تعديل البيتومين صنف (85-100) لاستخدامه في الخلائط البيتومينية المحلية

د. بسام سلطان*

(تاريخ الإيداع 19 / 10 / 2020. قُبِل للنشر في 7/ 2 / 2021)

□ ملخّص □

يختلف استخدام نوع البيتومين حسب الحالة المناخية ، فالبيتومين ذو الغرز العالي يفضل استخدامه في المناطق الباردة أما المناطق الحارة تتطلب بيتومين أكثر قساوة . يهدف هذا البحث إلى التحقق من إمكانية استخدام البيتومين صنف (85-100) بعد تعديله باستخدام نوعين من البوليميرات (SBS , PP) وبنسب (3 ، 4 ، 5 %) وزناً من البيتومين لاستخدامه كرابط في صناعة الخلائط البيتومينية المحلية ولزيادة مقاومته لدرجات الحرارة المرتفعة وزيادة ممانعته للظروف المناخية المختلفة ، حيث أن البيتومين صنف (85-100) يفقد الكثير من خواصه نتيجة التعب قصير الأمد الذي يتعرض له أثناء إنتاجه في درجات الحرارة المرتفعة. بينت النتائج أن الغرز يتناقص مع زيادة نسبة إضافة البوليمير ، ويزداد الغرز المتبقي مع زيادة نسبة الإضافة من البوليمير، وترتفع درجة حرارة نقطة التمييع عند إضافة البوليمير مما يشير إلى تحسن في مقاومة المادة البيتومينية للتشوه في درجات الحرارة المرتفعة مقارنة بون اضافات .توصلت الدراسة إلى ان استخدام (SBS) بنسبة (5%) هي نسبة مثالية لتعديل بيتومين (85-100) ويمكن استخدامه في انتاج الخلائط البيتومينية المحلية.

الكلمات المفتاحية: البيتومين – الغرز – نقطة التمييع – بوليمير – تقادم البيتومين.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة المواصلات والنقل – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

"Modified Bitumen Grade (85-100) for Use in Domestic Bituminous Mixtures"

Dr. Bassam Soultan*

(Received 19 / 10 / 2020. Accepted 7 / 2 / 2021)

□ ABSTRACT □

The use of bitumen varies according to the climatic condition. Bitumen with high penetration is preferred for cold regions, while hot regions require harder bitumen. This research aims to verify the possibility of using bitumen (85-100) after modifying the use of two types of polymers (SBS, PP) with ratios of (3, 4, 5%) by weight of bitumen for use as a binder in the manufacture of local bituminous mixtures and to increase its resistance to high temperatures and increase its reluctance to different climatic conditions, as the bitumen (85-100) loses many of its properties due to the short-term fatigue that it is exposed to during its production at high temperatures. The results showed that the penetration decreases with increasing polymer addition rate, the remaining penetration increases with increasing polymer addition rate, softening point increases when adding the polymer, which indicates an improvement in the bituminous resistance to deformation at higher temperatures. The study concluded that the use of SBS (5%) is an ideal ratio for bitumen modification (85-100) and can be used in the production of local bituminous mixtures.

Keywords: Bitumen - penetration - Softening point - polymer - bitumen aging

*Associate Professor, Department of Traffic and Transportation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Syria.

مقدمة:

يتم إنتاج البيتومين ، كرابط للحصويات ، لتلبية مجموعة مختلفة من المواصفات بناءً على الخصائص الفيزيائية المناسبة الخاصة بطبقات الرصف. عادة ما يتم انتاج الخلائط البيتومينية المحلية باستخدام بيتومين بدرجة الغرز التقليدية (60-70) المعرضة للفشل المبكر بسبب الشقوق والتخدد[1-2]. كما يتطلب الرصف البيتوميني صيانة متكررة بسبب الأمطار وتأثره بتغير درجات الحرارة ، ونتيجة للتغيرات المناخية والحرارة المرتفعة صيفاً تسعى الدول لتحسين اداء الخلائط الاسفلتية عن طريق استخدام بيتومين أكثر قساوة وأقل تأثراُ بالتغيرات الحرارية ، حيث يمكن استخدام بيتومين ذو غرز منخفض و لزوجة مرتفعة ويتم ذلك عن طريق تعديل انواع البيتومين المنتجة لتلبي هذه المعايير [3].
بالنسبة للمناطق ذات درجات الحرارة المرتفعة ، فإن أهم متطلبات الأداء للخلائط البيتومينية وطبقات الرصف البيتوميني هي مقاومة التشوه الدائم (التخدد) ومقاومة الشقوق السطحية الناجم عن الشيخوخة. ويكون للبيتومين تأثير كبير على متطلبات الأداء هذه [4].

على مدى العقود الماضية ، اتخذ العديد من الباحثين مبادرات لتعديل البيتومين بإضافة مجموعة واسعة من المواد لضمان ديمومة الرصف البيتوميني. تم استخدام أنواع مختلفة من البوليمرات والمطاط وما إلى ذلك مع البيتومين ولكن تأثيرها كان بشكل أساسي لزيادة لزوجة البيتومين[2]. تم تقييم البيتومين المعدل بالبوليميرات كرابط واعد لتحسين أداء الرصف و إطالة العمر الخدمي له، على سبيل المثال مقاومة أكبر للتخدد والشقوق الحرارية وتقليل شقوق التعب وقابلية أقل للتأثر بالحرارة والتعرية . بينت نتائج الدراسات أن البيتومين المعدل بالبوليميرات أكثر لزوجة مقارنة بالبيتومين غير المعدل ويميل لتحسين الالتحام والتلاصق مع الحبات الحصوية ، كما أظهر البيتومين المعدل بالبوليمير متانة أفضل للرصف من حيث مقاومة التشقق و التقادم. كما توفر زيادة في مقاومة الانزلاق و تخفف من ضجيج إطارات العربات [7]. يهدف تعديل الرابط البيتوميني إلى إنتاج مواد رابطة معدلة ذات خصائص ريولوجية وميكانيكية أفضل. يعتمد التحسين على تعديل بنيتها الداخلية من أجل تحقيق الخصائص التالية:

- انخفاض الحساسية للحرارة
- مقاومة التعب
- مقاومة الشقوق والتشوه الديناميكي
- زيادة العمر ومقاومة التقادم
- زيادة نقطة التمييع
- تحسن في نقطة الكسر
- انخفاض قيمة الغرز وبالتالي تحسن دليل الغرز

يرمز للبيتومين المعدل بالبوليمير بمصطلح (PMB)، هناك نوعان أساسيان من البوليمرات المستخدمة لتعديل البيتومين: البلاستوميرات و الإليستوميرات. تزيد البلاستومرات من صلابة ولزوجة البيتومين، ولوحظ أن تأثير البلاستومير يتضاءل فوق درجة حرارة التبلور (50 إلى 80 درجة مئوية). يتم تطبيق البيتومين المعدل بالبلاستومر بشكل رئيسي لتحسين مقاومة التشوه الدائم. نظرًا لأنها غالبًا ما تكون عرضة لانفصال الطور ، يلزم الخلط المستمر أثناء التخزين. من أمثلة بوليميرات البلاستومير هي EVA (إيثيلين – فينيل أسيتات) و PE (بولي إيثيلين) [11-13]. تزيد الإليستوميرات من مرونة البيتومين وتقلل من صلابته في درجات الحرارة المنخفضة، ويعتبر بوليمر ستايرين، بيوتاديين ، ستايرين (SBS) هو الأكثر استخداما من صنف الإليستوميرات في تعديل البيتومين حيث يشكل وجوده

ضمن البيتومين شبكة عالية المرونة ، وتختفي هذه الشبكة بدرجات حرارة أعلى من (100 درجة مئوية) وتعود عند انخفاض الحرارة . بينت نتائج الدراسات أن SBS يحسن أيضا المقاومة ضد الشيخوخة الناجمة عن التاكسد. من المهم ملاحظة أن جودة البيتومين المعدل SBS تعتمد بشكل كبير على عملية الإنتاج. لا يتم تطبيق البيتومين المعدل SBS فقط لتحسين مقاومة التشوه الدائم ولكن أيضًا لتحسين مقاومة التشقق (شقوق التعب و الحرارة والشقوق الانعكاسية). لا يعتمد تأثير تعديل البوليمر فقط على نوع البوليمر ولكن أيضا على كمية البوليمر. يزداد حجم البوليميرات إلى تسع أضعاف حجمها الأصلي في البيتومين.

أظهر العديد من الباحثين اهتمامهم بدراسة خصائص المواد البيتومينية الرابطة المعدلة وتقييم ميزاتها مقارنة بالبيتومين التقليدي. أفاد Lu and Iscasson [13] بأن تعديل بوليمر SBS يزيد من مرونة الرابط في درجات الحرارة المرتفعة ويحسن ليونة في درجات الحرارة المنخفضة. يجب أن تؤدي هذه الخصائص المحسنة إلى زيادة المقاومة الشقوق في درجات الحرارة المنخفضة ومقاومة التخدد الأسفلت في درجات الحرارة العالية. لوحظ تحسن كبير في الخصائص الريولوجية عند زيادة محتوى SBS من 3٪ إلى 6٪ بالوزن. تُظهر المواد المُعدلة التي تحتوي على SBS المتفرعة (branched SBS) مرونة أعلى وقابلية أقل للتأثر بالحرارة مقارنة بالبيتومين المُعدلة مع SBS الخطي (linear SBS) عند درجات حرارة عالية ولكن هذين النوعين من البوليمر لا يختلفان في تأثيرهما عند درجات الحرارة المنخفضة . كما قام Al Hadidy and Qui [11] بدراسة ومقارنة خصائص البيتومين المعدل ب SBS في خلائط نوع SMA. تؤدي إضافة SBS إلى رفع ثبات ومعامل صلابة مارشال ، مقارنة مع الخلطة المرجعية بينما تنخفض قيمة الانسياب ، كما كانت الخلائط المعدلة أقل حساسية للرطوبة .

درس Behnood [1] وأخرون تأثير الإضافات البوليميرية على الخواص الريولوجية للرابط البيتومينى ، وتأثير التركيب الكيميائي والبنية الداخلية ، وتوافق طور البوليمير مع البيتومين ، وبينت الدراسة أنه لتعديل البيتومين في حالات معينة تأثير سلبي على مقاومة التقادم ، ويمكن تحسين ذلك بإضافات مضادات الأكسدة . كما درس Singh وأخرون تأثير تعديل البيتومين بالبوليمير على خواص التقادم قصير وطويل الأمد، استخدم في الدراسة نوعين من البوليمير (SBS, EVA) وبينت النتائج أن مؤشر التقادم يختلف بحسب نوع البوليمير المضاف ، كما أن التقادم يؤثر بشكل سلبي على شبكة البوليمير ضمن البيتومين . كما قدم Li تقييم فيزيائي و ريولوجي للبيتومين المعدل ببوليمير (SBS) وبنسب إضافة (% 2, 4, 6, 8)، ودراسة تحسين البيتومين المعدل بالبوليمير لمقاومة التقادم باستخدام مواد مضادة للاكسدة [2].

درس Zhang سلوك التقادم للرابط البيتومينى التقليدي والرابط البيتومينى المعدل ببوليمر SBS و الرابط البيتومينى المعدل ببوليمير SBR ، وبينت نتائج الدراسة أن الرابط البيتومينى المعدل يعطي مقاومة أفضل للشيخوخة [3].

أهمية البحث و أهدافه:

يقع هذا البحث في مجال هندسة المواصلات والنقل (مواد طبقات الرصف المرن) ويتخصص في تحسين مواصفات البيتومين صنف (85-100) . يهدف هذا البحث إلى التحقق من إمكانية استخدام البيتومين صنف (85-100) بعد تعديله لاستخدامه كرابط في صناعة الخلائط البيتومينية المحلية ولزيادة مقاومته لدرجات الحرارة المرتفعة وزيادة ممانعته للظروف المناخية المختلفة ، حيث أن البيتومين صنف (85-100) يفقد الكثير من خواصه نتيجة التعب قصير الأمد الذي يتعرض له أثناء إنتاجه في درجات الحرارة المرتفعة .

طرائق البحث ومواده:

1- البيتومين: تم استخدام نوع واحد من البيتومين في تصميم عينات البحث ، البيتومين المستخدم في الدراسة هو بيتومين ذو صنف (85-100) وتم الحصول عليه من مصفاة حمص و اختباره وفق المواصفات السورية.

2- الإضافات المعدلة : تم استخدام نوعين من المواد المضافة من أنواع اللدائن الحرارية (Thermoplastic)

- الأولى : مادة SBS (styrene– butadiene –Styrene) أحد انواع اللدائن الحرارية (صنف إليستومير Elastomer) ومواصفاتها وفق المصنع مبينة في الجدول (1)

الجدول (1) توصيف مادة SBS

محتوى سترين (%)	30
البنية	خطية
نسبة مواد طيارة (% وزناً)	0.35
الكثافة (gr/cm^3)	0.92

- الثانية : مادة البولي بروبلين PP (Polypropylene) أحد انواع اللدائن الحرارية (صنف بوليمير Polymer) ومواصفاتها وفق المصنع مبينة في الجدول (2)

الجدول (2) توصيف مادة PP

التطاول عند الشد (%)	13
مقاومة الشد (Mpa)	32
نقطة التمييع (°C)	145
الكثافة (gr/cm^3)	0.95

1- العمل المخبري:

يستند البحث إلى دراسة مخبرية على عينات بيتومين غير معدلة ، ومقارنتها مع عينات بيتومين معدل ، وفيما يلي تسلسل خطوات العمل المخبري:

- **اختبارات البيتومين:** وتشمل تجارب الغرز، الاستطالة، نقطة التمييع (الكرة والحلقة)، اللزوجة، ونقطتي الوميض والاشتعال بغرض التأكد من مطابقة البيتومين المستخدم في تحضير عينات الدراسة للمواصفات الفنية السورية المعمول بها.
- **اختبارات البيتومين المعدل** : بعد التحقق من صنف البيتومين المستخدم ، نقوم بتعديل عينات البيتومين بإضافة المواد المعدلة (SBS , PP) التي تم توصيفها سابقاً بنسب (3 ، 4 ، 5 %) وزناً من البيتومين وفق منهجية علمية لطريقة الخلط لكل مادة مضافة بحيث نحصل على تجانس للعينات المعدلة ، حيث يتم أولاً تسخين الرابط البيتومين إلى درجة حرارة (150) ثم تتم إضافة المادة بمعدل (1 gr/min) إلى البيتومين الساخن مع المحافظة على درجة حرارة الخلط وبسرعة خلط 500 دورة/دقيقة ، و بعد انتهاء كمية المادة المضافة ، يتم زيادة سرعة الخلط إلى 2000 دورة/دقيقة ولمدة ساعة للحصول على خليط متجانس ومن ثم إجراء الاختبارات على عينات البيتومين المعدل وتتضمن الغرز ، الاستطالة ، نقطة التمييع ، وحساب دليل الغرز.

وتعطى علاقة حساب دليل الغرز :

$$Pentration\ Index\ (PI) = \frac{20-500A}{1+50A}$$

$$A = \frac{log800-log(pen@T)}{T_{R\&B}-T}$$

حيث : T درجة حرارة اختبار الغرز ، $T_{R\&B}$ درجة حرارة التمييع (كرة وحلقة)

- **اختبارات بعد التقادم قصير الأمد (Short term Aging)** : التقادم أو الشيخوخة عامل رئيسي يؤثر على ديمومة الرابط البيتومين. تحدث شيخوخة البيتومين قصيرة الأمد أثناء عملية الخلط والنقل و الفرش. تتم محاكاة عملية التقادم قصيرة الأمد باستخدام الفرن الدوار (Rolling Thin Film Oven **RTOF**) وفقاً لمواصفة الآشتو (AASHTO T-240) من خلال قياس تأثير الحرارة والهواء على فيلم متحرك من المادة البيتومينية. تم اجراء التقادم لعينات البيتومين العادي و المعدل عند درجة حرارة (163 درجة مئوية) ويتدفق الهواء 4000 مل / دقيقة لمدة 85 دقيقة. ومن ثم إجراء اختبارات توصيفية على البيتومين المعدل وغير المعدل ومقارنته مع نتائج الاختبارات قبل التقادم . تم استخدام مؤشر الغرز المتبقي (RP) ، والزيادة في نقطة التمييع (ISP) ، و دليل تقادم اللزوجة (VAI) لوصف تأثير نوع المادة المضافة والتركيز على خصائص التقادم للرابط البيتومين باستخدام العلاقات التالية:

مؤشر الغرز المتبقي (RP) = (قيمة الغرز بعد التقادم/قيمة الغرز قبل التقادم)*100

الزيادة في نقطة التمييع (SPI) = (قيمة نقطة التمييع بعد تقادم – قيمة نقطة التمييع قبل التقادم)

دليل تقادم اللزوجة (VAI) = ((قيمة اللزوجة بعد التقادم – قيمة اللزوجة قبل التقادم)/ قيمة اللزوجة قبل التقادم)*100

النتائج والمناقشة:

تم إجراء الاختبارات والتجارب على البيتومين (85-100) في مخبر المواصلات والنقل – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين ونبين في الجدول (2) نتائج اختبار البيتومين غير المعدل

الجدول (2) نتائج اختبار البيتومين

نوع الاختبار	نتائج الاختبار	المتطلبات الفنية وفق ASTM D946
الغرز (Penetration Test) (25C°)100g,5sec	90	100-85
استطالة البيتومين (الممطولية) (Ductility) (25C°) 5cm/min ,cm	+ 132	min 100.0
نقطة التميع (Softening Point Test) (◦c)	46.5	52-48
نقطة الوميض والاشتعال (Flash and Fire Point rest) (Cleveland cup open) (C°)	درجة الوميض 291 C°	min 450(232 C°)
	درجة الاشتعال 298 C°	
الوزن النوعي	1.03	1.01-1.03
اللزوجة (Viscosity) (135C°) Pa.s	0.379	-

من النتائج السابقة نجد أن البيتومين المستخدم في الدراسة قد أعطى قيمة غرز (90) وبالتالي هو من الصنف (85-100) وهو محقق للمتطلبات الفنية الخاصة بهذا الصنف من البيتومين.

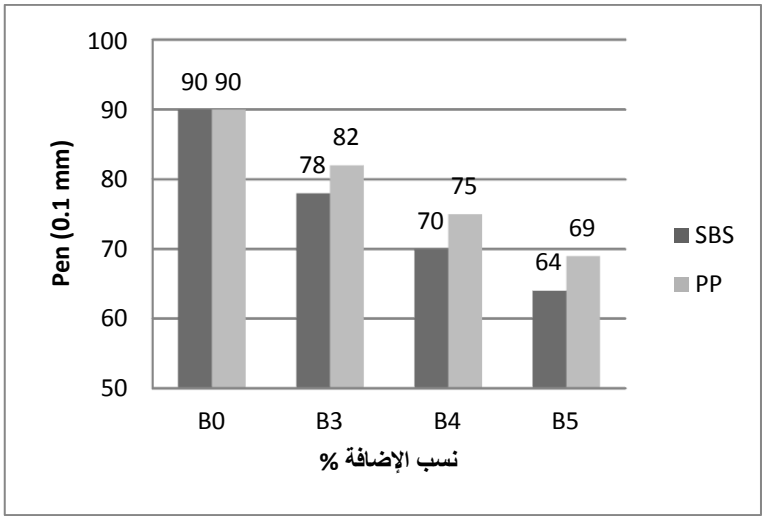
1-1- نتائج اختبار البيتومين صنف (85-100) المعدل ب PPوSBS :

بعد التحقق من صنف البيتومين المستخدم (85-100) ، تم تعديل عينات البيتومين باستخدام مادتين مضافتين وبنسب مئوية مختلفة (3 ،4 ،5 %) . بعد إعداد عينات البيتومين المعدل تم إجراء اختبارات الغرز ،الاستطالة ، الكرة والحلقة وتم تحديد دليل الغرز والفاقد بالحرارة على العينات والنتائج مبينة في الأشكال (1و2و3و4)

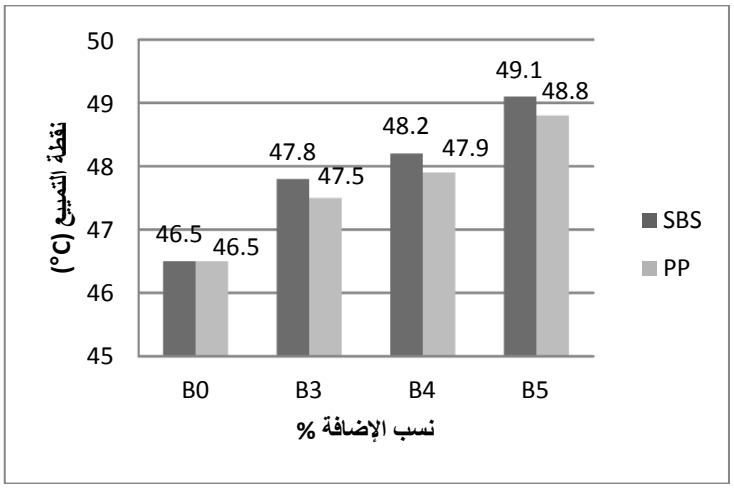
يمكن ملاحظة وجود تحسن في قيم الغرز ونقطة التمييع واللزوجة لكل من الأسفلت المعدل مقارنة بـ الأسفلت غير المعدل. أدت إضافة المادة المضافة إلى الأسفلت إلى انخفاض الغرز ، وزيادة نقطة التمييع واللزوجة عند درجة حرارة الاختبار. ويرتبط هذا التحسن بزيادة محتوى المادة المضافة في الرابط الأسفلتي. أظهر رابط الأسفلت المعدل بنسبة(9٪) من المادة المضافة أعلى قيمة لزوجة مقارنةً بالبيتومين المعدل بنسب أخرى من المادة المضافة وكانت جميع العينات ضمن اللزوجة القصوى المحددة لـ (3 Pa.s) عند متطلبات درجة حرارة ° C 135. السبب الرئيسي لهذا التحسن بعد إضافة نسب المختلفة بسبب التشتت الأفضل للمادة المضافة في البيتومين الذي حسن من خواصه عن طريق تقييد انسياب البيتومين وبالتالي يجعلها أكثر صلابة. وبمعنى أخر يعزز وجود المادة المضافة من الترابط مع البيتومين مما يؤدي إلى تحسين خصائصه الفيزيائية. بالمقارنة مع SBS ، أظهر PP قيما أقل للغرز ونقاط تمييع أعلى وقيم اللزوجة ، والتي يمكن أن تكون مرتبطة بنوع المعالجة التي تستخدم لتعديل كلا من المادتين مما يؤدي إلى تشتت أفضل لجزيئات البوليمير في البيتومين .

الجدول (3) نتائج اختبارات البيتومين المعدل

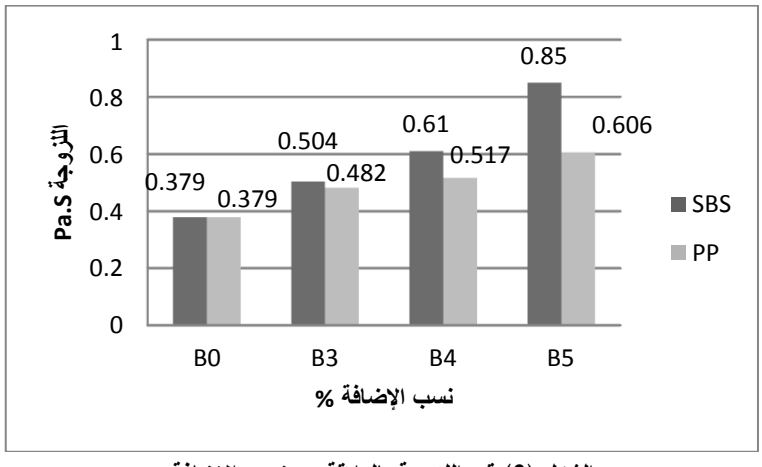
نسبة التعديل %	الغرز dcm	الاستطالة Cm	نقطة التميع °c	اللزوجة (135 °C) Pa.s	دليل الغرز IP
0	90.0	132	46.5	0.379	-0.644
3(SBS)	78.0	109	47.8	0.504	-0.675
4(SBS)	70.0	101	48.2	0.610	-0.854
5(SBS)	64.0	92	49.1	0.850	-0.842
3(PP)	82.0	124	47.5	0.482	-0.620
4(PP)	75.0	105	47.9	0.517	-0.754
5(PP)	69.0	95	48.8	0.606	-0.729



الشكل (1) قيم الغرز بالعلاقة مع نسب الإضافة

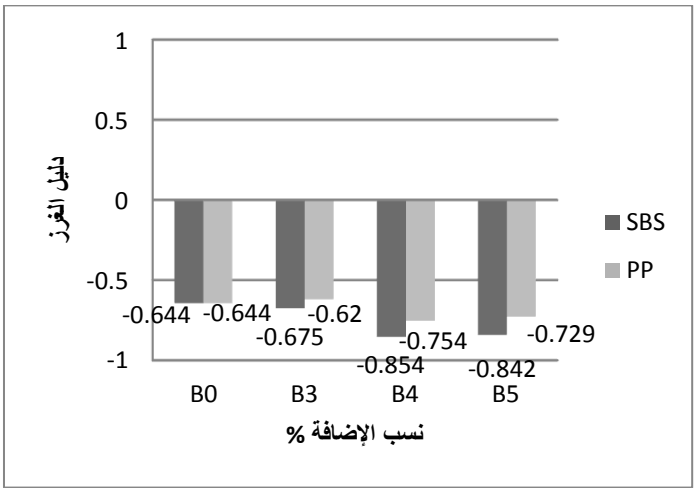


الشكل (2) قيم نقطة التمييع بالعلاقة مع نسب الإضافة



الشكل (3) قيم اللزوجة بالعلاقة مع نسب الإضافة

يلاحظ من الشكل (1) انخفاض قيم الغرز مع زيادة نسبة الإضافة ووصلت قيمة الغرز إلى (64) عند التعديل ب SBS ونسبة إضافة (5%) أي انخفضت قيمة الغرز بنسبة مئوية (28.9 %) ، ويقابلها ازدياد في قيم درجة حرارة الكرة والحلقة ووصلت أعلى قيمة لنقطة التمييع (49.1 درجة مئوية) وبنسبة زيادة (6.6 %) ، أما عند التعديل بنفس النسبة باستخدام البولي بروبلين PP فقد انخفضت قيم الغرز بنسبة (23.3 %) وازدادت درجة حرارة التمييع بنسبة (4.95 %).



الشكل (4) قيم دليل الغرز بالعلاقة مع نسب الإضافة

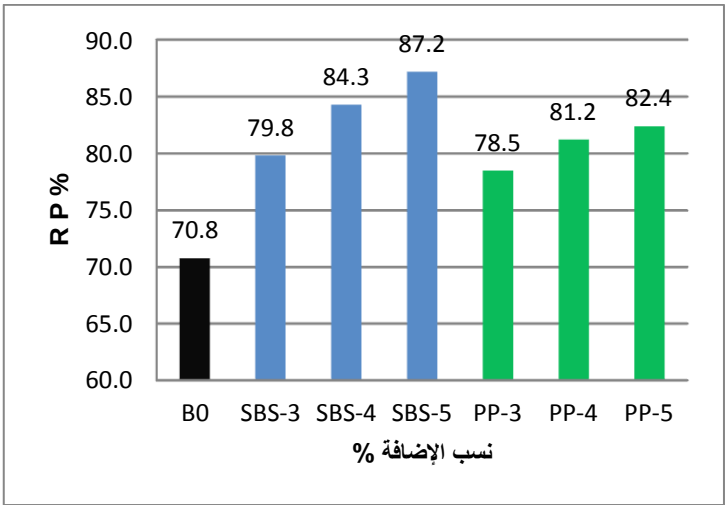
من الشكل (4) نجد ان جميع قيم دليل الغرز عند التعديل بكلا الإضافتين ضمن المجال المسموح [1+ , 1-] للبيتومين الخاص بالطرق ، وهذا يشير إلى إمكانية استخدام هذا النوع من البيتومين المعدل في أعمال الرصف البيتومين [8] .

1-2- نتائج بعد التقادم قصير الأمد:

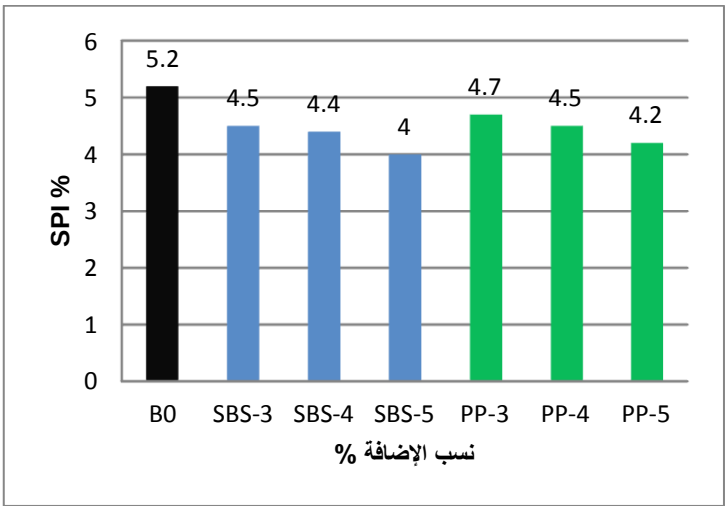
باستخدام فرن الطبقة الرقيقة الدوار RTOFT قمنا بإجراء التقادم قصير الأمد على عينات البيتومين العادي والمعدل وحساب الفاقد بالحرارة و الغرز المتبقي و مؤشرات التقادم الخاصة بالبيتومين ونبين نتائج الاختبارات في الجدول (4)

الجدول (4) نتائج اختبار التقادم قصير الأمد

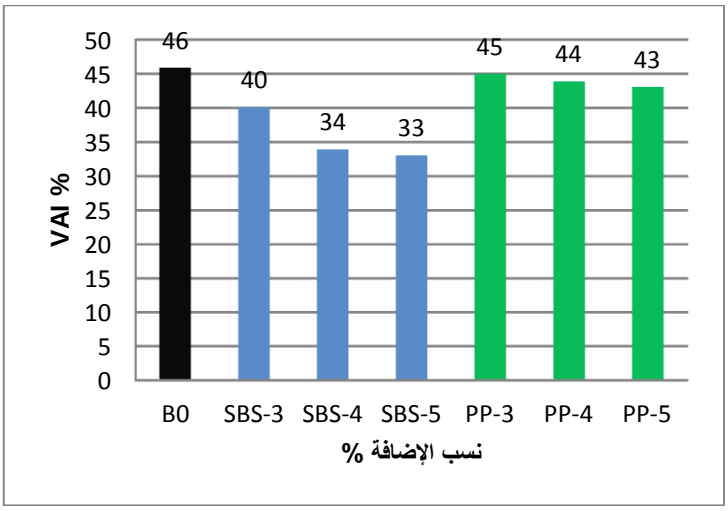
نسبة التعديل %	الغرز المتبقي dcm	نقطة التميع بعد الفاقد c°	اللزوجة بعد الفاقد (135 °C) Pa.s
0	63.7	51.7	0.553
3(SBS)	62.3	62.3	0.706
4(SBS)	59.0	59.0	0.817
5(SBS)	55.8	55.8	1.131
3(PP)	64.4	64.4	0.699
4(PP)	60.9	60.9	0.744
5(PP)	56.9	56.9	0.867



الشكل (5) مؤشر الغرز بالعلاقة مع نسب الإضافة



الشكل (6) الزيادة في نقطة التمييع بالعلاقة مع نسب الإضافة



الشكل (7) مؤشر اللزوجة بالعلاقة مع نسب الإضافة

يبين الشكل (5) أن مؤشر الغرز المتبقي (RP) يزداد مع زيادة تركيز المادة المضافة في جميع العينات ومن حيث نوع الاضافة ، أظهرت النتائج ان لإضافة SBS غرز متبقي أفضل من إضافة PP. يمكن أن يكون هذا مرتبطا بزيادة الانتظام والتوافق عن طريق زيادة تركيز البوليمير في الرابط مما يجعل من الصعب انسياب الرابط مع انتشار جزيئات البوليمير في الرابط. يوضح الشكل (6) التباين في قيم نقطة التمييع بتراكيز مختلفة من البوليمير المضاف. ارتفعت نقطة التمييع لجميع عينات البيتومين المعدل بكلا نوعي البوليمير المعدلة بعد عملية التقادم قصيرة الأمد RTFO مقارنة بالبيتومين غير المعدل. بعبارة أخرى ، يمكن أن تؤدي إضافة البوليمير بتركيز مختلف إلى رابط البيتومين إلى تحسين مقاومة التقادم للرابط وجعلها أكثر مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة وبالتالي تؤدي إلى زيادة مقاومة التشوه والتخدد.

تشير نتائج مؤشر تقادم اللزوجة كما هو موضح في الشكل (7) إلى أن مؤشر تقادم اللزوجة للرابط البيتومين المعدل بالبوليمير يتناقص مع زيادة محتوى البوليمير في كلا النوعين من الإضافة . من حيث نوع البوليمير أظهر SBS مقاومة أفضل للتقادم مقارنة بـ PP. ترجع زيادة مقاومة التقادم للرابط بعد تعديل البيتومين إلى التشتت الأفضل لجزيئات البوليمير داخل الرابط والتي تقيد حركة البيتومين ، وتشكل بنية أفضل مقاومة للتأكسد.

الاستنتاجات والتوصيات:

أجريت هذه الدراسة لتحسين خواص الرابط البيتومين صنف (85-100) من خلال استخدم نوعين من البوليميرات وبنسب مختلفة ويمكن تلخيص النتائج كما يلي:

1- بينت النتائج أن الغرز بدرجة حرارة (25°c) يتناقص مع زيادة نسبة إضافة البوليمير، مما يساعد على مقاومة القص من درجة حرارة متوسطة إلى عالية ، ويزداد الغرز المتبقي مع زيادة نسبة الإضافة من البوليمير[12]

2- ارتفاع درجة حرارة نقطة التمييع عند إضافة البوليمير يشير إلى تحسن في مقاومة المادة البيتومينية للتشوه في درجات الحرارة المرتفعة[10].

3- بينت نتائج الدراسة ان استخدام (SBS) بنسبة (5%) هي نسبة مثالية لتعديل بيتومين (85-100) ويمكن استخدامه في انتاج الخلائط البيتومينية المحلية، كما كانت النسبة المثالية لاستخدام (pp) هي (5%).

4- نوصي بدراسة الخواص الريولوجية للرابط البيتومين المعدل بنسب الإضافة وفق اختبار (DSR) و تحديد المعامل ($G^*/\sin\delta$)

5- نوصي بدراسة خواص الخلطة البيتومينية للرابط البيتومين المعدل ومقارنتها مع خواص الخلطة التقليدية.

References:

1- Ali Behnood , Mahsa Modiri Gharehveran (2019) " Morphology, rheology, and physical properties of polymer-modified asphalt binders" European Polymer Journal 112 (2019) 766–791.

2- Bhupendra Singh , Praveen Kumar (2019) " Effect of polymer modification on the ageing properties of asphalt binders: Chemical and morphological investigation " Construction and Building Materials 205 (2019) 633–641

3- Henglong Zhang, Zihao Chen, Guoqing Xu, Caijun Shi.(2018) " Evaluation of aging behaviors of asphalt binders through different rheological indices " . Fuel 221 (2018) 78–88

4- Surti K , Mishra PCB (2017)" Evaluating the Effect of Modified Bitumen after Short-Term Aging using FTIR Spectroscopy & SEM "International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology 5(V): 222-227.

5- Dony A, Ziyani L, Drouadaine I, Pouget S, Dumont SF، Simard D, Mouillet V, Poirier JE, Gabet T، Boulange L, Nicolai A and Gueit C (2016) " MURE National Project: FTIR spectroscopy study to assess ageing of asphalt mixtures " E&E Congress 2016، Prague, Czech Republic, DOI: org/10.14311/EE.2016.154
6- Remišová E, Zatkaliková V and Schlosser F (2016) "Study Of Rheological Properties Of Bituminous Binders In Middle and High Temperatures " De Gruyter 12(1): 13-20, DOI: 10.1515/Cee-2016-0002
7- Kishore KSN and Gottala A (2015)" A Study on Effect of Addition of Natural Rubber on the Properties of Bitumen & Bituminous Mixes" International Journal of Science Technology & Engineering 2(1): 206-212.
8- Wang, S. F., Wang, Q., Wu, X. Y., and Zhang, Y. (2015). " Asphalt modified by thermoplastic elastomer based on recycled rubber" Constr. Build. Mater. 93:678–684.
9- Shafabakhsh GH, Sadeghnejad M and Sajed Y (2014)" Case study of rutting performance of HMA modified with waste rubber powder" Case Studies in Construction Materials 1: 69–76, DOI: org/10.1016/j. cscm. 2014.04.005
10- Yener E and Hınıslıoğlu S (2014)" Effects of exposure time and temperature in aging test on asphalt binder properties" International Journal of Civil And Structural Engineering 5(2): 112-124, DOI: 10.6088/ ijcser.2014050011
11- Al-Hadidy, A. and Qui, T. (2010)."Comparative Performance of the SMAC Made with the SBS and ST-Modified Binders" Journal of Materials in Civil Engg., ASCE, 22(6), 580-587. 4. ASTM D 1754 (1997), “Effect of Heat and Air on Asphaltic Materials”.
12- Willway T, Baldachin L, Reeves S, Harding M, McHale M , Nunn M (2008)" The effects of climate change on highway pavements and how to minimize them " Technical report, p 124, https://trl.co.uk/ reports/PPR184
13- Lu, X. and Isacsson, U. (1997). " Rheological characterization of styrene-butadiene-styrene copolymer modified bitumens" , Journal of Construction and Building Materials, Elsevier Science Ltd, 11(1), 23-32