

تأثير إضافة البوليمرات على مواصفات إسفلت التبليط

رياض كامل عبد صلاح خلف غافل

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة بحوث المواد / مركز بحوث النفط

بغداد - العراق

الخلاصة

تمثل عملية تحسين مقاومة الطرق الاسفلتية لتأثير العوامل الجوية في المناطق الحارة تحدي حقيقي للقائمين على صناعة الطرق لما لها من آثار اقتصادية هامة. يعد استخدام المضافات البوليمرية من المواد الفعالة من اجل تحسين مقاومة الطرق الاسفلتية لتأثير العوامل الجوية مما يترتب عليه إطالة عمر الطريق. ولهذا فان الهدف الرئيسي من هذا البحث هو محاولة تحديد المعايير والمتغيرات المؤثرة للاسفلت المحسن باستخدام المواد البوليمرية على مقاومة تأثير العوامل الجوية مما يساعد على تحديد أنسب المواد الممكن إضافتها للطرق في المناطق الحارة مثل العراق. تم اعتماد الاسفلت المنتج في مصافي بيجي " نوع 40-50" كنموذج أساس لإجراء الاختبارات مع أربعة مواد بوليمرية مستهلكة كمضافات هي البولي ستايرين " Polystyrene " والبولي فينيل كلورايد " Polyvinyl Chloride " و خلاصات السليلوز " Cellulose Acetate " إضافة إلى رباعي فثلات البولي اثيلين " Polyethylene Terephthalate" لملاحظة الفرق في النتائج على معايير الفحوصات المتبعة مثل نقطة الليونة وقابلية الخرق والاستطالة بعد تقييم نقطة الانصهار لكل مادة بوليمرية مضافة وبالتالي مقارنة النتائج مع الاسفلت قبل الإضافة. من خلال النتائج اتضح إمكانية استخدام بعض هذه البوليمرات كمحسنات للاسفلت وكما موضح في صفحات البحث.

كلمات مفتاحية: أسفلت ، بوليمر ، نفاذية ، درجة الليونة و استطالة.

Polymers Effectiveness on Properties of Asphalt Concrete Mixtures

Riyadh K.A. Salah K.G.

Ministry of Science and Technology, Materials Research Directorate

Baghdad - Iraq

Abstract

The process of improving the resistance of asphalt roads to the impact of weather in the hot regions is a real challenge for those in charge of industry methods because of their economic implications are important. The use of polymeric materials of the active substances in order to improve the resistance of asphalt roads to the impact of weather, resulting in the longevity of the road. For this, the main objective of this study is to try to determine the criteria and variables related to the ability of asphalt mixtures using the improved polymeric materials to resist the influence of weather factors, which helps to identify the most appropriate materials can be added to the roads in these regions, such as Iraq. We selected Asphalt of " BIJI Refinery " "type 40-50" with four exhaust polymers " polystyrene - polyvinyl chloride – cellulose acetate and Polyethylene Terephthalate " to note the difference in the results on the standards tests used, such as penetration ; softening point and ductility after assessing the melting point for each subject polymer additives and therefore compare the results with the asphalt before posting. From the results proved the possibility of using some of these polymers as a benefactresses of asphalt mixtures, as shown in the search pages.

Keywords: Asphalt , Polymer, Penetration , Softening Point and Ductility.

الهندسية فأصبحنا نستخدم المسننات، والمدحرجات، والهيكل . نشأ وتطور علم البوليمرات في بيئة صناعية، ولذلك من الطبيعي أن نجد لكل بوليمر اسماً شائعاً، واسماً معتمداً على بنيته حدده الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) (McCrum *et al.*, 1997). وتعرف أغلب البوليمرات بالحروف الأولى من اسمها. مثلاً، عديد الستيرين يرمز له PS من اسمه (Polystyrene)، والذي يسمى بولي مثيل ميثاكريلات. وتستخدم العديد من الشركات أسماءً تجارية للتعريف بمنتجاتها من البوليمرات. مثلاً، فورتزل - بولي إستر هي ألياف بولي إيثيلين تيرفثالات أو ألياف PET. وقد يكون للبوليمر اسماً عاماً مثل الرايون، البولي إستر، والنايلون.

ان فكرة البحث تتلخص في إمكانية الإضافة البوليمرية (بوليمرات مستهلكة) للأسفلت المستخدم لرصف الطرق وملاحظة تأثير هذه الإضافة على الموصفات الميكانيكية والحرارية للأسفلت العراقي المنتج من مصافي بيجي.

يعتبر الأداء على المدى البعيد لخلطة إسفلت التبليط تحدياً كبيراً وهدفاً للباحثين والمختصين في مجال رصف الطرق (Hozayen and Othman, 2008) حيث يتم تدعيم الاسفلت المستخدم في الخلطة بمضافات بوليمرية لتعزيز الموصفات الميكانيكية والحرارية (Nielsen, 1992) والتي تعتبر مطلباً مثالياً لمقاومة الظروف المناخية القاسية في العراق حيث يسعى كثير من الباحثين والمختصين العاملين في الجامعات ومراكز الأبحاث لتحقيق هذا الهدف. يمكن تصنيف البوليمرات المضافة إلى الاسفلت إلى نوعين أساسيين (Mark, 1999) هي البوليمرات الحرارية المرنة

Thermoelastic Polymers أو اللدن بالحرارة هو نوع من أنواع اللدائن التي تلين بالحرارة وتتصلب مرة أخرى عند تبريدها حيث تتميز بمحافظتها على قوامها الأصلي عند إزالة الإجهاد المسلط عليها

عرف الاسفلت منذ عصور قديمة حيث استخدمه السومريون (3000 قبل الميلاد) ، والإسفلت كلمة أصلها لاتيني ASPHALTON (1938, Herbert) ، أما علم البوليمر فهو من العلوم الحديثة حيث لم يعرف بالتحديد إلا بعد عام 1920م (Mulhaupt, 2004). يعتبر الإسفلت احد منتجات النفط الخام وهو مادة لزجة شبه صلبة في درجات الحرارة الاعتيادية يخرج من أسفل برج التقطير الفراغي لونه أسود وله استخدامات متعددة مثل رصف الطرق والمطارات، صناعة الأسقف، عازل حراري ومانع لتسرب الماء، وفي البلاط، ولتقوية أماكن حفظ المياه، ومناطق تخزين المخلفات، والخزانات، وقنوات الري. ويستخدم الإسفلت أيضاً في صناعة الورنيش والأحبار. كما تُستخدم طبقات الإسفلت في حماية خطوط الأنابيب الممدودة تحت الأرض لتحميها من التآكل، وكمصدر للطاقة البديلة ،... الخ. والإسفلت من المواد اللدنة حرارياً

viscoelastic materials بمعنى أنها تصير لينة وتتحول إلى سائل عند تسخينها ثم تعود إلى حالتها الطبيعية بعد التبريد (Othman , 2005). أما كلمة (بوليمر) فهي لاتينية الأصل وهي مركبة من مقطعين هما بولي Poly وتعني متعدد و مر Mer وتعني جزء أو وحدة، لذلك Polymer تعني متعدد الأجزاء أو متعدد الوحدات ، البوليمر أو المكوثر Polymer هو مركب ذو وزن جزيئي مرتفع مكون من وحدات جزيئية مكررة. وقد تكون هذه المواد عضوية أو غير عضوية أو عضوية معدنية، وقد تكون طبيعية أو اصطناعية في أصلها. حيث تلعب هذه المواد دوراً كبيراً في الحياة اليومية مثل المواد اللاصقة، ومواد البناء، والورق، والملابس، والألياف، واللدائن، والسيراميك، والخرسانة، والمضافات الصناعية بأنواعها وذلك لخواصها المتعددة. وقد طورت المكوثرات فامتلكت خواصاً جيدة وأصبحت اقتصادية التصنيع، كما أمكن استخدامها للأغراض

المواد وطرائق العمل

يتم تحضير النموذج (الاسفلت) بتسخينه وتهيئته لإضافة البوليمر بأسلوب التذرية (Khattak and Baladi, 1998) بعد طحنه إلى حجم حبيبي يتناسب ومواصفات الاسفلت المستخدم (30-50) مايكرو متر وتجري هذه العملية أثناء الخلط بسرعة محددة تتغير مع الزمن لضمان وصول النموذج إلى حالة التجانس ثم تتم عملية صب القوالب وتترك فترة زمنية لتوضع القوالب في حمام مائي بدرجة حرارة 25 م لمدة 90 دقيقة (Othman, 2005) لتبدأ عملية فحص النماذج واعطاء القراءات.

يمكن توضيح الفحوصات التي تمت على النموذج المقترح قبل وبعد الإضافة وهي Penetration ; Softening Point; Melting Point ;Ductility (ASTM,) (2000) والتي أجريت و كما يلي :-

قياس درجة الليونة "Softening point" ASTM " D36

يمكن تعريف درجة الليونة للمادة على إنها تلك الدرجة الحرارية التي عندها تصل المادة إلى حد معين من الليونة تحت ظروف الاختبار وهي الدرجة التي يتحول عندها الشكل الفيزيائي من حالة الصلابة إلى حالة الليونة ويتم تعيين درجة الليونة بطريقة الحلقة والكرة Ring and Ball.

قياس النفاذية ASTM D5 Penetration test

هي مقياس لتماسك المادة الاسفلتية ويعبر عنها بالمسافة بأعشار المليمتر التي تخترقها إبرة قياسية للاسفلت عمودياً لنموذج الاسفلت تحت ظروف ثابتة وهي (حرارة 25 مئوية وزمن ثابت 5 ثانية وثقل 100 غرام).

(Nielsen, 1970)، كما ان المواد اللدنة بالحرارة يمكن أن يحدث لها دورات عديدة من الذوبان والتجمد بدون حدوث تغيير كيميائي لها، مما يجعلها مناسبة لعمليات إعادة التشغيل. وهذا يجعل هذه المواد سهلة التصنيع بعدة طرق منها التشكيل بالحقن، واللحام. معظم المواد اللدنة بالحرارة بوليمرات تتكون من سلاسل خطية مرتبطة بأواصر تساهمية. ولا تمتد هذه الأواصر لتربط بين السلاسل وبعضها، ولكن تتربط السلاسل غالباً عن طريق قوى تشتتية ضعيفة ونادراً عن طريق التجاذب ثنائي قطب- ثنائي قطب، وأحياناً الأواصر الهيدروجينية. والنوع الآخر هي البوليمرات المتصلبة غير المرنة Thermoplastic Polymers وهي مواد تتميز بعدم قابليتها إلى العودة إلى قوامها الأصلي عند تجاوز الاجهادات المسلطة عليها حد المرونة (Yanovsky and Zaikov, 1990) مما يعني احتمالية حدوث تشققات في سطح الطبقة الاسفلتية (Mary et al., 2006) . إن أهمية هذا البحث يمكن إيجازها بما يلي:-

- 1- الاسفلت المستخدم كأساس للعمل هو منتج عراقي من مصافي بيجي.
- 2- إن البوليمرات المستخدمة كمضافات في هذا البحث هي بوليمرات مستهلكة.
- 3- تخليص البيئة من النفايات البلاستيكية بعد معالجتها.
- 4- تحسين خواص الخلطات الاسفلتية لتقاوم الظروف المناخية القاسية " التغير في درجات الحرارة".
- 5- توفير كمية الاسفلت المستخدم كمادة رابطة في اسفلت التبليط من خلال إضافة هذه البوليمرات .
- 6- القيمة الاقتصادية للبحث تأتي من كون المضافات المستخدمة رخيصة الثمن.

جدول رقم (1) : الاسفلت المحسن عند إضافة البولي ستايرين (PS).

Material (%wt.)	Penetration (mm)	Soft. Pt. (c°)	Duct. (cm)
0% (with out adding)	52	49.8	100
1%	51.43	51.2	100
2%	46.23	52.8	100
3%	40	53.7	100
4%	37.167	53.8	71

نقطة انصهار البولي ستايرين المقاسة مختبرياً 240م°.

من الجدول رقم (1) أعلاه نلاحظ انه عند استخدام البولي ستايرين PS كمضاف تم الحصول على نتائج جيدة من خلال تحسين قياس النفاذية من 52 إلى 40 عند نسبة الإضافة الوزنية 3% مع بقاء قابلية السحب Ductility عند 100 سم في حين تحسنت قيمة نقطة الليونة Softening point من 49.8 إلى " 53.7 " مما يعني زيادة قابلية تحمل الاسفلت المحسن لدرجات الحرارة العالية.

وعند استخدام البولي فنيل كلورايد كمضاف حصلنا على النتائج الموضحة في الجدول رقم (2) وكما يلي:-

جدول رقم (2) : الاسفلت المحسن عند إضافة البولي فنيل كلورايد (PVC).

Material (%wt.)	Penetration (mm)	Soft. Pt. (c°)	Duct. (cm)
0% (with out adding)	52	49.8	100
1%	27.8	58.1	100
2%	25.3	58.3	68.4
3%	24.3	58.3	46.2

نقطة انصهار البولي فنيل كلورايد المقاسة مختبرياً 230م°.

نلاحظ من الجدول رقم (2) انه عند استخدام البولي فنيل كلورايد PVC تحسنت قيمة نقطة الليونة حيث كانت القراءة عند الإضافة " 1% " تشير إلى 58.1 بعد أن كانت قبل الإضافة 49.8 مع ثبات قابلية السحب عند 100 سم في

قياس الاستطالة " ASTM Ductility Test D113

هي قابلية المواد الاسفلتية للسحب وتقاس المسافة بالسنتيمترات التي يصل إليها طول صيغة قياسية من الاسفلت عند سحبها تحت ظروف معينة قبل أن تنقطع (درجة حرارة 25 مئوية ، سرعة السحب (5 + 0.5) سم / دقيقة).

قياس درجة الانصهار Melting point test ASTM D87.77

تم قياس درجة الانصهار للبوليمرات المضافة عن طريق فحص عينات عدد 3 لكل نموذج توضع في أنابيب شعرية Capillary Tubes لتحديد درجة الانصهار الحقيقية عملياً وبالتالي ضمان دقة النتائج المسجلة.

النتائج والمناقشة

تم اعتماد الاسفلت المنتج في مصافي بيجي نوع 40-50 كنموذج أساس لإجراء الاختبارات مع أربعة مواد بوليمرية مستهلكة كمضافات هي البولي ستايرين Polystyrene والبولي فنيل كلورايد " Polyvinyl Chloride وخلات السليلوز " Cellulose Acetate إضافة إلى رباعي فثالات البولي اثيلين Polyethylene Terephthalate لملاحظة الفرق في النتائج على معايير الفحوصات المتبعة حيث تم استخدام البولي ستايرين كمضاف للاسفلت بنسب متعددة تبدأ من (1%) كنسبة وزنية لملاحظة تأثير الإضافة البوليمرية على الخواص الميكانيكية والحرارية وكما موضح في الجدول رقم (1).

نلاحظ من الجدول رقم (4) انه عند إضافة رباعي فثلات البولي ايثيلين فان التغيير في القراءات كانت تشير إلى فشل قيمة قابلية السحب (أقل من 100 سم) مما يجعل الإضافة هنا غير مجدية لتطبيقات الرصف الإسفلتي في العراق مع التأكيد على تحسن قيمة نقطة الليونة من (49.8) الى (52.9) عند الإضافة الوزنية للبوليمر (3%) مما يعني تحسن الخواص الحرارية للأسفلت وإمكانية استخدامه في تطبيقات اخرى.

الاستنتاجات والتوصيات

بناءً على ما تقدم من النتائج نرى أن إضافة البوليمرات أدت إلى تحسن في مواصفات الاسفلت لاسيما الحرارية منها ويمكن الاستنتاج أن البولي ستايرين اثبت إمكانية استخدامه كمضاف للأسفلت العراقي المستخدم في عمليات الرصف للطرق والجسور .

تقترح بناء موديل رياضي لدراسة الخواص الميكانيكية والحرارية لإسفلت التبليط المحسن بمضافات بوليمرية لم تستخدم في هذا البحث من خلال برنامج (ANSYS SOFTWARE) والذي يعتمد أسلوب الحل العددي مما يعني اختصار الوقت وتوفير كلفة الفحوصات العملية مستقبلاً لإعطاء تصور واضح حول سلوكية الاسفلت المحسن عند تعرضه للاجهادات الميكانيكية- الحرارية.

References

- Abraham, Herbert , (1938) Asphalts and Allied Substances: Their Occurrence, Modes of Production, Uses in the Arts, and Methods of Testing, (4th ed.). New York: D. Van Nostrand Co.
American Society For Testing And Materials ASTM, Manual Reapproved 2000.

حين تغيرت قيمة قابلية الخرق (النفاذية) الى قيم تتراوح حسب نسبة الإضافة (24.3-27.8) لتكون بذلك خارج المواصفة العراقية القياسية المعتمدة في تصميم الخلطات الاسفلتية للطرق والجسور والتي تعتمد المواصفة الأمريكية (ASTM D5).
بعد ذلك تم استخدام خلطات السليلوز كمضاف ويمكن إدراج النتائج في الجدول رقم (3) أدناه:-

جدول رقم (3) : الاسفلت المحسن عند إضافة خلطات السليلوز

Material (%wt.)	Penetration (mm)	Soft pt. (c°)	Duct. (cm)
0% (with out adding)	52	49.8	100
1%	20.8	52.7	100
2%	19.8	52.7	69.2
3%	14.6	52.9	69.3

نقطة انصهار خلطات السليلوز المقاسة مختبرياً 195م°.

نلاحظ من الجدول رقم (3) انه عند إضافة خلطات السليلوز كانت أفضل قراءة عند الإضافة الوزنية 1 % حيث معدل قياس النفاذية 20.8 (وهذه القيمة خارج المواصفة العراقية لتصميم الطرق والتي تعتمد المواصفة الأمريكية (ASTM D5)) وقيمة نقطة الليونة 52.7 مع ثبات قابلية السحب عند 100 سم.

وعند استخدام (PET) رباعي فثلات البولي ايثيلين كمضاف للأسفلت لملاحظة النتائج والتي تم إدراجها في الجدول رقم (4) وكما يلي:-

جدول رقم (4) : الاسفلت المحسن عند إضافة رباعي فثلات البولي الايثيلين

Material (%wt.)	Penetration (mm)	Soft Pt. (c°)	Duct. (cm)
0% (with out adding)	52	49.8	100
1%	39.43	50.2	78
2%	35.23	52.5	67
3%	31.76	52.9	43

نقطة انصهار رباعي فثلات البولي الايثيلين المقاسة مختبرياً 260م°.

- Ayman, M. Othman ,(2005) Influence of Polymer Modification on Characterization of Asphalt Concrete Mixtures, Journal of Engineering Sciences, Assuit University, Vol. 33, No.6, 2113-2127.
- Hozayen Ahmed Hozayen and Ayman, M. Othman ,(2008) Improving Mechanical Properties of Asphalt Concrete Mixtures Using Thermoplastic Polymer Additives, Gulf Conference on Transportation, Dubai, UAE.
- James, E. Mark, 1999, Polymer Data Handbook , Oxford University Press.
- Khattak Mohammad, J. and Baladi Gilbert, Y.,(1998) Engineering Properties of Polymer Modified Asphalt Mixtures, Washington.
- Nielsen, L. E. and Landel, R. F. , (1992) Mechanical Properties of Polymers and Composites, Chapter 7. Particulate-Filled Polymers, 377-459 Marcel Dekker, Inc. New York.
- Nielsen, L. E. , (1970) Generalized Equation for the Elastic Moduli of Composite Materials, J. Appl Phys., 41 (1 I) 4646-7.
- Mary Ann Mull, Ayman, M. Othman and L. Mohammad , (2006) Fatigue Crack Growth Analysis of HMA Employing the Semi-Circular Notched Bend Specimen, Washington .
- McCrum, N. G.; Buckley, C. P. and Bucknall, C. B. , (1997) Principles of Polymer Engineering, Oxford ; New York: Oxford University Press. Part 1. ISBN 0-19-856526-7.
- Mulhaupt , (2004) Hermann Staudinger and the Origin of Macromolecular Chemistry, Angew. Chem. Int. Ed.43 (9), 1054-1063.
- Yu. G. Yanovsky and G. E. Zaikov, (1990) Rheological Properties of Filler Polymers, Encyclopedia of Fluid Mechanics. Volume 9: Polymer Flow Engineering