

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

Saad S. Ahmed

Nineveh Education Direstorate
Ministry of Education

saadasalih3@gmail.com

Ammar A. Hamdoon

Department of Chemistry
College of Education for Pure Science
University of Mosul

ammarhamdoon@ymail.com

DOI: [10.33899/edusj.2020.126673.1048](https://doi.org/10.33899/edusj.2020.126673.1048)

Received
09/ 02 / 2020

Accepted
03 / 05 / 2020

Abstract

In this study, we modify the rheological properties of asphaltic materials by additive 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 conditions of temperature and times using 0.5% (by weight) from catalyst, after determining the optimal conditions for air blowing, we changed the percentage of catalyst to get the optimal percentage which can be using in modified process, then the asphalt was treated with the commercial adhesive (EVA) in two paths:

The first path was included addition of different percentages from commercial adhesive under the optimal condition from air blowing and percentage of aluminum 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 show rheological properties that are completely different from the original asphaltic materials. The study gave modified asphaltic materials that can be using in different fields, some samples can be using in paving as in samples (AS₁₉, AS₂₄, AS₂₅) and other as mastic or as flattening as in samples (AS₁₅, AS₁₆, AS₁₇, AS₂₁, AS₂₂). The usage of asphaltic materials in various fields depends on the measurements of different properties such as (ductility, penetration, softening point, asphaltens percentage, penetration index, aging test, marshall test).

keywords: Asphalt, Rheological Properties, air blowing

الخواص الريولوجية للإسفلت المحوّر باللاصق التجاري (Ethylene-vinyl acetate)
وعمليات الأكسدة الهوائية

عمار احمد حمدون
قسم الكيمياء
كلية التربية للعلوم الصرفة
جامعة الموصل

ammarhamdoon@ymail.com

سعد صالح احمد
مديرية تربية نينوى
وزارة التربية

saadasalih3@gmail.com

DOI: [10.33899/edusj.2020.126673.1048](https://doi.org/10.33899/edusj.2020.126673.1048)

القبول
2020/05/03

الاستلام
2020/02/09

الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة تحويل 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 .

عمل 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 الأكسدة 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 الأول من عملية أكسدة هوائية ونسبة حفاز ..

أظهرت نتائج الدراسة إسفلت ذو خواص ريولوجية مختلفة تماما عن الإسفلت الأصل. إذ تم الحصول على نماذج إسفلتية بالإمكان إستخدامها في مجال التبليط كما هو الحال في النماذج (AS₁₉, AS₂₄, AS₂₅). فضلاً عن ذلك تم الحصول على نماذج بالإمكان استخدامها كمواد مانعة للرطوبة وفي أعمال التسطیح كما هو الحال في النماذج (AS₁₅, AS₁₆, AS₁₇, AS₂₁, AS₂₂).

إن استخدام الإسفلت في مجالات مختلفة يتم تحديده عن طريق قياس العديد من المواصفات الريولوجية مثل (الاستطالة , النفاذية , درجة اللبونة , دليل الاحتراق , فحص المارشال والتقدم) فضلاً عن قياس النسبة المثوية للإسفلتين.

الكلمات المفتاحية: الإسفلت , الخواص الريولوجية, الأكسدة الهوائية

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

المقدمة

يعرف الإسفلت بأنه المكون الأثقل المستحصل عليه من عمليات التقطير المباشر للنفط الخام، وهو اعقد المكونات ويزداد تعقيداً بارتفاع درجة الغليان أذ تصبح الاختلافات الرئيسية بين مكوناته غير واضحة [1]. يمتاز الإسفلت بلون يتراوح بين الأسود أو البني الغامق ووزن جزيئي عالي عند مقارنته مع اجزاء اخرى من النفط الخام، فضلاً عن امتلاكه كثافة عالية تتراوح بين (1.0-1.1 غم /سم³) ويعطي الإسفلت رائحة قوية عند تسخينه [2]. وبصورة عامة يمكن تعريف الإسفلت على انه مادة ذات لون أسود أوبني غامق غروية أو شبه 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 الإسفلت والمترافق مع خواصه الفيزيائية جعل منه مؤهلاً 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، ونتيجة لاستعمال الإسفلت في تليط الطرق بصورة أساسية وغيرها من الإستعمالات الواسعة لكونه يتمتع بالتصاقية جيدة مع مختلف المواد الصلبة، ولزوجته المناسبة، وكذلك توفره بكلفة 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 تحويله كيميائياً [6,7]. وبالرجوع الى الدراسات السابقة نجد هناك عدد كثير من الدراسات التي تتناول عملية تحويل الإسفلت منها ما قام به [8] Can باستعمال الزيت المستهلك كمادة محورة ونسب مختلفة تراوحت بين (1-12)% وبأستخدام درجات حرارة منخفضة وأعطت الدراسة تحسناً في خواص الأسفلت تجاه عملية الأنتزاع و القشط. ودرس كل من [9] Arslin وToque الخواص الريولوجية للإسفلت بمعاملته مع نسب مختلفة من زيت التزيت بالتسخين وكان هناك تغير إيجابي واضح بالقياسات من درجة اللبونة، والنفاذية وقابلية المط، والفقدان بالوزن.

و درست 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 المؤكسد والكبريت قبل إضافة النسب المحددة من الكبريت. أذ اظهرت نتائج القياسات والفحص المايكروسكوبي تحسناً في تجانس النظام الأسفلتي مقارنة بالمزائج المحضرة من الأسفلت غير المحور.

كما قام كل من [11] Hussein و Mohammed بتحسين أداء خصائص الأسفلت بأستخدام تيرفتالات الأثلين (PET) اذ درست الفحوصات الريولوجية للإسفلت، فضلاً عن حساب فحص ثباتية الخزن بدرجات حرارية عالية واستنتجا ان اضافة البوليمر ألى الأسفلت تؤدي الى زيادة درجة اللبونة وتقلل من النفاذية والاستطالة واستنتجا أن النسبة المثالية للبوليمر كانت 4% ووجدوا أن إضافة ألبوليمر تؤدي الى تقليل الحساسية الحرارية.

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

(Ethylene- Methyl - Acrylate- Glycidyl- Methacrylate)، وهو عبارة عن مطاط مرن. كما استخدم البولي إيثيلين عالي الكثافة. وكان لهذه الإضافات تأثير واضح في تحسين خواص المرونة للإسفلت

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

المحور والمعرض لأحمال مرورية عالية . كما قام كل من Shirini وImanisab [13] بدراسة الخواص الريولوجية للإسفلت المسامي المحور بالمطاط بالمقارنة مع خلائط الإسفلت المسامي المحور بال(SBS) ووجدوا ان اضافة 10% من فتات المطاط ادى الى تحسين اداء الإسفلت المسامي في مقاومة التعفن مقارنة مع الاسفلت المحور بال SBS (ستايرين_بيوتادايين_ستايرين).

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

كما تمكن الباحثان حسين وحمدون [15] من تحويل 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 التبييط وأخرى يمكن استعمالها كمواد مانعة للرطوبة اعتمادا على القياسات التي تم إجراؤها (الاستطالة والنفاذية و درجة الليونة و نسبة الإسفلتين فضلا عن حساب دليل الاحتراق) .

الجزء العملي

Materials Used

اولا- المواد المستعملة

1- إسفلت الدورة

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

جدول(1) الخواص الريولوجية لإسفلت الدورة

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

Anhydrous Aluminum Chloride

2- كلوريد الألمنيوم اللامائي (AlCl₃)
مجهز من شركة Fluka

(n- Hexane)

3- هكسان اعتيادي
مجهز من شركة VWR Chemicals

الخواص الريولوجية للإسفلت المحوّر باللاصق التجاري (Ethylene-vinyl acetate)
وعمليات الأكسدة الهوائية

Toluene

4-التولوين

مجهاز من شركة Fluka

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

Instruments Used

ثانيا: الأجهزة المستخدمة

Ductility

1-جهاز قياس الاستطالة

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)

Penetrometer

2-جهاز قياس النفاذية

يعمل هذا الجهاز على فحص نفاذية المواد البتومينية الصلبة وشبه الصلبة . فالنفاذية هي مقياس لصلابة الإسفلت والجهاز ذو منشأ صيني نوع (YUFENG) .

Ring and Ball Apparatus

3- جهاز قياس درجة الليونة

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)

Polymer Treated Asphalt Apparatus

4- جهاز معالجة الإسفلت بالمضافات

Air Blowing Apparatus

5-جهاز ضخ الهواء

وهو من نوع Dawson McDonald and Dawson

Electrical Shaker

6- جهاز الرج الكهربائي

وهو من نوع Hamber Ggo Shaker Germany

Marshall Testing Apparatus

7- جهاز اختبار المارشال

هذا الفحص يعطي دلالة عن مدى ملائمة الإسفلت للتبليط: والجهاز ذو منشأ إنكليزي نوع (WYKEHAM FARRANCE) .

Thin Film Oven Test(TFOT)

8- جهاز اختبار الفرن لأغشية الإسفلت الرقيقة

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

Experimental Methods

ثالثا:الطرائق العملية

الخواص الريولوجية للإسفلت المحوّر باللاصق التجاري (Ethylene-vinyl acetate) و عملية الأكسدة الهوائية

Air Oxidation of Asphalt

1- الأكسدة الهوائية للإسفلت

أخذ وزن معين من الإسفلت ووضع في جهاز معالجة المادة الإسفلتية ، ومرر عليه الهواء من جهاز ضخ الهواء وبمعدل سرعة ثابتة (120سم³ / دقيقة) ، وبأزمان تراوحت بين (30 - 120) دقيقة ، وعند مدى حراري تراوح بين (100 - 200) م ° ، وباستخدام (0.5) % وزنا من كلوريد الالمنيوم اللامائي كحفاز لهذه المعاملة .

2- تحديد النسبة المثلى للحفاز

بعد تحديد الزمن ودرجة الحرارة المثلى لعملية الأكسدة وأعتماًداً على الخطوة (1) تم تغيير نسبة الحفاز المضافة، إذ استخدمت النسب (0.25، 0.5، 1، 2، 3) % وزناً لغرض تحديد النسبة المثلى من الحفاز المستخدم.

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

1-3- المسار الأول

عومل الإسفلت مع نسب مختلفة من اللاصق التجاري تراوحت بين (1 - 5) % وزنا عند درجة حرارة 150م ° ويوجد 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).

2-3- المسار الثاني

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

Asphaltene separation

4- فصل الإسفلتين

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) . وُجّ 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 للإسفلت الأصل والمحور

تم تحديد المواصفات الريولوجية للمادة الاسفلتية الاصل والمعاملة وشمل ذلك قياس كل من الاستطالة [17] ودرجة اللبونة [18] والنفاذية [19] وحساب دليل الاختراق لجميع النماذج [20]، فضلا عن قياس المارشال [21] والتقدم [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 التسطیح او العزل وما ألى ذلك من أهم الامور التي سعى اليها الباحثون من

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

وعملية الأكسدة الهوائية

خلال استخدام طرق تحويل مختلفة. في دراستنا هذه تم استخدام عملية الأكسدة 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 الأكسدة الهوائية وكما هو موضح في الفقرة ثالثا من الجزء العملي لغرض تحديد الظروف المثلى لعملية التحويل والجدول (2) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها.

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

الألمنيوم اللامائي

| نسبة الإسفلتين % | دليل الاختراق (PI) | النفاذية, ملم (100غم, 5ثا, 25م°) | درجة الليونة(م°) | الاستطالة (25م°) | درجة الحرارة (م°) | الزمن (دقيقة) | الأنموذج |
|------------------|--------------------|----------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------|------------------|
| 19.2 | -1.413 | 45.3 | 50 | 150< | 0 | 0 | AS ₀ |
| 23.3 | +0.387 | 41.6 | 59 | 85 | 100 | 30 | AS ₁ |
| 25.6 | +0.705 | 40.3 | 62 | 110 | 100 | 60 | AS ₂ |
| 28.3 | +0.986 | 38.7 | 63 | 96 | 100 | 90 | AS ₃ |
| 30.4 | +1.599 | 37.2 | 68 | 65 | 100 | 120 | AS ₄ |
| 21.7 | +0.320 | 40.4 | 59 | 93 | 150 | 30 | AS ₅ |
| 23.2 | -0.025 | 41.5 | 57 | 150< | 150 | 60 | AS ₆ |
| 25.5 | +0.848 | 39.5 | 62 | 90 | 150 | 90 | AS ₇ |
| 27.3 | +0.896 | 37.2 | 63 | 74 | 150 | 120 | AS ₈ |
| 27.4 | +0.833 | 40.1 | 62 | 83 | 200 | 30 | AS ₉ |
| 32.6 | +0.681 | 36.7 | 62 | 79 | 200 | 60 | AS ₁₀ |
| 29.1 | +1.028 | 36.4 | 64 | 65 | 200 | 90 | AS ₁₁ |
| 36.2 | +1.303 | 35.2 | 66 | 52 | 200 | 120 | AS ₁₂ |

AS₀ الانموذج الأصل بدون أكسدة

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

يتضح من الجدول (2) أن أفضل الظروف لعملية الأكسدة الهوائية والمؤدية للحصول على أفضل خواص ريولوجية كانت عند النموذج AS₆ التي هي زمن أكسدة 60 دقيقة وحرارة 150م°. كذلك نلاحظ من الجدول ان النسب المئوية للإسفلتين تزداد ضمن درجة الحرارة الواحدة بازدياد زمن الأكسدة الى حد معين ثم تبدأ بالانخفاض 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 الأكسدة الهوائية , تم تحديد النسبة المثلى للتخفيف 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 الألمنيوم اللامائي عند 150م° وزمن ساعة وبعملية أكسدة هوائية

| النسبة الإسفلتين % | دليل الاختراق (PI) | النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°) | درجة الليونة(م°) | الاستطالة (25,cmم°) | نسبة أحفاز (%) | الأنموذج |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------|
| 19.2 | -1.413 | 45.3 | 50 | 150< | 0 | AS ₀ |
| 26.3 | +0.414 | 38.6 | 60 | 91 | 0 | AS* |
| 24.2 | +0.699 | 40.2 | 61 | 110 | 0.25 | AS ₁₃ |
| 23.2 | -0.025 | 41.5 | 57 | 150< | 0.5 | AS ₁₄ |
| 26.7 | +0.663 | 36.4 | 62 | 58 | 1 | AS ₁₅ |
| 29.4 | +1.225 | 34 | 66 | 32 | 2 | AS ₁₆ |
| 29.6 | +0.836 | 33.4 | 64 | 31 | 3 | AS ₁₇ |

AS₀ النموذج الاصل دون أي معاملة

AS* نموذج مؤكسد بدون حفاز عند الظروف المثلى لعملية الأكسدة

نلاحظ من الجدول أعلاه أن نسبة الحفاز التي تم اختيارها في بداية التفاعل والتي هي (0.5%) وزناً، تمثل أفضل نسبة يمكن استخدامها لتحويل الخواص الريولوجية للإسفلت باستخدام عملية الأكسدة الهوائية. يتضح من الجدول (2) والجدول (3) ان أفضل الظروف لتحويل الإسفلت باستخدام عملية الأكسدة الهوائية عند زمن (60) دقيقة ودرجة حرارة(150م°) ونسبة كلوريد الألمنيوم اللامائي(0.5)% وزناً .

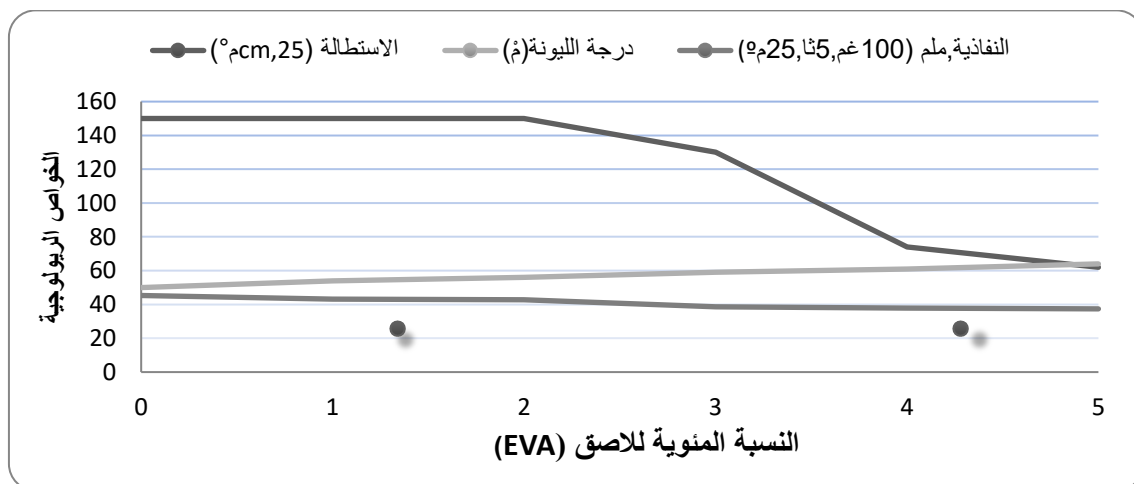
الخواص الريولوجية للإسفلت المحوّر باللاصق التجاري (Ethylene-vinyl acetate)
وعملية الأكسدة الهوائية

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 الألمنيوم اللامائي بعملية أكسدة هوائية.

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

AS₀ الانموذج الأصل بدون أكسدة



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

**الخواص الريولوجية للإسفلت المحوّر باللاصق التجاري (Ethylene-vinyl acetate)
وعمليات الأكسدة الهوائية**

يتضح من الجدول (4) أن عملية استخدام المادة اللاصقة جنباً إلى جنب مع عملية الأكسدة الهوائية كان اختياراً جيداً في ضوء النتائج الموضحة في الجدول .
كذلك نلاحظ من الجدول ان قيم الاستطالة للنماذج المحورة كانت ضمن حدود المواصفات القياسية لإسفلت التبيط الموضحة في الجدول (9) الى حد نسبة إضافة 3% يرافق ذلك قيم ممتازة لكل من النفاذية والليونة . بدأت قيم الاستطالة بالانخفاض عند النسبة 3% وزناً من المضاف البوليمري ولكنها لا تزال ضمن القيم الممتازة عدا قيمة النفاذية التي انخفضت الى قيم اقل من القيم المطلوبة . اما النسب 4,5% فأنها أدت الى انخفاض قيم الاستطالة بنسب اكبر مما هو عليه عند النسبة 3% وبمدى خارج المواصفات المطلوبة لإسفلت التبيط .
في مسار آخر وكما موضح في الفقرة ثانياً 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 الأكسدة الهوائية والجدول (5) والشكل (2) يوضحان النتائج التي تم الحصول عليها.

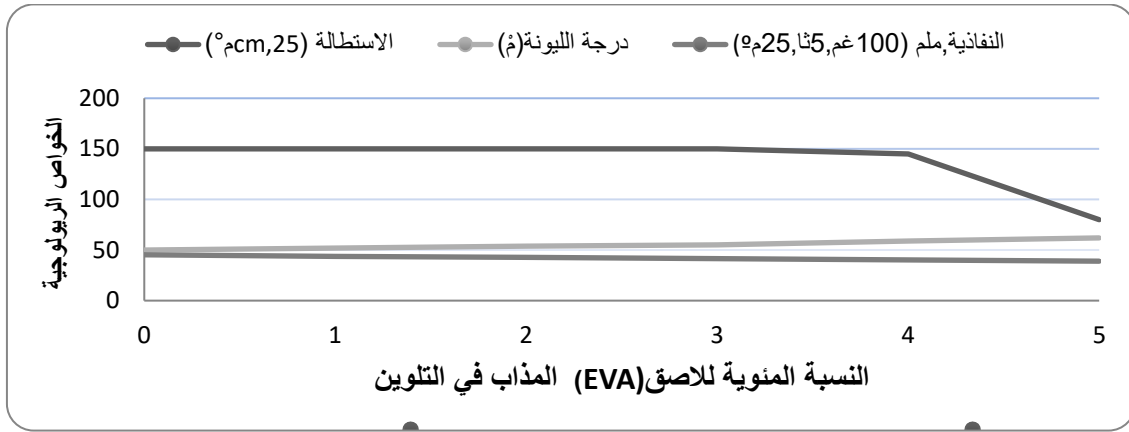
جدول (5)

الخواص الريولوجية للإسفلت المعامل مع نسب مختلفة من اللاصق (EVA) المذاب في التولوين بوجود 0.5% وزناً من كلوريد الألمنيوم اللامائي عند 150 م° وزمن ساعة وبعملية أكسدة هوائية.

| نسبة الإسفلتين % | دليل الاختراق (PI) | النفاذية, ملم (100غم, 5ثا, 25م°) | درجة الليونة(م°) | الاستطالة (25,cm م°) | نسبة اللاصق (EVA) % | الأنموذج |
|------------------|--------------------|----------------------------------|------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| 19.2 | -1.413 | 45.3 | 50 | 150< | 0 | AS ₀ |
| 23.8 | -1.012 | 43.7 | 52 | 150< | 1 | AS ₂₃ |
| 26.7 | -0.592 | 42.9 | 54 | 150< | 2 | AS ₂₄ |
| 27.8 | -0.450 | 41.5 | 55 | 150< | 3 | AS₂₅ |
| 28.3 | +0.303 | 40.1 | 59 | 145 | 4 | AS ₂₆ |
| 29.2 | +0.819 | 39 | 62 | 80 | 5 | AS ₂₇ |

AS₀ الانموذج الأصل بدون أكسدة

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



الشكل (2) تأثير اضافة اللاصق التجاري (EVA) المذاب في التلوين على خواص الاسفلت الريولوجية
نلاحظ من الجدول أعلاه ان عملية استخدام اللاصق المذاب أدت الى زيادة نسبة المضاف المستخدم بالتحوير إلى حد النسبة 4% من المضاف (من حيث قيم الاستطالة والنفذية 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 بألتاكد 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 نلاحظ من النتائج التي تم الحصول عليها أن افضل النماذج التي تم الحصول عليها (AS₂₅, AS₂₄) من حيث الاستخدام في مجال التبليط الا ان الأنموذج AS₂₄ يمتلك درجة ليونة تمثل الحد الأدنى من القيمة المطلوبة ولذلك تم اختيار الأنموذج AS₂₅ كأفضل أنموذج .
ولإثبات دور عملية الأكسدة الهوائية في تحسين الخواص الريولوجية تم اعادة التفاعل لأفضل النماذج التي تم الحصول عليها (AS₂₅, AS₁₉) من القياسات السابقة وبكلا المسارين ولكن بدون عملية اكسدة هوائية ,والجدول (6) يوضح النتائج التي تم الحصول عليها

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

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

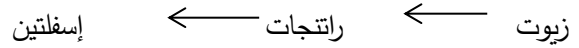
AS₀ الانموذج الأصل بدون أكسدة

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

اذ نلاحظ من الجدول أعلاه ان النموذج (AS₁₉) الذي تم الحصول عليه باستخدام اكسدة هوائية والمشار اليه في الجدول (4) أفضل من النموذج (AS₂₈) 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 AS₂₉ الذي يمثل اللاصق المذاب في التولوين وكذلك النموذج AS₂₅ 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 اختياراً موقفاً 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 الأكسدة ، إذ إنه لا يحتاج إلا إلى تكاليف قليلة تتضمن كيفية التعامل معه .

تؤدي عملية الأكسدة الهوائية الى حصول التفاعلات الآتية [26]



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]

$$\frac{20-PI}{10+PI} = 50 \left[\frac{\log 800 - \log pent}{T.R.B - T} \right]$$

PI: دليل النفاذية أو دليل الاختراق

Pent: درجة نفاذية الأنموذج الإسفلتي

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

T.R.B: درجة ليونة الأنموذج المقاسة بطريقة الكرة والحلقة (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 إخضاعها 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 أخرى بالإمكان استخدامها كإسفلت يستعمل في التسطیح , كما هو موضح في الجداول من (9,8,7)

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

الجدول (7)

المواصفات القياسية الأمريكية (ASTM (D491- 88 للإسفلت المستعمل لإنتاج الماستك [29]

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

الجدول (8)

المواصفات القياسية العراقية للإسفلت المستعمل في التسطیح [30]

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

الجدول (9)

المواصفات الريولوجية للإسفلت المستعمل في التبليط حسب مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية

[31] (S.C.B.R)

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

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

من أجل معرفة مدى ملاءمة النماذج الإسفلتية لأغراض التبليط ، تم إجراء فحص المارشال (التبليط بالإسفلت) لاثنتين 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 الاستقرارية (الثباتية) (Stability) والزحف (Flow) من خلال تدرجاتٍ معينة موجودة في الجهاز . يمكن تعريف الثباتية على أنها قابلية المزيج الأسفلتي على مقاومة التشوه الناتج عن تعرض الطرُق 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 مطابقة لمواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.C.R.B) [31]

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

| الإسفلت المُوَحَّر (أفضل النماذج) | | | نسبة الإسفلت المضاف إلى الركام (%) | رقم الأنموذج |
|--------------------------------------|---------------|---------------------|------------------------------------|------------------|
| MQ | الزحف (mm) | الإستقرارية (KN) | | |
| 2.21 | 5.1 | 11.3 | 4.5 | AS ₀ |
| 5.67 | 3.1 | 17.6 | | AS ₁₉ |
| 6.61 | 3.4 | 22.5 | | AS ₂₅ |
| 3.5 الحد الأدنى | 2-4 | 7 الحد الأدنى | | AS** |

. 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 .

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

ولأجل معرفة درجة تأثر النماذج الإسفلتية المحورة بظروف التقادم تم اجراء فحص الفرن لأغشية الأسفلت الرقيقة للأنموذج المحور (AS₂₅) 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 (25م°) | 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 (25م°,cm) | 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 | |

نلاحظ من الجدول (11) ان درجة تأثر الإسفلت المحور بظروف التقادم الزمني من درجة حرارة 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 الاديبيات 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].

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

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 التأثير بظروف التقادم الزمني مقارنة بالإسفلت الأصل

5 - نلاحظ من الدراسة ان نسبة الإسفلتين ازدادت بصورة عامة بزيادة زمن الأكسدة 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 Science 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), .