدة هوائية وهذا يبين دور عملية الأكسدة الهوائية في تحسين الخواص الريولوجية للإسفلت المحور كذلك نلاحظ من الجدول أعلاه من خلال النموذج AS_{29} الذي يمثل اللاصق المذاب في التولوين وكذلك النموذج AS_{25} المشار اليه في الجدول (5) أنه بالإمكان استخدام اللاصق(EVA) المذاب في هذه النسبة وبهذا المسار في التحوير في الريولوجي باستخدام عملية أكسدة هوائية أو بدونها , مما يدل على ان عملية اختيار اللاصق كان اختيارا موفقاً وخاصة عند اذابته في مذيب في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها .

تعد عملية الأكسدة الهوائية واحدة من أهم العمليات التي تستخدم في التفاعلات العضوية على النطاق المختبري أو النطاق الصناعي وعادة يستخدم الهواء كمصدر لعملية الأكسدة الهوائية لسهولة التعامل معه وإمكانية توفره بصورة اقتصادية إذ يعد الهواء من أرخص عوامل الاكسدة ، إذ إنه لايحتاج إلا إلى تكاليف قليلة تتضمن كيفية التعامل معه .

تؤدي عملية الاكسدة الهوائية الى حصول التفاعلات الاتية [26]

زيوت ⟵ راتنجات ⟵ إسفلتين

إذ يمكن القول أن الراتنجات تمثل حلقة وصل بين الإسفلتينات ذات الأوزان الجزيئية الأعلى والزيوت ذات الأوزان الجزيئية الأقل من الراتنجات ، إذ يمكن أكسدة الراتنجات بسهولة بوساطة الهواء الجوي عند درجات الحرارة الإعتيادية .

اما دليل النفاذية (PI) فيستخدم لمعرفة حساسية الإسفلت لدرجات الحرارة ,وهو عبارة عن علاقة تربط بين درجة ليونة الأنموذج الأسفلتي ودرجة نفاذيته عند (25م°) ويمكن حسابه من العلاقة الرياضية الآتية [27]

$$\frac{20-PI}{10+PI} = 50 \left[\frac{log800-\log pent}{T.R.B-T}\right]$$

PI: دليل النفاذية أو دليل الاختراق

Pent: درجة نفاذية الأنموذج الإسفلتي

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

T.R.B: درجة ليونة الأنموذج المقاسة بطريقة الكرة والحلقية (Ring & Boll)

يجب ان تمتلك النماذج الاسفلتية ذات المواصفات الملائمة للاستخدام في مجال التبليط دليل اختراق ذا قيمة تقع بين (2− ,2+) [28].

بعد ملاحظة النتائج التي تم الحصول عليها نجد أن هناك بعض النماذج المعالجة يمكن استخدامها كإسفلت تبليط بعد إخضاعُها للاختبارات الهندسية, ووجد أيضاً أن بعض النماذج الأخرى تميزت بدرجات ليونة عالية وقيم نفاذية واستطالة واطئة تؤهلها للإستخدام في إنتاج الماستك (Mastic) المستخدم كمادة عازلة للرطوبة (Water Proofing)، ونماذج أُخرى بالإمكان استخدامها كإسفلت يستعمل في التسطيح ,كما هو موضح في الجداول من (9,8,7)

الجدول (7)

المواصفات القياسية الأمريكية (D491− 88) ASTM للإسفلت المستعمل لانتاج الماستك [29]

القياسات الريولوجية	الحد الأدنى	الحد الأعلى
درجة الليونة (م°)	54	65
النفاذية ، ملم (100غم ، 5ثا ،25م°)	20	40
الاستطالة (سم ،25م°)	15	---

الجدول (8)

المواصفات القياسية العراقية للإسفلت المستعمل في التسطيح [30]

القياسات الريولوجية	الحد الأدنى	الحد الأعلى
درجة الليونة (م°)	57	66
النفاذية ، ملم (100غم ، 5ثا ،25م°)	18	40
الاستطالة (سم ،25م°)	10	---

الجدول (9)

المواصفات الريولوجية للإسفلت المستعمل في التبليط حسب مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.C.B.R) [31]

القياسات الريولوجية	الحد الأدنى	الحد الأعلى
درجة الليونة (م°)	54	60
النفاذية ، ملم (100غم ، 5ثا ،25م°)	40	50
الاستطالة (سم ،25م°)	100	---

من أجل معرفة مدى ملاءمة النماذج الإسفلتية لأغراض التبليط ، تم إجراء فحص المارشال (التبليط بالإسفلت) لاثنين من افضل النماذج التي حصلنا عليها من نتائج القياسات السابقة فضلا عن الاسفلت الاصل. يعطي هذا الفحص دلالةً عن مدى ملاءمة الإسفلت للتبليط من خلال تسليط ضغطٍ على الأنموذج المراد اختباره ، وعندما يبدأ الأنموذج بالتشوه ، يتم أخذ قياس الأستقرارية (الثباتية) (Stability) والزحف (Flow) من خلال تدرجاتٍ معينة موجودةٍ في الجهاز . يمكن تعريف الثباتية على أنها قابلية المزيج الأسفلتي على مقاومة التشوه الناتج عن تعرض الطُرُق إلى الأحمال المتكررة لوسائط النقل ، والثباتية تعتمد على الاحتكاك الداخلي والتماسك. اما الزحف فيعرف على أنه مقدار التشوه العمودي في أنموذج المارشال لحظة الفشل .

ويتم حساب قيمة صلابة المارشال(MQ) من حاصل قسمة ثباتية المارشال على قيمة الزحف [32].والجدول (9) يوضح قيم الاستقرارية والزحف لأفضل النماذج التي حصلنا عليها ومقارنتها مع النموذج الاصل والتي كانت مطابقةً لمواصفات هيأة الطرق والجسور العراقية (S.C.R.B) [31]

الجدول (10) : قيم الإستقرارية والزحف للإسفلت الأصل والمحور ومواصفات هيئة الطرق والجسور (S.C.R.B)

رقم الأنموذج	نسبة الإسفلت المضاف إلى الركام (%)	الإسفلت المُحوَر (أفضل النماذج)		
		الإستقرارية (KN)	الزحف (mm)	MQ
AS_0	4.5	11.3	5.1	2.21
AS_{19}		17.6	3.1	5.67
AS_{25}		22.5	3.4	6.61
AS**		7 الحد الأدنى	2-4	3.5 الحد الأدنى

AS مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية [31] .**

يتبين من الجدول اعلاه ان جميع النماذج المحورة كانت أفضل من الأنموذج الأصل في حال استخدامها كإسفلت تبليط , كذلك يمكن ملاحظة ان قيمة MQ للإسفلت المحور اعلى من قيمة MQ للإسفلت الاصل وهذا يدل على ان الاسفلت المحور أكثر مقاومة للتشوه الدائمي من الاسفلت الاصل .وهذا نتيجة توافق كل من الاكسدة الهوائية والمضاف البوليميري الذي تم استخدامه في التحوير.

ولأجل معرفة درجة تأثر النماذج الإسفلتية المحورة بظروف التقادم تم اجراء فحص الفرن لأغشية الأسفلت الرقيقة للأنموذج المحور (AS_{25}) والجدول (11) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها .

الجدول (11) : المواصفات الريولوجية للإسفلت المحور والإسفلت الأصل قبل وبعد اخضاعهما لفحص الفرن لأغشية الإسفلت الرقيقة (TFOT)

الانموذج	وصف الانموذج	الخواص الريولوجية	قبل الفحص	بعد الفحص	الفرق
AS_0	الأصل	الاستطالة سم (25°م)	150<	150<	
		درجة الليونة (م°)	50	53	3
		النفاذية,ملم(100غم,5ثا,25م°)	45.3	42.1	3.2
		دليل الاختراق (PI)	-1.413	-0.863	
		نسبة الفقدان بالوزن %	-----	0.05	
AS_{25}	المحور	الاستطالة (25,cmم°)	150 <	150 <	
		درجة الليونة (م°)	55	58	3
		النفاذية,ملم(100غم,5ثا,25م°)	41.5	40.9	0.6
		دليل الاختراق (PI)	−0.450	+0.585	
		نسبة الفقدان بالوزن %	------	0.02	

نلحظ من الجدول (11) ان درجة تأثر الإسفلت المحور بظروف التقادم الزمني من درجةحرارة و اوكسجين بشكل عام تكون قليلة ويعد هذا امراً ايجابياً ونستدل من هذا ان النموذج الاسفلتي المحور يمتاز بمقاومة كبيرة للإجهاد وتشققات اقل فضلاً عن العمر التشغيلي الطويل, وتشير الادبيات الى ان عدم تأثر النموذج الاسفلتي المحور بظروف التقادم الزمني يعزى الى ما يتمتع به تركيب المضاف البوليمري والذي يعمل على تحسين خواص الاسفلت الميكانيكية والمتمثلة بزيادة متانة النموذج الاسفلتي وتحمله للإجهادات وتقليل التكسير الحراري وزيادة مقاومته لتكوين الاخاديد [33,34].

الاستنتاجات

من ملاحظة النتائج التي تم الحصول عليها نستنتج :

1- إن إضافة اللاصق التجاري (EVA) إلى الإسفلت ، أثر على الخواص الريولوجية للنظام الأسفلتي بنسب متفاوتة .

2-أدت عملية إذابة اللاصق بالتولوين الى زيادة نسبة المضاف المستخدم بالتحوير وكذلك استقرارية أعلى فيما يخص فحص مارشال .

3- أعطت هذه الدراسة قيماً لمارشال أفضل للنماذج المختارة مما هو عليه في الإسفلت الأصل وهذا يدل على إمكانية استخدام هذا المضاف في عمليات التبليط وبما يلائم أجواء ومناخ بلدنا .

4- دلت هذه الدراسة على ان النماذج المحورة باللاصق التجاري قليلة التأثر بظروف التقادم الزمني مقارنة بالإسفلت الأصل

5 -نلحظ من الدراسة ان نسبة الإسفلتين ازدادت بصورة عامة بزيادة زمن الاكسدة وكذلك بزيادة نسبة المضاف البوليمري.

شكر وتقدير :

يتقدم الباحثون بالشكر والتقدير لقسم الكيمياء في كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة الموصل والى كلية الهندسة جامعة الموصل لتقديم التسهيلات اللازمة لإكمال هذا البحث

المصادر

1. Al-Dabouni, A.A.; and Ali, H.," Oil of Origin, Installation and Technology. Mosul University", pp. 10-13, 63-72, 65, 69, 70-72, 166-174, 232-236, 292, 293, 294, 298, 298, 301-312, 621, 622. (1986).
2. "Introduction to asphalt", Asphalt Institute Manual Series No.5(MS-5)p.2,9-11,14,61,(2001) .
3. Parkash, S, "Petroleum Fuels Manufacturing Hand Book", McGraw-Hill Companies, Inc. 102-131., (2010).
4. Zhang, L. and Greenfield ML, Energy & Fuels, Vol. 22, pp. 3363-3375. (2008).
5. Lesueur D., Advances in Colloid and Interface Science, pp. 145, 28-42., (2009).
6. Vargas, M. A. and Manero, O., Journal of Applied Polymer Science, Vol. 119, 2422 – 2430., (2011).
7. Hussein, A. Iqbal, H. and Al–Abdul-Wahhab, H. I., Rheol Acta, V. 45, pp. 92-104., (2005).
8. Can, J., Canadian Journal of civil Engineering, 35 (2): 148 – 157., (2008),.
9. Arslan, L., K. and Taque, ETreatment of asphalt from Heet Area Using the Residues of Basic Oils", Diala., Jour., Vol. 39., (2008).
10. Saleh, L. A., Al-Rafidain Science Journal, Volume 19, No. 2, pp. 174-190, (2008).
11. Mohammed, D. T., & Hussein, Z. H., International Journal of Enhanced Research in S cience Technology & Engineering, Vol. 3 Issue 9, Sept.-2014, pp: (114-121), . (2014)

12. Gama D. A., Rosa J. M., Melo T. J. A., and Rodrigues J. K. G., Constr. Build. Mater. 106290 – 295, (2016).
13. Shirini, B., & Imaninasab, R. ,Construction and Building Materials, 107, 165-171. (2016)
14. Thakre, N., Mangrulkar, D., Janbandhu, M. and Saxena, J., IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering Vol. 13, Issue 6 ver, PP. 120-128, (2016),.
15. Hussein, A.A., Hamdoon, A.A., Journal of Education and Science, Volume (28), No. 40-49, (2019),.
16. Ali L. H., Al- Ghannam K. A. ,J. Fuel, Vol. 60, PP. 1043 – 1046., (1981),
17. ASTM, (D113 – 07), (2008).
18. STAM, , (D36-95) ,(2000)
19. STAM, (D5/ D5M -13), (2013).
20. ASTM, (D1559 – 2004). Standard specification, section 4, Vol., 04 – 03.
21. ASTM D1754-97R "Standard test method for effect of heat and air on asphaltic materials (Thin Film Oven Test)",Section 4,Vol .04 .03,Road and paving materials-vehicle-pavement systems, New york, Ny (2002).
22. Yoder, E. J. and Witczak, M. W. "principle of pavement design", 3rd ed., Jhon Willy and Sons., pp. 269-27, (1964),.
23. Whelan, A.; Whelan, Tony. "Polymer Technology Dictionary" Springer Science & Business Media – via Google Book ,(1994).
24. Reyes-Labarta, J.A.; Marcilla, A)., Complete Kinetic Modelling and Analysis". Industrial & Engineering Chemistry Research. 51 (28): 9515–9530. doi:10.1021/ie3006935. (2012)
25. Flanagan, T. P. , Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. No. 3,448,178. (1969).
26. Al-Adam K. A, Joseph S, S, Rida M. M "Industrial Organic Chemistry", University of Basra, pp. 94-97 , (1980),.

27. Al- Frakh and Abu Shihada, A., Brit, UK Pat. App1 GB2, 028, 406, Chem. Abs. Vol. 96, 126085g(1982),.

28. Hobson, G. D. "Modern Petroleum Technology", 4th ed, Ltd. Britain, PP. 804 – 806, (1973),.

29. ASTM D491-88, "Specification for Asphalt Mastic used in waterproofing (withdrawn 1988), withdrawn standards until (2006)" , New York , N.Y.

30. Standard Specifications No. 1196 of 1988 issued by the Central Agency for Measurement and Quality Control of the bitumen used for flatness.

31. State Cooperation of Road & Bridges (S.C.R.B). Iraqi Standard Specification , Ministry of Housing and Construction . Department of Design and Study, Section R9.), (2003),

32. Zoorob, S. E. and Suparma, L. B., Cem Cencr Compos; 22: 233-242, (2000),.

33. . Becker Y.; Menderz M.P. and Rodriguez Y. , Vision Technological, Vol. 9, No. 1,pp 39-50,(2001),

34. Navarro F.J., Partal P. and Martinez-Boza .F, Fuel, 2041-2049,(2004), .