مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

تعديل البيتومين المحلي
لاستخدامه في خلطات بيتومينية خاصة بمهابط المطارات

د. بسام سلطان*
د. عماد فاضل**
ديانه عادل مرشد***

(تاريخ الإيداع 30 / 5 / 2011. قُبِل للنشر في 8 / 9 / 2011)

□ ملخّص □

أجري هذا البحث لتحسين خاصية مقاومة البيتومين للكيروسين، الذي قد تتعرض له طبقة التغطية البيتومينية في المطارات، ولهذا الهدف تم اختيار الـSBS (Styrene Butadiene Styrene) والـEN1 كمحسنات للبيتومين، وأضيف الـSBS بنسبة 3.5% والـEN1 بنسبة 6%. أجريت بعض التجارب لتحديد خواص البيتومين المعدل وغير المعدل، وكانت النتائج ضمن حدود المواصفات، تم غمر عينات البيتومين بالكيروسين ولوحظ تحسن واضح في عدم انحلال العينات المعدلة، وتم تجهيز عينات من الخلطة البيتومينية وفق طريقة مارشال لكل من أنواع البيتومين المستخدم في بحثنا، وأجريت عليها الاختبارات اللازمة وأعدت عينات وفق النسبة المثالية من البيتومين وغمرت بالكيروسين لمدة24h ورغم أنها لم تحقق شرط ألا يزيد النقص في وزنها بعد الغمر عن 1% إلا أن مقدار التحسن ملموس وجدير بالإهتمام، وقمنا بتجهيز عينات من الخلطة وغمر سطحها العلوي لمدد مختلفة ولم يتجاوز النقص في الوزن 0.24% للخلطات المعدة من بيتومين معدل بالـSBS و0.23% للخلطات المعدلة بالـEN1 في حين كان النقص في وزن العينات غير المعدلة 2.4% أي أن مقدار التحسن هو بحدود عشرة أضعاف.

الكلمات المفتاحية: الخلطات البيتومينية، مقاومة الكيروسين، مقاومة وقود الطائرات، البولميرات.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.
** أستاذ مساعد – قسم هندسة الإدارة والتشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.
*** قائمه بالأعمال – طالبة ماجستير – قسم هندسة النقل والمواصلات – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (5) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (5) 2011

Using Modified Local Bitumen in Bituminous Mix, Especially on Runways

Dr. Bassam Sultan[*]
Dr. Imad Fadel[**]
Diana Adel Morshed[***]

(Received 30 / 5 / 2011. Accepted 8 / 9 / 2011)

□ ABSTRACT □

This research was done to improve the resistance quality of Bitumen to Kerosene, which may leak to get to the bituminous layer covering runways. For this purpose, SBS and EN1 were selected as improving materials to bitumen according to the following rates: 3.5% for SBS and 6% for EN1. Some experiments were made to determine the qualities of modified and unmodified bitumen; the results obtained were up to the specifications set. It was noticed, after immersing samples of Bitumen in Kerosene, that there was a significant improvement represented by the dissolution of the modified samples. According to Marshal's method, samples of Bituminous mix were prepared for all the Bituminous types used in this research. These samples were put to the required tests, and samples were prepared according to an ideal rate of Bitumen; they were also immersed in Kerosene for 24 hours. Although, they didn't satisfy the condition of not having increased their weights to exceed 1% following immersion, the improvement rate was tangible and significant. We also prepared Samples of the mix; then they were immersed for different periods; the result was as follows: The lack of weight was 0.24% for the Bitumen mix modified by adding SBS, and 0.23% for the one modified by adding EN1, whereas the lack of weight in the unmodified samples was 2.4%. This meant that the rate of improvement became tenfold better.

Keywords: Bituminous mix, kerosene`s resistance, jet fuel resistance, polymer.

[*] **Associate Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Associate Professor, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[***] **Postgrduate Student, Department of Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تتعرض طبقة التغطية في المطارات المرصوفة بالرصف اللين، إلى العديد من العوامل، التي تؤثر على أداء هذه الطبقة، لذلك فإنه لابد من البحث الدائم والمستمر، عن مواد محسنة مقاومة لتأثير هذه العوامل المؤثرة على الرصف اللين في طبقاته العلوية، المكونة من المجبول البيتوميني، والتي يجب أن تؤمن الحماية للطبقات الأدنى منها، بالإضافة إلى دورها كطبقة حاملة[1]، حيث تكون هذه الطبقة معرضة بشكل مباشر للحرارة العالية الناتجة عن إقلاع وهبوط الطائرات والهواء الساخن المنبثق من محركات الطائرات، بالإضافة لتعرضها للحمولات الستاتيكية والديناميكية العالية، الناتجة عن أوزان الطائرات[2]، بالإضافة إلى تأثير الوقود على طبقة المجبول البيتوميني الذي قد ينسكب على الطبقة السطحية أثناء أعمال الصيانة أو أثناء تزويد الطائرة بالوقود، مما يسبب تعري الحصويات والنقص في الثبات وبالتالي إلى التشوهات وتشكل الحفر على سطح الرصف وبالنتيجة إنقاص عمر الرصف ونقص الأمان أثناء الإقلاع والهبوط إضافةً إلى الكلفة المستمرة للصيانة المتكررة[3] ومن أهم الإضافات المستخدمة لتحسين البيتومين هي البولميرات(المرنة أو اللدنة)، أو المواد المالئة (الإسمنت البورتلاندي–الكلس) والألياف الصناعية (البوليستيرين–الألياف الزجاجية..الخ) والإطارات البالية...وتم اختيار نوعين من الإضافات في هذا البحث هما الـEN1-SBS وذلك لتوفرها محلياً.بينت إحدى الدراسات في الولايات المتحدة الأمريكية، أن الـEN1 يزيد من صلابة البيتومين بنسبة45%، مما يساعد في مقاومة البيتومين لتأثير الحرارة العالية التي قد تتعرض لها وبالتالي يؤخر من ظهور التشققات والتخدد، وقد خفض الـEN1 من عيوب الطريق بنسبة % (50-35)وقدأكدت دراسة أجريت في أنابولس للحد من تأثير الوقود على الرصف، وعلى البيئة على أن أفضل أنواع المعدلات المستخدمة لهذا الغرض[4]، هي المعدلات التي يدخل في تركيبها كل من البولميرات(SBS(Styrene Butadiene Styrene ، SBR (Styrene Butadiene Rubber).

وقد أكدت الدراسات، أنه يمكن الحصول على أداء جيد للخلطات البيتومينية في مهابط المطارات، باستخدام نوعية عالية من الإيلاستوميرات (مثلSBS)[5] وقد استخدم بولمير الـSBS في تعديل خلطات بيتومينية خاصة بمهابط المطارات في شيكاغو(المطارالأكثر ازدحاماً في العالم)، وفي أمستردام، وفي مطار La Guardia في نيويورك وذلك بهدف الحد من تأثير الوقود المنسكب على طبقة التغطية وعند إجراء تجربة الغمس في الوقود لعينات مارشال لمدة 24 ساعة، تخربت العينات المصنوعة من الرابط بدون تعديل، وكانت قيمة النقص في الوزن 7.4% بعد التجربة، أما العينات المعدلة بالـSBS فإن العينات بقيت سليمة، ومقدار النقص في الوزن0.9% [6].

أهمية البحث وأهدافه:

تعود أهمية البحث للانتشار الواسع لاستخدام الرصف اللين في تصميم مهابط المطارات، وبشكل خاص في الجمهورية العربية السورية حيث أن كافة المطارات فيها تعتمد على الرصف اللين، الذي يعاني من ضعف تجاه تأثير المواد المحلة للبيتومين(الكيروسين) الذي تتعرض له هذه الطبقة، ويهدف هذا البحث إلى تعديل البيتومين المحلي، بإضافة مواد محسنة مختلفة (SBS-EN1)، بحيث يستخدم البيتومين المعدل، لتصميم خلطات بيتومينية محققة لشروط تصميم الخلطة البيتومينية، ويحسن من مقاومتها لتأثير الكيروسين الذي تتعرض له الطبقة العلوية من الرصف اللين في المطارات.

طرائق البحث ومواده:

استخدمنا حصويات إحضار حسياء، والبيتومين المستخدم من بانياس ونوعه 70–60 والإضافات المحسنة للبيتومين هي الـSBS(Styrene Butadiene Styrene) أضيف بنسبة 3.5% واختيرت هذه النسبة بعد إجراء دراسات واختبارات من قبل الجهة المعنية بالدراسة في مطار الباسل وتم خلط البولمير مع البيتومين من خلال وحدة معالجة حرارية ضخمة في مطار الشهيد باسل وبزمن خلط 24h والـSBS عبارة عن سلسلة عمودها الفقري مكون من ثلاث قطع: سلسلة طويلة Polystyrene، سلسلة طويلة Poly Butadiene، سلسلة طويلة Polystyrene الجزء الأول وهو بلاستيك قاسي، وهو الذي يعطيSBS متانته، أما الجزء الثاني فهو مطاطي ويعطي الـ SBS مرونته (المطاطية) والصيغة الكيميائية للـSBS تكتب بالشكل:

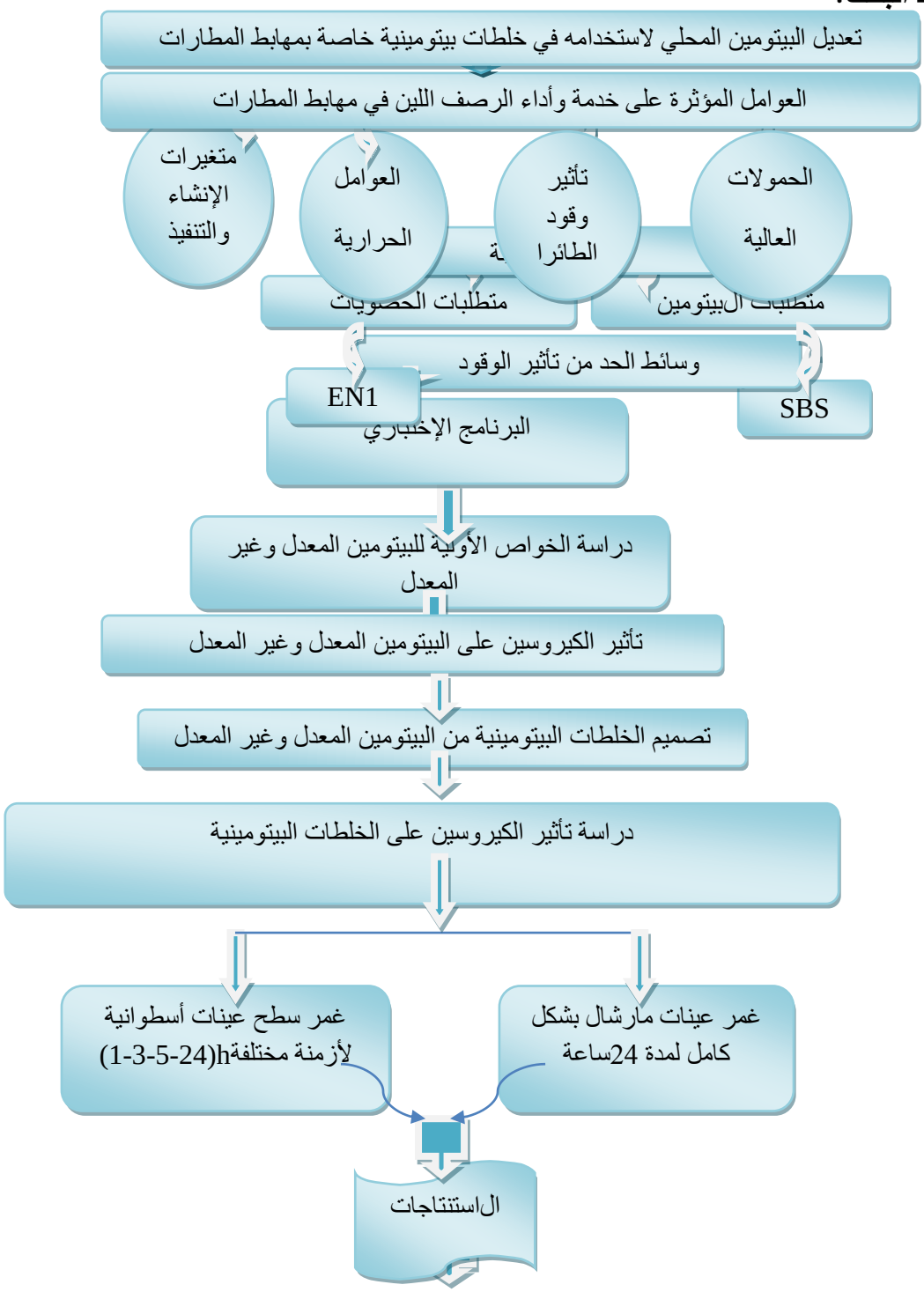
[-6H5 CH=CH2-][H2 =CH-CH=CH2]-[H5 CH=CH2] N هو عدد المونوميرات المتكررة في جزيئه عملاقة واحدة، وتدعى بدرجة البلمرة. والـEN1 أضيف وفق أربعة نسب (6-5-4-3) ‰ وبالمقارنة بين نتائج النسب الأربعة تم اختيار النسبة ‰6 كنسبة مثالية لإضافة الـEN1 ليتم وفقها تصميم الخلطات البيتومينية المعدلة بالـEN1، وتم خلط الـEN1 مع البيتومين بدرجة حرارة 175°C وخلط يدوي لمدة عشر دقائق والـEN1 عبارة عن مادة محسنة لخواص البيتومين في مجال الممانعة الحرارية ومقاومة التعب، وهي مستخدمة في دول عديدة منها(مصر–السعودية–بعض الولايات الأمريكية..) واقترح استخدامها كمادة محسنة للبيتومين في سورية وبناءاً عليه تمت الدعوة لكل الفعاليات الطرقية العاملة في سورية إلى اجتماع في إدارة المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية بدمشق، وبناءاً على هذا الاجتماع تقرر تعميق البحث في هذه المادة، ومن هنا كانت فكرة استخدامها في بحثنا هذا وهذه المواد المستخدمة في البحث متوفرة محلياً. بالنسبة للعمل المخبري فقد تم العمل في جامعة تشرين في مخبر الطرق، واستغرق تجهيز البحث مدة عامين.قمنا في البداية بتحديد خواص الحصويات المستخدمة من خلال إجراء مجموعة من الاختبارات عليها وهي:التحليل الحبي – تجربة لوس أنجلس – تجربة المكافئ الرملي – تجربة الوزن النوعي للحصويات الخشنة والناعمة والبودرة.

قمنا بتحديد خواص البيتومين 70–60 وتبين أنه ملائم لاستخدامه في الخلطات ولإضافة البولمير عليه ومن ثم قمنا بإضافة الـEN1، التجارب هي كالتالي: تجربة الغرز بدرجات الحرارة ˚C(0–4–25)، تجربة الاستطالة، تجربة تحديد درجة حرارة التميع وفق اختبار الكرة والحلقة، تجربة تحديد درجتي حرارة الوميض والاشتعال، تجربة الفاقد بالحرارة. بعد إجراء تجربة الفاقد بالحرارة أعيدت التجارب السابقة على البيتومين الناتج من التسخين لمدة 5h وبحرارة ˚C163.

تم تجهيز عينات من البيتومين المعدل وغير المعدل وغمرت بالكيروسين لمدة إجمالية ساعتين وخلال الساعتين تنزع العينات من الكيروسين كل عشرين دقيقة وتؤخذ الأوزان حتى تمام الزمن وترسم منحنيات تبين العلاقة بين الزمن ومقدار النقص في الوزن بعد الغمر. تم تصميم خلطات بيتومينية وفق طريقة مارشال كل خلطة توافق نوعاً من أنواع البيتومين المستخدم، تم تحديد نسبة البيتومين المثالية الموافقة لكل من الخلطات. صممنا 18 عينة وفق النسبة المثالية للبيتومين وكل 6 عينات توافق نوعاً من أنواع البيتومين وأجريت عليها تجربة النقص في الثبات. صممنا 15 عينة وفق النسبة المثالية للبيتومين وكل 5 عينات توافق نوعاً من أنواع البيتومين المستخدمة، قمنا بوزن العينات ثم غمرناها بالكيروسين لمدة 24h وأخذنا أوزان العينات بعد الغمر، وحسبنا نسبة النقص في وزن العينات بعد الغمر ووفق المواصفة ASTM D3320 بحيث يجب ألا يزيد النقص في الوزن بعد الغمر بالكيروسين لمدة 24H عن الـ1%[6].وضمن مجال اختبار مقاومة العينات المصنعة للكيروسين، قمنا بإعداد عينات من الخلطات البيتومينية وفق

النسب المثالية للبيتومين، بارتفاع (5±0.5)cm وتركنا العينات ضمن قوالب مارشال الأسطوانية بحيث يتم احتجاز الكيروسين على وجه العينة دون الغمر الكامل لها ، وتم تغطيه العينات لمنع تطاير الكيروسين، وغمرناها لمدد مختلفة وفق الأزمنة التالية h(24-5-3-1) ثم فرغنا الكيروسين المتبقي عن وجه العينة وتركنا العينات بجو الغرفة حتى تجف من أثر غمرها بالكيروسين، ووزنا العينات قبل وبعد تعريضها للكيروسين وحسبنا النقص في وزنها. والمخطط التالي يوضح لنا مراحل العمل المتبعة في هذا البحث.

مخطط البحث:



مخطط(2) البرنامج الاختباري

النتائج والمناقشة:

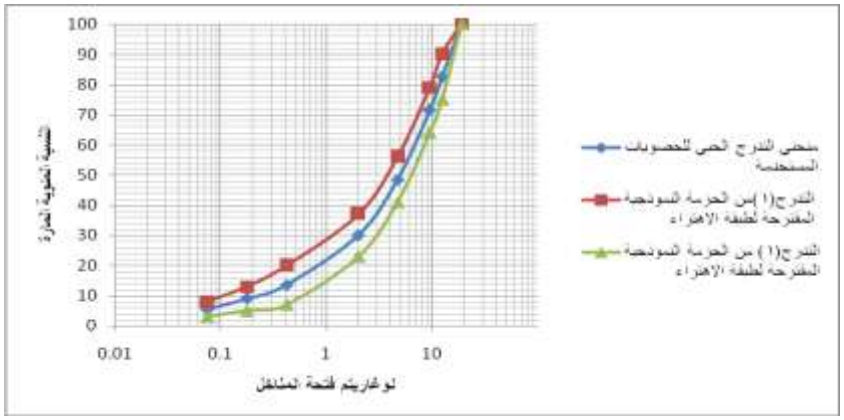
وفق المنهجية المتبعة أولا تم تحديد خواص الحصويات وكانت النتائج كالتالي:

1- تحديد خواص الحصويات:

1-1- التركيب الحبي للحصويات المستخدمة في تنفيذ الخلطة البيتومينية:

الجدول(1) التركيب الحبي

الفتحة		الحزمة المطلوبة%	النسبة المئوية المارة%
الرقم المعادل	فتحة المنخلmm		
3/4in	19	100	100
1/2in	12.5	90-75	82.5
3/8in	9.5	79-64	71.5
No.4	4.75	56-41	48.5
No.10	2	37-23	30
No.40	0.42	20-7	13.5
No.80	0.177	5-13	9
No.200	0.075	8-3	5.5



الشكل(1) منحني التركيب الحبي

1-2-تحديد نسبة الاهتراء والمكافئ الرملي والوزن النوعي:

الجدول(2) الاهتراء والمكافئ الرملي والوزن النوعي

تجربة لوس أنجلس	17.7%
تجربة المكافئ الرملي	81.0%
تجربة الوزن النوعي	2.687

2- تحديد خواص البيتومين:

الجدول(3) خواص البيتومين

نوع البيتومين	A	A.SBS	A.6.EN1
الغرز بالدرجة 25°C	65.3	44.4	43
الغرز بالدرجة 4°C	17.1	12.2	11
الغرز بالدرجة 0°C	11	11	10
تجربة الاستطالة cm	165	107.5	79
درجة حرارة التمييع °C	51.4	57.3	58.8
فاقد الوزن بالتسخين %	0.54	0.38	0.34
تجربة الوميض °C	290	308	310

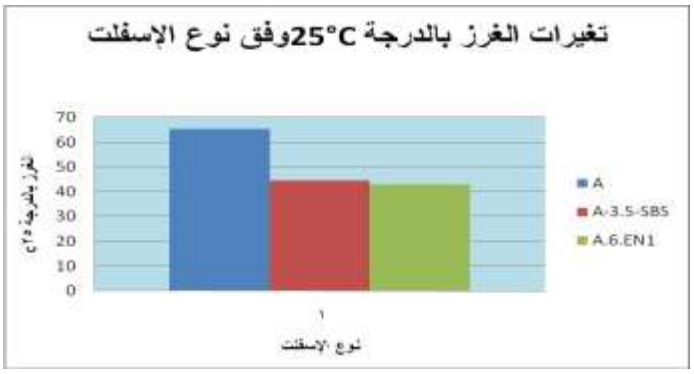
حيث أن الرموز المشار لها بالجدول(3) تدل على المصطلحات التالية:

A: يشير إلى البيتومين 70-60 إنتاج مصفاة بانياس.

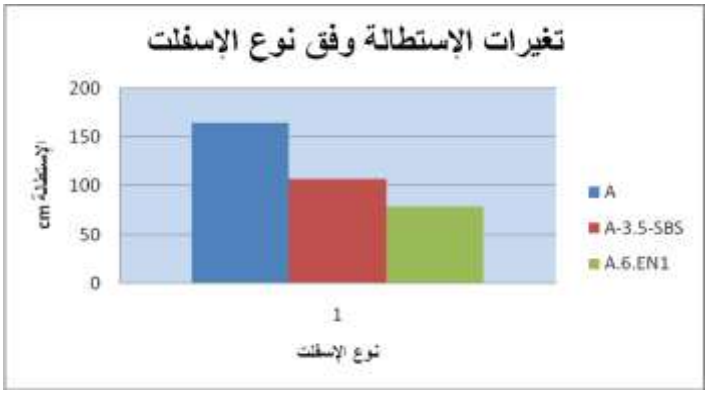
A.SBS: يشير إلى البيتومين 70-60 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة الSBS بنسبة3.5% وزناً.

A.6.EN1: يشير إلى البيتومين 70-60 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة الEN1 بنسبة 6% وزناً.

نلاحظ أن قيم الغرز انخفضت عند إضافة المحسنات إلى البيتومين حيث انخفضت قيم الغرز من المجال 70-60 للبيتومين غير المعدل إلى المجال 50-40 للبيتومين المعدل بالSBS و EN1 يجب التنويه إلى أن البيتومين الممزوج بالSBS تم إعداده في محطة معالجة في مطار الباسل وذلك بإضافة SBS إلى بيتومين 70-60 بنسبة 3.5% بدرجة حرارة 180°C وعملية هضم تستغرق 24h ومن هنا يجب أن نشير إلى الدور الذي تلعبه الحرارة بنقصان الغرز الملحوظ.

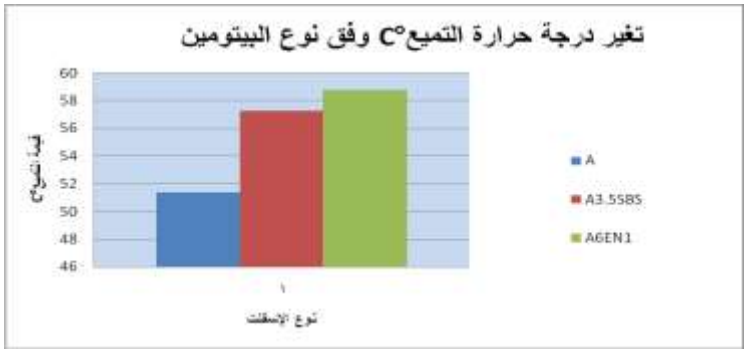


الشكل(2) تغيرات قيم الغرز بتغير نوع البيتومين



الشكل(3)تغيرات الاستطالة وفق نوع البيتومين

تبين النتائج تناقص قيمة الاستطالة للبيتومين المعدل، من 165cm للبيتومين غير المعدل إلى القيمة 107cm للبيتومين المعدل بالـSBS وإلى الـ79cmبالنسبة للبيتومين المعدل بالـEN1. ويلاحظ توافق هذا النقصان في قيم الاستطالة مع النقص في قيم الغرز حيث أن البيتومين قد أصبح أقسى نتيجة إضافة المعدلات.



الشكل(4)تغيرات درجة التميع°C بتغير نوع البيتومين

تظهر النتائج السابقة زيادة في قيم التميع وهذا يوافق بيتومين أقسى وأكثر قدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة حيث نلاحظ تزايد درجة التميع حوالي 6 درجات بين البيتومين غير المعدل والبيتومين المعدل بالـSBS وبحدود 7 درجات بالنسبة للبيتومين المعدل بالـEN1.

3-نتائج تجارب البيتومين بعد اختبار الفاقد بالحرارة:

الجدول(4) خواص البيتومين بعد اختبار الفاقد بالحرارة

نوع البيتومين	A.f	A.F–3.5–SBS	A.F.6.EN1
الغرز بالدرجة 25 C° بعد الفاقد بالتسخين	36.3	37.5	27.9
الغرز بالدرجة 4 C°بعد الفاقد بالتسخين	13.1	10.2	9.4
الغرز بالدرجة 0 C°بعد الفاقد بالتسخين	10	10	8.5
تجربة الاستطالة cm	52.5	51.8	33
درجة حرارة التمييع °C	57.6	61.2	63

تشير الرموز في الجدول إلى المصطلحات التالية:

A.f: يشير إلى البيتومين 70–60إنتاج مصفاة بانياس بعد إجراء تجربة الفاقد بالحرارة

A.F–3.5–SBS: يشير إلى البيتومين 70–60 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة الSBS بنسبة3.5% وزنا وإجراء الفاقد بالحرارة.

A.F.6.EN1: يشير إلى البيتومين 70-60 إنتاج مصفاة بانياس بعد إضافة الEN1 بنسبة 6% وزناً وإجراء الفاقد بالحرارة.

4- نسبة الغرز ودليل الغرز والغرز للبقايا بعد الفاقد بالحرارة للبيتومين المعدل وغير المعدل:

الجدول(5) نسبة الغرز ودليل الغرز والغرز للبقايا بعد الفاقد بالحرارة للبيتومين المعدل وغير المعدل

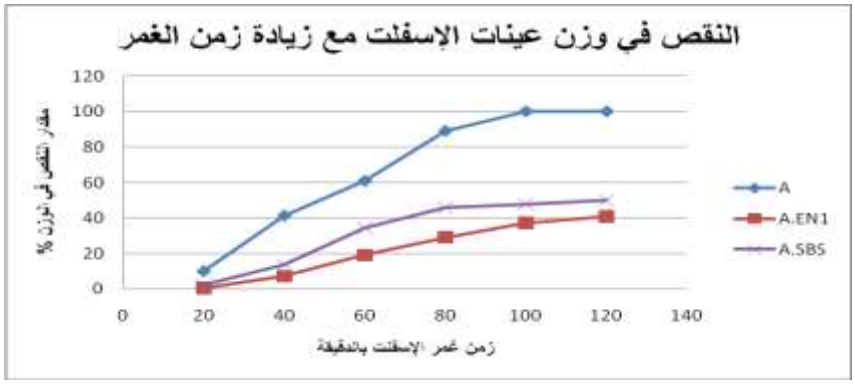
البيتومين	A	A.SBS	A.6.EN1	الإشتراط
نسبة الغرز%	26	27	26	الحد الأدنى 25
دليل الغرز	1.4	2.75	2.4	[+2,-2]
الغرز للبقايا من الأصل% بعد اختبار الفاقد بالحرارة	56	85	65	الحد الأدنى %54

5- نتائج تجربة غمر عينات البيتومين في الكيروسين بأزمنة متغيرة:

الجدول(6) نسبة النقص في الوزن للبيتومين المغمور بالكيروسين

البيتومين	نسبة النقص بالوزن					
	A.20	A.40	A60	A.80	A100	A.120
A	11	41.3	62	88.8	100	100
A	9.5	41.7	60	89.3	100	100
الوسطي	10.25	41.5	61	89.05	100	100
A.EN1	0.8	8.4	18.3	30.3	36.3	40.1
A.EN1	0.4	6.2	20.2	28.1	38.12	2.41
الوسطي	0.6	7.3	19.25	29.2	37.21	41
A.SBS	2.3	15.9	37.17	46.1	48.3	50.1
A.SBS	2.18	11.1	31.5	45.4	47.4	49.8
الوسطي	2.24	13.5	34.335	45.75	47.85	49.95

نلاحظ من نتيجة التجربة السابقة تحسن ملموس في مقاومة البيتومين المعدل للكيروسين حيث نلاحظ انحلال البيتومين الخام بنسبة 100% عند الزمن 100min في حين أن انحلال البيتومين المعدل كما هو مبين في الجدول السابق وفي المخطط لم يتجاوز نصف القيمة أي أن مقدار التحسن يقدر بحوالي 50% بالنسبة للبيتومين المعدل.



الشكل(5) تغيرات النقص في الوزن للبيتومين بتغير زمن الغمر

نلاحظ من الجدول أن البيتومين المستخدم في هذا البحث يحقق نسبة غرز أعلى من 25% ، والبيتومين القياسي غير المعدل يحقق قيمة دليل غرز ضمن المجال [2−,2+] ،أما البيتومين المعدل فقيمة دليل الغرز أعلى من +2 وهذا يدل على صلابته وقساوته الناتجة عن إضافة البولمير بالإضافة إلى التسخين بدرجات حرارة عالية تصل إلى 180°C لمدة خلط 24h بالنسبة للSBS. نلاحظ من قيم الغرز للبقايا من الفاقد بالتسخين أنها تحقق النسبة 54% والمحسوبة كنسبة مئوية من قيمة الغرز بالدرجة 25 ونلاحظ تحسن هذه القيمة بالنسبة للبيتومين المعدل.

6- نتائج تصميم الخلطات البيتومينية:

الجدول(7)نتائج تجربة مارشال

نوع البيتومين	نسبة البيتومين المثالية%	الثبات Kn	الانسياب mm	كثافة مارشال g/cm3	الفراغات الهوائية %Va	الفراغات المليئة بالبيتومين %Vb
A	4.75	11.8	3.9	2.41	3	77
A.SBS	4.76	12.4	3.2	2.35	3.7	71
A.EN1	4.4	13.4	2.3	2.41	2.5	80

يبين هذا الجدول قيم الثبات والانسياب والكثافة والفراغات الهوائية والمليئة بالبيتومين للبيتومين المعدل وغير المعدل وذلك عند النسب المثالية التي حددت بإجراء تجربة مارشال.نلاحظ أن الثبات قد تحسن والانسياب انخفض بالنسبة للبيتومين المعدل، وكما ورد في المواصفات العامة للطرق والجسور فإن الثبات يجب ألا يقل عن 11Kn، الانسياب 2-4mm والفراغات الهوائية بين3-5%.

7- التجارب الخاصة بعينات الخلطة البيتومينية:

تم تصميم ثلاث خلطات بيتومينية وفق طريقة مارشال وتم تحديد النسب المثالية للبيتومين لكل من البيتومين الغير المعدل والبيتومين المعدل ووفق هذه النسب تم تصميم عينات لاختبار مقاومتها للكيروسين، قمنا بغمر 5 عينات من كل خلطة بالكيروسين لمدة 24 ساعة، وكانت النتائج كالتالي:

الجدول(8)النقص في الوزن للخلطات البيتومينية المغمورة 24H في الكيروسين

العينة	الوزن في الهواءgr	الوزن بعد الغمر بالكيروسين h24	النقص في الوزنgr	نسبة النقص في الوزن%	الوسطي%
A.C	1209.2	1001.3	207.9	18	19.6
A.C	1199.6	942	257.6	21.5	
A.C	1213.8	980.5	233.3	20	
A.C	1209.2	1000.5	208.7	17.3	
A.C	1212.8	982.4	230.4	19	
A.C.EN1	1201.2	1180.5	20.7	1.7	1.55
A.C.EN1	1192.2	1174.3	17.9	1.5	
A.C.EN1	1204.4	1186.33	18.1	1.5	
A.C.EN1	1186.88	1168.5	18.4	1.55	
A.C.EN1	1198.6	1180.3	18.3	1.5	
A.C.SBS	1202	1178.3	23.7	1.9	1.82
A.C.SBS	1207.4	1186.3	21.13	1.75	
A.C.SBS	1199.2	1177.01	22.2	1.85	
A.C.SBS	1156	1138.6	17.4	1.6	
A.C.SBS	1203	1179.2	23.8	1.98	

نلاحظ من الجدول أعلاه أن نسبة النقص في الوزن للبيتومين غير المعدل قد وصلت إلى النسبة 20% في حين كان النقص في الوزن بعد الغمر بالكيروسين لمدة 24 ساعة للبيتومين المعدل بـSBS 1.82%، و1.5% للبيتومين المعدل بـEN1 على الرغم من عدم تحقيق الشرط المتضمن ألا يتجاوز النقص في الوزن بعد الغمر بالكيروسين 24ساعة الـ1%، ولكن نسبة التخفيض من الفقد بالوزن بين البيتومين المعدل والبيتومين غير المعدل هي قيمة بحدود 10 أضعاف للخلطات المعدلة بالـSBS وحوالي 12 ضعف للخلطات المعدلة بالـEN1 وهو تحسن جيد.والمعاينة البصرية للعينات تبين تخرب شكل العينات A.C المصنوعة من بيتومين غير معدل وفقدانها لشكلها الإسطواني حيث يميل شكلها للكروي، بالإضافة لبروز الحصويات فيها، في حين حافظت العينات المصنوعة من بيتومين معدل على شكلها الاسطواني وعلى حوافها.

A,3.5,SBS

A.C

A.6.EN1

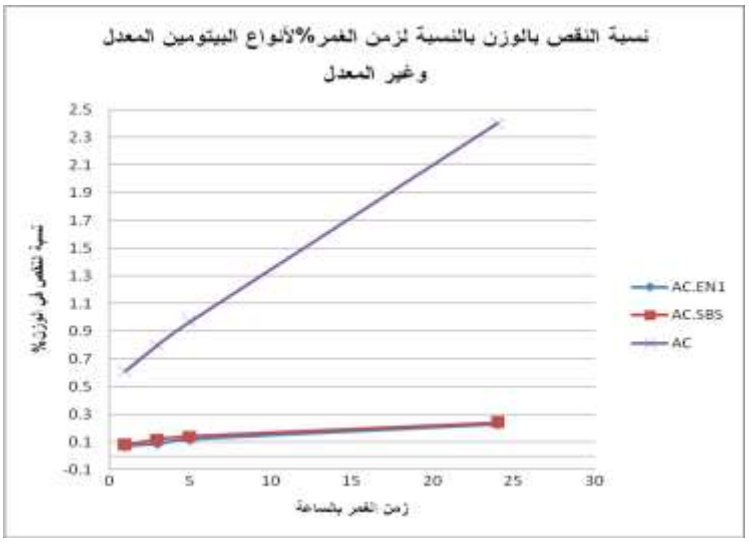
الشكل(6) صور تبين عينات معدلة وغير معدلة بعد الغمر الكامل بالكيروسين24h

8- غمر سطح عينات مارشال بالكيروسين لمدد مختلفة:

ضمن مجال اختبار مقاومة العينات المصنعة للكيروسين، قمنا بإعداد عينات من الخلطات البيتومينية وفق النسب المثالية للبيتومين، بارتفاع cm(5±0.5) وتركنا العينات ضمن قوالب مارشال الأسطوانية بحيث يتم احتجاز الكيروسين على وجه العينة دون الغمر الكامل لها ، وغمرناها لمدد مختلفة وفق الأزمنة التالية h(24–5–3–1) ثم فرغنا الكيروسين المتبقي عن وجه العينة وتركنا العينات بجو الغرفة حتى تجف من أثر غمرها بالكيروسين، ووزنا العينات قبل وبعد تعريضها للكيروسين وحسبنا النقص في وزنها.وكانت النتائج كمايلي:

الجدول(9) نسبة النقص في الوزن بعدغمر سطح عينات مارشال بالكيروسين لمدد مختلفة

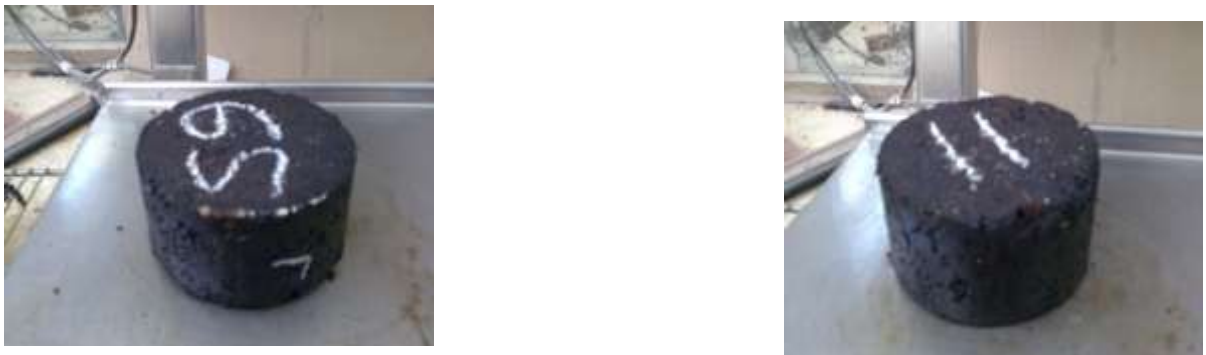
مدة الغمر بالكيروسين	اسم العينة	الوزن قبل الغمر	الوزن بعد الغمر	النقص بالوزن	نسبة النقص في الوزن%	الوسطي
1h	AC.EN1	1005	1004.4	0.6	0.06	0.07
	AC.EN1	952.5	951.7	0.8	0.08	
	AC.SBS	952.4	951.6	0.8	0.084	0.078
	AC.SBS	960.3	959.6	0.7	0.073	
	AC	948	942.2	5.8	0.6	0.61
	AC	949.5	943.4	6.1	0.62	
3h	AC.EN1	951.9	950.2	1.2	0.12	0.12
	AC.EN1	950.6	949.3	1.3	0.13	
	AC.SBS	963.2	962.3	0.9	0.09	0.09
	AC.SBS	960.1	959.2	0.9	0.09	
	AC	968.4	961.2	7.2	0.75	0.8
	AC	963.6	955.5	8.1	0.84	
5h	AC. EN1	945.8	944.5	1.3	0.14	0.14
	AC.EN1	950.3	949.1	1.2	0.13	
	AC.SBS	935.4	934.3	1.1	0.12	0.12
	AC.SBS	945.4	944.2	1.2	0.13	
	AC	975.8	967	8.8	1	0.97
	AC	967.5	958.5	9	0.93	
24h	AC.EN1	980.2	977.8	2.4	0.24	0.23
	AC.EN1	960.5	958.3	2.2	0.23	
	AC.SBS	995.4	992.8	2.6	0.26	0.24
	AC.SBS	980	977.8	2.2	0.23	
	AC	964.8	941.6	23.2	2.4	2.4
	AC	963	940.1	22.9	2.4	



الشكل(7) تغيرات الوزن مع زيادة زمن الغمر للعينات من البيتومين المعدل وغير المعدل

نلاحظ من الجدول ومن المنحني التحسن الكبير في العينات المعدلة بالإضافات. حيث تحسنت مقاومة العينات المصنعة من البيتومين المعدل لتأثير الكيروسين بحدود العشرة أضعاف للخلطات المجهزة من البيتومين المعدل بالـSBS وتحسنت بحدود 11ضعف بالنسبة للخلطات المجهزة من البيتومين المعدل بالـEN1.ونلاحظ أن العينات المعدلة بالEN1 أعطت أقل نسبة نقص في الوزن، ثم العينات المعدلة بالـ SBS.

هذه الصور تبين شكل العينات بعد إخراجها من القوالب:



A.C.SBS

A.C

A.C.6.EN1

الشكل(8) يبين صور للعينات التي غمر سطحها بالكيروسين

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- باستخدام الSBS بنسبة 3.5% وزناً من البيتومين، نلاحظ أن قيمة الغرز بدرجة الحرارة 25°C انخفضت بنسبة 32%، ليتغير مجال درجة الغرز من المجال 70-60 للبيتومين غير المعدل إلى المجال 50-40, للبيتومين المعدل بال SBSوانخفضت قيمة الغرز بدرجة حرارة 4°C بنسبة 6.4% وانخفضت قيمة الاستطالة بنسبة34%، وارتفعت قيمة درجة حرارة التميع بالمقدار 11%.

2- باستخدام الEN1 بنسبة ‰6 وزناً من البيتومين، نلاحظ أن قيمة الغرز بدرجة الحرارة 25°C انخفضت بنسبة 34%، ليتغير مجال درجة الغرز من المجال 70-60 للبيتومين غير المعدل إلى المجال 50-40, للبيتومين المعدل بالEN1وانخفضت قيمة الغرز بدرجة حرارة 4°C بنسبة 12% وانخفضت قيمة الاستطالة بنسبة50%، وارتفعت قيمة درجة حرارة التميع بالمقدار 14%.

3- بالمقارنة بين النتائج السابقة للإضافتين السابقتين نجد أن الEN1 كان الأكثر تأثيراً على البيتومين من حيث زيادة قساوته، التي تظهر من خلال انخفاض الغرز والاستطالة المترافقة بارتفاع بقيمة درجة حرارة التميع، وبالدرجة الثانية يأتي الSBS من حيث زيادة القساوة، وهذا ينعكس بدوره على ممانعة أكبر لدرجات الحرارة المرتفعة الناجمة عن انبعاث الغازات الناتجة من إقلاع وهبوط الطائرات.

4- بإجراء تجربة فاقد الوزن بالحرارة على البيتومين المعدل وغير المعدل نلاحظ أن قيم النقص في الوزن لم تتجاوز الحدود المذكورة في المواصفة بألا تزيد قيمة الفاقد عن 1% بعد التسخين لمدة 5h،وقد حسنت الإضافات المستخدمة من نسبة الفاقد بالتسخين، فالبيتومين SBS-3.5-A حسن قيمة الفاقد بنسبة 30% و البيتومين A.6.EN1 حسنها بنسبة 37%، وهذا ينعكس إيجاباً على ديمومة البيتومين والخلائط البيتومينية المصنوعة من البيتومين المعدل بالإضافات التي استخدمت في هذا البحث.

5- بعد تحديد الفاقد بالحرارة البيتومين المعدل بالSBS انخفضت قيمة غرزه بالدرجة 25°Cبنسبة 5%، والغرز بالدرجة 4°C انخفض بنسبة 7% والاستطالة انخفضت بنسبة 1.3% وارتفعت درجة حرارة التميع بنسبة6.3%.

6- بعد تحديد الفاقد بالحرارة البيتومين المعدل بالEN1 انخفضت قيمة غرزه بالدرجة 25°Cبنسبة 23%، والغرز بالدرجة 4°C انخفض بنسبة 27% والاستطالة انخفضت بنسبة 37% وارتفعت درجة حرارة التميع بنسبة 9.4%.

7- البيتومين A تأثر بشكل واضح بغمره بالكيروسين لمدة إجمالية 120min حيث انحل بشكل كامل عند الزمن 100min، في حين كانت مقاومة أنواع البيتومين المعدلة أكبر تجاه الغمر بالكيروسين حيث كانت نسبة الانحلال بالنسبة للبيتومين SBS-3.5-A فإن نسبة التحسن وصلت إلى 89%، وللبيتومين A.6.EN1 أعطى أفضل قيمة في مقاومة الكيروسين حيث تحسنت نسبة الانحلال بنسبة 92%، وتظهر هذه النسب الجدوى الفعلية من إضافة المعدلات إلى البيتومين لمقاومة الكيروسين.

8- الخلطات A.C المصنوعة من البيتومين A تتميز بخواص جيدة، ويلاحظ في الخلطات المعدة من البيتومين المعدل تحسن طفيف في قيم الثبات، وانخفاض ملحوظ في قيم الإنسياب يتوافق هذا الانخفاض مع انخفاض قيم الاستطالة لأنواع البيتومين المعدلة.

9- نلاحظ أن كل العينات المختبرة تحقق شرط المواصفة بألا يتجاوز النقص في الثبات ال80%، ونلاحظ تحسن هذه النسبة باستخدام البيتومين المعدل بـEN1 بنسبة 8%، وللخلطات المجهزة من البيتومين المعدل بالSBS تحسنت هذه القيمة بنسبة 11%.

10- تحسنت نسبة النقص في الوزن، بعد الغمربالكيروسين لمدة 24h, للبيتومين المعدل بالSBS بنسبة 91% أي أن مقدار النقص في الوزن للبيتومين غير المعدل، كان أكبر بمقدار11ضعف من البيتومين المعدل بالSBS، وبغمر سطح العينات الاسطوانية لأزمنة مختلفة، كان مقدار التحسن عشرة أضعاف، والنسبة 90%.

11- نلاحظ أن نسبة النقص في الوزن، بعد الغمر لمدة 24h, للبيتومين المعدل بالEN1, تحسنت بنسبة 92% أي أن مقدار النقص في الوزن للبيتومين غير المعدل، كان أكبر بمقدار13ضعف من البيتومين المعدل بالEN1، وبغمر سطح العينات الاسطوانية لأزمنة مختلفة، كان مقدار التحسن، بنسبة 91%.

12- بينت المشاهدة البصرية للعينات المغمورة بالكيروسين لمدة 24h تخرب في شكل العينات غير المعدلة، وتخرب حوافها، وتعري حصوياتها، في حين حافظت العينات المعدلة على شكلها الاسطواني وعلى حوافها، وعلى تماسك العينات، ويلاحظ أن العينات المعدة وفق طريقة مارشال والمغمورة لمدة 24h بالكيروسين، لم تحقق شرط ألا يزيد مقدار النقص في الوزن عن ال1% إلا أن النتائج التي حصلنا عليها ليست بعيدة عن هذه النسبة غير أنها جديرة بالاهتمام، وتبين جدوى استخدامها في تحسين مقاومة الكيروسين.

13- من خلال المقارنة بين تأثير الإضافات المستخدمة في هذا البحث (SBS –EN1) نلاحظ أن الEN1 قد حسن البيتومين والخلطات البيتومينية التي تم تعريضها للكيروسين أكثر من الSBS وعلى الرغم من أن مقدار الفرق بين تحسين الEN1 للبيتومين والخلطات البيتومينية وتحسين الSBS للبيتومين والخلطات ليس كبيراً، إلا أنه من وجهة نظر اقتصادية الEN1 كان الأفضل من حيث أنه يضاف للبيتومين بنسبة بالألف، في حين يضاف الSBS يضاف للبيتومين بنسبة بالمئة، غير أن تكلفة الEN1 أقل من تكلفة الSBS إضافةً إلى أن زمن خلط الEN1 مع البيتومين لا يتجاوز العشر دقائق بخلط يدوي وبتعريضه لحرارة 175°C في حين أن الSBS يحتاج لعملية خلط مدتها 24 ساعة يتعرض البيتومين خلالها لدرجة حرارة 175°Cوتعرض البيتومين للحرارة العالية لمدة 24 ساعة يؤثر بشكل كبير على ديمومة البيتومين.

التوصيات:

1- التأكيد على استخدام البيتومين المعدل في صناعة المجبول البيتومين في سورية خاصةً المحسنة للممانعة الحرارية.

2- البحث في التأثير السلبي لدرجة الحرارة التي يتم عندها مزج البيتومين بالوسائط المقترحة.

3- دراسة تأثير الوسائط المقترحة (المحسنة لخواص البيتومين) على تصنيف البيتومين وفق التركيب المجموعي لما له من دلالة على تقادم وتعب البيتومين.

4- دراسة تغير سلوك البيتومين المعدل بالمحسنات المقترحة وفق اللزوجة وذلك للاستثمار الأفضل لكرت تحديد هوية البيتومين BTDC.

5– البحث في توضع البولميرات ميكروسكوبياً للبيتومين المعدل، لتحديد مدى تجانس البولمير وتوزعه ضمن البيتومين، لما له من أهمية في سلوك البيتومين المعدل.

المراجع:

1. Felice Giuliani; Filippo Merusi, ***Effects of polymer modification on the fuel resistance of asphalt binders***. Italy ,September 2009, journal homepage, www.elsevier.com/locate/fuel, Pages 1539-1546.
2. Ronald, C. van Rooijen, Arian H. de Bomdt, Ronald L. Corun, ***PERFORMANCE EVALUATION OF JET FUEL RESISTANT POLYMER-MODIFIED ASPHALT FOR AIRPORT PAVEMENTS***. Atlantic City, New Jersey, USA, April 2004, 15 pages.
3. Silvia Rastelli ,***SECOND INTERNATIONAL AIRPORTS CONFERENCE: PLANNING, INFRASTRUCTURE & ENVIRONMENT***. SÃO PAULO- SP-BRAZIL, AUGUST 2- 4, 2006, 11 PAGE.
4. Bernard Brûlé, ***Polymer-Modified Asphalt Cements Used in the Road Construction Industry: Basic Principles***. Polymer-Transportation Research record-January 18, 2007. 9 pages.
5. C. P. Plug, A. Srivastave, A. H. deBondt, ***A durable jet fuel resistant pavement layer with the use of a polymer modified emulsion*****.** Lyon, France-September 2002, 12 pages.
6. Ismail Abdul Hamid, Christine Desmazes, Jeyan Vasudevan. ***DEVELOPMENT OF FUEL-RESISTANT MATERIALS FOR FLEXIBLE PAVEMENTS***". MALAYSIA, 2001, PAPER NO: 4, 8 PAGE.