تحوير الخواص الريولوجية لاسفلت بيجي باستخدام تقنية المايكروويف

خالد احمد عويد
قسم الكيمياء / كلية التربية
جامعة الموصل

رامي نافع سليم عبد الأحد
ماجستير كيمياء

الاستلام **2013 / 05 / 20**
القبول **2013 / 07 / 03**

Abstract

The research work was aimed to prepar different types of asphalt. Beji asphalt was mixed with polymers such as polystyrene, melamine-formaldehyde resins and poly methyl methacrylate. The amount of polymer added varied between (0.5- 3%) in addition to (1%) blow down and (1%) of anhydrous aluminum chloride $AlCl_3$. The materials were mixed and heated to (140±5 C°), then exposed to microwave for a period of (5, 10& 15) minutes at (180 and 360) watt. After the reaction was completed, some rheological properties were measured such as ductility, softening point, penetration and penetration index (PI), and compared with the non-modified asphalt. The process was repeated at the same condition but without using Blow Down and the time of reaction is (10) minutes,

The rheololgical properties of the obtained sample was almost similar to this of Iraqi standards. In addition Marshall test of paving asphalt was compared for the samples. The results show that, the modified samples superseded that of the original asphalt in term of paving properties and characteristics.

الخلاصة

يهدف البحث الى تحضير انواع مختلفة من الاسفلت عن طريق مزج اسفلت بيجي كمادة اولية مع كل من [البولي ستايرين, وراتنجات (ميلامين _ فورمالديهايد) وبولي مثيل ميثا كريلات] بنسب تراوحت بين (0.5–3)% وزنا وبوجود 1% وزنا من الـ BlowDownو1% وزنامن كلوريد الالمنيوم اللامائي بوصفة حفازاً للعملية. بعدها مزجت النماذج جيداً لمدة (10) دقائق

وعند درجة (140±5م°) ومن ثم وضعت في فرن المايكروويف وعند زمن (15,10,5) دقيقة و طاقة (180 و 360) واط على التوالي, درست الخواص الريولوجية للاسفلت المحور من حيث قيم الاستطالة ودرجة الليونة والنفاذية ودليل الاختراق، اعيدت الخطوات أعلاه بدون إضافة الـ Blow Down وعند زمن ثابت (10) دقائق، وأيضاً تم دراسة الخواص الريولوجية الناتجة من حيث الاستطالة ودرجة الليونة والنفاذية ودليل الاختراق. اخذ أفضل نموذج نتج من الدراسة وطبقت عليه اختبارات المارشال (Marshall) وقورنت مع النموذج الأصلي حيث أعطى قيم فاقت ما هو موجود في النموذج الأصل.

المقدمة

ان الغرض الأساسي من اجراء التحويرات الريولوجية للاسفلت هو الحصول على مواصفات مغايرة للاسفلت الاصلي وهي تمثل الغاية الاساسية وراء اجراء هذه التحويرات بما يجعله ملائماً للاستخدام في مجالات مختلفة ومحددة كما هو الحال في اسفلت التبليط ، ومن هذه الطرق المستخدمة في التحوير إضافة البوليمر الى الاسفلت ومزجة فيزيائيا وكيميائيا[1]. اما في هذه الدراسة فقد ارتئينا ان نستخدم اشعة المايكروويف لما لهذه الاشعة من اهمية كبيرة في تقليل زمن التحوير من ساعات الى دقائق وبالتالي خفض تكاليف الإنتاج فضلا عن تقليلها من خطر التلوث البيئي. ومن هذا المنطلق سنذكر عدداً من الدراسات التي شملت معالجة الاسفلت بعدة طرائق مختلفة من اجل تحوير خواصه الريولوجية ومن هذه الدراسات:

قام (Roberts)[2] بتحوير الاسفلت المستعمل في التبليط بوساطة اجراء تفاعل كيميائي بين الإسفلت والبوليمرات الاروماتية لغرض تحسين صلادة الاسفلت وتقليل اللزوجة ، وقد حصل على اسفلت محور صلد (Hard) ومتقصف (Brittle).

كما درست (صالح)[3] معالجة الإسفلت كيميائياً مع نسب مختلفة من الكبريت باستعمال حفاز كلوريد الالمنيوم اللامائي وبظروف تجريبية مختلفة من درجة الحرارة وزمن التفاعل واستنتجت أن معالجة الاسفلت مع الكبريت بنسبة (1%) وزناً وبدرجة حرارة(130)م° وبنسبة حفاز (1.5%) ولمدة ساعة واحدة أعطت مواصفات جيدة من ناحية امتلاكه لقيمة استطالة جيدة مع زيادة ملحوظة في درجة الليونة.

كما قام الباحث (الدبوني وجماعته)[4] بدراسة بينوا فيها تأثير اضافة البولي أثيلين بنسب مختلفة الى مزيج اسفلت – كبريت الحاوية على نسب وزنية متقاربة من الكبريت تتراوح ما بين (5–15%) وقد تم تحديد المواصفات الفيزيائية للنماذج الاسفلتية المحضرة، كما درسوا تأثير هذه الاضافة في تجانس النظام الاسفلتي بعد فترة تعتيق زادت على السنة باستخدام الفحص المايكروسكوبي حيث لاحظ تأثير الثبوتية الثرموداينيميكية بفعل نسب البولي اثيلين المضافة.

وتمكنت (سعيد)[5] من معالجة كل من اسفلت بيجي والقيارة بنسب مختلفة من الاسفلتين والاسفلتين المؤكسد تحت ظروف ثابتة من درجة الحرارة وزمن وقد أظهرت النتائج مواصفات مغايرة لمواصفات الاسفلت الاصلي.

في حين قام (Mikuas)[6] وجماعته بمزج الاسفلت مع اللدائن والمواد البلاستيكية بنسب معينة بوجود (1%) وزنا من مثبط الفلكنة، اذ تمزج المواد الملدنة مع بعضها بصورة متجانسة بدرجة (110–130م°) واضيفت الى الاسفلت عند (160–180م°) لمدة (4) ساعات، بعد ذلك تم اضافة كل من البولي اثيلين الواطئ الكثافة ومطاط الستايرين بيوتاداين بنسب مختلفة الى المزيج السابق عند 130 م° ثم قياس الخواص الريولوجية للنماذج الأصل والمحورة.

وقامت (الاعرجي)[7] بدراسة تحوير الخواص الريولوجية لاسفلت بأستخدام تقنية المايكروويف وذلك من خلال معاملة الاسفلت مع نسب مختلفة من الكبريت.

كما استعملت تقنية المايكروويف في الولايات المتحدة (لوس انجلوس و كاليفورنيا) في استعادة اسفلت التبليط القديم (RAP) (Reclaimed Asphalt Pavement) حيث ساعدت هذه التقنية على زيادة قوة الاواصر بين جزيئات الاسفلت الاسمنتي مما جعله يكون اكثر التصاقاً وزيادة خواصه المقاومة للماء، كما انها خفضت من تكاليف الانتاج بنسبة (30%) ووفرة في المصادر الاولة[8].

في حين استعمل (Wang) وجماعته[9] المايكروويف في تسخين مزائج من الاسفلت مع مركبات الحديد الكاربونيلية ذات الصفة الامتصاصية لأشعة المايكروويف بوجود اجهزة الحيود لغرض فحص حيود الأشعة بترددات (2–4)كيلو هرتز فضلاً عن اعتماد هذه الاشعة في دراسة صفات هذه المزائج المستخدمة في التبليط بدرجات حرارية مختلفة حيث اظهرت النتائج ان (30mm) لمزيج الاسفلت مع مركبات الحديد الكاربونيلية بنسبة (0.1:1.5) اظهرت تأثراً عالياً ومباشراً للامتصاص أثناء استخدام أشعة المايكروويف علماً أن كمية الحرارة المنبعثة من اشعة المايكروويف لمزائج الاسفلت مع مركبات الحديد الكاربونيلية كان (16) مرة أعلى من التسخين الاعتيادي كما لاحظوا ايضاً ان الحرارة المجهزة من المايكروويف تساعد في تحسين صفات مزائج الاسفلت من ناحية القوة الداينمكية والثباتية والزحف لاختبار المارشال.

أما في مجال بحوث الرصف بالاسفلت فهناك دراسات هندسية كثيرة في هذا المجال نذكر منها:

قام (Tuntiworawit و Phromsorn)[10] بتحوير خواص الاسفلت الريولوجية باستعمال نسب مختلفة من عصارة المطاط الطبيعي، وقاموا بأجراء فحص المارشال (الثبات والزحف) فلاحظوا بأن قيم الثبات تزداد بزيادة نسبة المطاط المضافة من (9.30) كيلو نيوتن عند إضافة نسبة (1%) من المطاط الى أعلى قيمة للثبات (14.40) كيلو نيوتن, أما قيم الزحف

فقد كانت متذبذبة والتي كانت أعلى قيمة (3.42) ملم عند إضافة (1%) من المطاط واقل قيمة (2.62) ملم عند إضافة (11%) من المطاط الطبيعي.

اما (ألفا)[11] فقد قام بتصميم خلطات اسفلتية مستعملاً الاسفلت الطبيعي بدلاً من أسفلت المصافي وقام الباحث بأجراء فحوصات المارشال (الاستقرارية والزحف) عند درجتي حرارة (10و60)م° وباستعمال ثلاث درجات من الطرقات (50,25 ,75) طرقة لكل وجه من المارشال فلاحظ أن استعمال (75) طرقة عند درجة حرارة (10)م° حصل على أعلى قيمة للثبات (21.55) كيلو نيوتن واقل قيمة للزحف (1.26) ملم وفسر ذلك بأن استعمال (75) طرقة تكون مواد الركام متجمعة ومتكثفة بشكل جيد مقارنةٍ باستعمال (50،25) طرقة وان درجة الحرارة القليلة (10)م° يكون فيها نموذج المارشال أكثر صلابةٍ مقارنةٍ بدرجة حرارة (60)م°.

ودرس (عبد الحسين)[12] سلوك ثبات الخلطة الخرسانية الاسفلتية المستعملة في التبليط بتغيير درجة الحرارة لفحص المارشال فقد أضاف نسب مختلفة من الاسفلت الى الركام ولاحظ ان قيمة الثبات (الاستقرارية) للنماذج تزداد بزيادة النسبة المئوية للاسفلت المضاف الى حد يمثل أقصى ثبات ثم تأخذ قيم الثبات بالتناقص مع زيادة النسبة المئوية للاسفلت .

في حين قام (عبد الحي)[13] بتطوير طريقة جديدة لتحسين مواصفات اسفلت التبليط العراقي باستعمال مضافات بوليمرية اروماتية مع استعمال حامض الماليك إذ لاحظ زيادة الاستقرارية للنماذج المحضرة من خلال قياسات المارشال حيث حصل على أعلى قيمة للاستقرارية (20.32) كيلو نيوتن بالمقارنة مع المواصفات القياسية لإسفلت التبليط التي تكون الاستقرارية كحد أدنى مطلوب (8) كيلو نيوتن.

الطرائق العملية

١- تهيئة المواد الأولية للتفاعل:

تم أخذ الفضلات البوليمرية وأجري عليها عملية السحق الميكانيكي ثم السحق الحراري قبل مزجها ومفاعلتها مع الاسفلت بغية الحصول على بوليمرات ذات أوزان جزيئية واطئة، وتم إجراء هذه العملية كما يأتي:

أ— التكسير الحراري للبولي ستايرين

اخذت قطع البولي ستايرين وقطعت الى قطع صغيرة ووضعت في جفنة خزفية وغطيت برقائق الألمنيوم ثم سخنت في فرن كهربائي عند درجة حرارة (350م°) ولمدة نصف ساعة، بعد الانتهاء من التسخين اخرجت المادة وهي بشكل قطعة شمعية صلبة وتركت لتبرد بدرجة حرارة الغرفة ثم تسحق بشكل جيد على شكل مسحوق ناعم باستخدام الهاون[14].

ب– التكسير الحراري لراتنجات الميلامين _ فورمالديهايد

اخذت الاواني المنزلية المصنعة من الميلامين وكسرت وسحقت الى قطع ناعمة باستخدام الهاون ووضعت المادة في جفنة خزفية وغطيت برقائق الألمنيوم وسخنت الى درجة حرارة (400م°) لمدة ربع ساعة[14].

ج– التكسير الحراري للزجاج العضوي

اخذت قطع الزجاج البلاستيك وقطعت الى قطع ناعمة ووضعت في جفنة خزفية وغطيت برقائق الألمنيوم ووضعت الجفنة في فرن كهربائي (Furnace) وسخنت الى (350م°) ولمدة ساعة ونصف، وبعد الانتهاء من التسخين اخرجت المادة وهي بشكل عصارة صفراء اللون وتركت لتبرد بدرجة حرارة الغرفة ثم سُحقت بشكل جيد على شكل مسحوق ناعم باستخدام الهاون[15].

2– معالجة اسفلت بيجي:

تم معالجة اسفلت بيجي باستخدام طريقة المزج الكيميائي بمرحلتين:

المرحلة الأولى:–

تم أخذ وزن معين من اسفلت بيجي مع نسب وزنية محددة من المواد البوليمرية (PS, MF, PMMA) (0.5،1،2،3)% بوجود 1% وزناً من حفاز كلوريد الالمنيوم اللامائي مع (1%) وزناً من الـ Blow Down. وتم المزج لمدة (10) دقائق وعند درجة حرارة (140±5م°) بعدها ادخلت النماذج في فرن المايكروويف لأزمان مختلفة (5،10،15) دقيقة وعند طاقات (180) و(360) واط على التوالي.

المرحلة الثانية:–

أعيدت العملية نفسها بدون إضافة Blow Down وعند زمن ثابت (10) دقائق في فرن المايكروويف وعند طاقات (180) و(360) واط على التوالي.

3– تحديد المواصفات الريولوجية للنماذج الاسفلتية

تم تحديد المواصفات الريولوجية للنماذج الاسفلتية الأصل و المحضرة عن طريق قياس النفاذية[16], الاستطالة[17]، درجة الليونة[18] ودليل الاختراق[19].

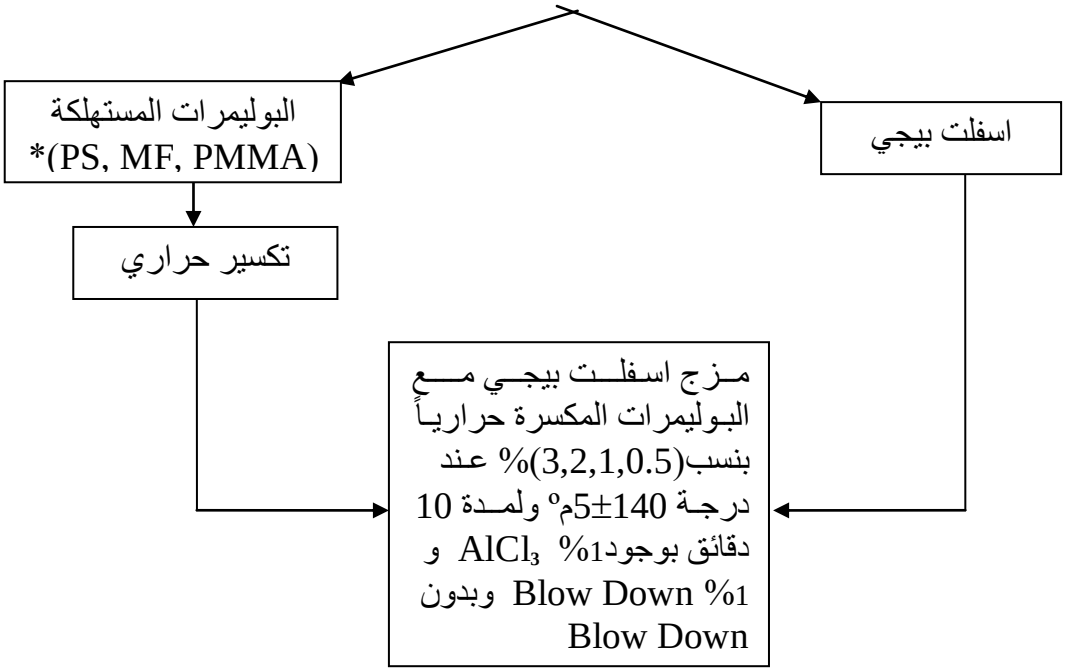
فحص المارشال (Marshall) (التبليط بالإسفلت)

يبين هذا الفحص مدى ملائمة النماذج الاسفلتية لاغراض التبليط إذ تم أخذ (10) كيلوغرام من الركام المعدني المتكون من الحصى والحجارة المسحوقة والرمل والاسمنت وخلطت هذه المكونات ومن ثم جفف الركام عن طريق تسخينه في فرن التجفيف, بعدها تم اضافة نسب مختلفة من الاسفلت الى الركام (4.1,4,3.9,3.8)% وزناً . بواسطة جهاز مازج الاسفلت تم المزج بمدة لا تقل عن (10) دقائق بصورة جيدة الى حين الوصول الى درجة كبيرة من التجانس وبعدها تم وزن (1200)غرام من المزيج الناتج ووضعت في قوالب معدنية حلقية الشكل كبيرة الحجم ومن ثم كبس او طرق بواسطة كابس خاص بذلك بـ (75طرقة) لكل وجه، وبعدها تم رفع المزيج من القالب (أخذنا لكل نسبة من الاسفلت نموذجين مارشال وتم القياس واخذ المعدل للقيم الناتجة)، ونقل النماذج الى حمام مائي بدرجة حرارة (60 م°) ولمدة نصف ساعة ومن ثم تجرى قياسات الاستقرارية (Stability) والزحف (Flow) وحسب مواصفات هيئة الطرق والجسور (S.O.R.B)[20].

النتائج والمناقشة

استعملنا تقنية المايكروويف في هذه الدراسة والتي تعد من الأساليب الحديثة التي استعملت في مجالات مختلفة في الصناعة (وذلك للمميزات التي تمتاز بها هذه التقنية) لتقليل زمن التفاعل وخفض للطاقة اللازمة لاجرائه مما ينعكس ايجاباً في خفض تكاليف الانتاج وتقليل الغازات المنبعثة التي تؤثر سلباً على البيئة. اما عن سبب استعمالنا فضلات بوليمرية (مواد بلاستيكية) بدلاً من مواد بكر تجارية في هذا المجال فيعود الى تقليل كلفة التحوير فضلاً عن الفوائد البيئية والاقتصادية العديدة. كما استخدمنا Blow Down بدلاً من الكبريت في دراستنا لانه مادة عرضية ناتجة من عمليات انتاج الكبريت وكونها تحتوي على حوالي (80)% كبريت حر وبسبب ارتفاع اسعار الكبريت عالمياً إضافة الى كونها مادة ملوثة بيئياً ورخيصة الثمن لذلك استعملت في الدراسة لتقليل التأثير البيئي السلبي لها من ادخالها في تحوير مواصفات الاسفلت[21،22]. ولتوضيح خطوات العمل التي قمنا بها باسلوب توضيحي وربط النتائج التي تم الحصول عليها من أجل المناقشة باسلوب تناسقي وواضح وتم وضع مخطط يبين النقاط الاساسية والفرعية المعتمدة عليها في إجراء الدراسة وكما يأتي:

تهيئة المواد الاولية



*PS=Polystyrene
MF=Melamine Form-
-aldehyde
PMMA=polymethyl
Methacrylat

قبل البدء في هذه الدراسة كان لابد من إجراء عملية التكسير الحراري للفضلات البوليمرية.

التكسير الحراري للمواد البوليمرية:- تم إخضاع الفضلات البوليمرية (PS, MF, PMMA) الى عملية تكسير حراري بهدف تحويلها الى بوليمرات ذات أوزان جزيئية أوطأ بهدف زيادة قابلية ذوبانها في الاسفلت وجعله يمتلك مواقع فعالة تسهل تفاعله مع الاسفلت.

التحوير الريولوجي الكيميائي لإسفلت بيجي باستخدام البوليمرات وتضمنت مرحلتين:

1- المرحلة الأولى:- وتضمنت هذه المرحلة التحوير الريولوجي عن طريق مزج الإسفلت مع البوليمرات المكسرة حرارياً (PS, MF, PMMA) وحسب ما هو موضح في الجزء العملي والجداول (1), (2), (5), (6), (9), (10) وضحت النتائج المحصل عليها.

2- المرحلة الثانية:- أعيدت نفس خطوات المرحلة الأولى ولكن بدون إضافة الـ BlowDown وعند زمن ثابت (10) دقائق وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجداول (3), (4), (7), (8)، (11) و (12).

أ- المعاملة مع البولي ستايرين

جدول (1): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من البولي ستايرين مع (1%) Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (180) واط وبأزمان مختلفة.

رقم النموذج	PS (%)	الزمن (min)	الاستطالة (cm،25مº)	النفاذية،ملم(100غم ،5ثا،25مº)	درجة الليونة (مº)	دليل الاختراق (PI)
A	0	-	+100	66.5	48	-1.040
1	0.5	5	46	16	58	-1.606
2	1	5	13	18	72	0.897
3	2	5	11	21	82	2.573
4	3	5	10	23	66	0.416
5	0.5	10	43	26	58	-0.786
6	1	10	17	24	65	0.332
7	2	10	13	28	64	0.465
8	3	10	14	29	64	0.465
9	0.5	15	27	29	63	0.358
10	1	15	25	28	63	0.288
11	2	15	19	25	64	0.236
12	3	15	18	23	65	0.243

جدول (2): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من البولي ستايرين مع (1%) Blow Down وبوجود حفاز 1% وزنامن كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (360) واط وبأزمان مختلفة.

رقم النموذج	PS (%)	الزمن (min)	الاستطالة (cm،25م°)	النفاذية، ملم (100غم،5ثا،25م°)	درجة الليونة (م°)	دليل الاختراق (PI)
A	0	-	+100	66.5	48	−1.040
13	0.5	5	28	27	64	0.386
14	1	5	34	29	63	0.358
15	2	5	21	27	64	0.386
16	3	5	16	25	65	0.407
17	0.5	10	65	28	59	-0.445
18	1	10	39	31	60	-0.060
19	2	10	17	25	59	-0.668
20	3	10	21	22	60	-0.712
21	0.5	15	29	32	62	0.383
22	1	15	24	30	63	0.430
23	2	15	18	25	64	0.236
24	3	15	13	24	64	0.160

نلحظ من الجدول (1) انه عند استخدام طاقة (180) واط وبزيادة نسبة البولي ستايرين المضافة الى اسفلت بيجي انخفضت قيمة الاستطالة والنفاذية مع زيادة درجة الليونة لجميع النماذج كذلك نلاحظ زيادة الحساسية الحرارية للنماذج وقد توصلنا الى هذه الحقيقة عن طريق احتساب قيم دليل الاختراق (Penetration Index)(PI) لتلك النماذج من خلال علاقة متطورة تربط بين درجة ليونة النموذج ودرجة نفاذيته في درجة حرارة (25م°) وكما موضح في المعادلة الآتية:

$$\frac{20 - PI}{10 + PI} = 50 \left[\frac{Log800 - LogPen}{T_{RB} - T} \right]$$

إذ إن :-

PI : دليل الاختراق

Pent : درجة نفاذية النموذج الاسفلتي

TRB : درجة ليونة النموذج

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

ويتم التعرف من خلال هذه الدالة على مدى حساسية المادة الأسفلتية وتأثرها بدرجات الحرارة[23].

إذ يظهر لنا من الجدول ان قيم دليل الاختراق (PI) تنخفض مع زيادة نسبة البولي ستايرين وهذا يعني ان الحساسية الحرارية للنماذج تزداد بزيادة نسبة البولي ستايرين وهذا أمر غير جيد. في حين يظهر الجدول (2) انه عند نفس الظروف ولكن بزيادة الطاقة الى (360) واط ادت الى تحسين الحساسية الحرارية للنماذج المختلفة إذ نلاحظ انه عند زمن (5) و(15) دقيقة، وبزيادة نسبة البولي ستايرين المضافة ادت الى زيادة قيم (PI) وهذا يعني انخفاض في الحساسية الحرارية وهذا أمر مقبول ولكن عند الزمن (10) دقيقة نلاحظ انخفاضاً في قيم (PI) مما يؤدي الى زيادة الحساسية الحرارية التي تؤثر سلباً على الانظمة الاسفلتية المحورة، كما ان قيم الاستطالة والنفاذية بدأت بالانخفاض مع زيادة نسبة البولي ستايرين وزيادة في درجة التلين التي كانت نوعاً ما ثابتة وقد يعزى ذلك الى زيادة نسبة التراكيب ذات الاوزان الجزيئية المتوسطة والعالية في النموذج الاسفلتي[24].

جدول (3): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من البولي ستايرين بدون Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (180) واط وزمن ثابت (10) دقائق.

رقم النموذج	PS (%)	الاستطالة (cm،25م°)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25م°)	درجة الليونة (م°)	دليل الاختراق (PI)
A	0	+100	66.5	48	−1.040
25	0.5	60	28	58	−0.642
26	1	84	31	59	−0.253
27	2	74	25	61	−0.296
28	3	32	24	61	−0.370

جدول (4): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من البولي ستايرين بدون Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (360) واط وزمن ثابت (10) دقائق.

رقم النموذج	PS (%)	الاستطالة (cm،25م°)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25م°)	درجة الليونة (م°)	دليل الاختراق (PI)
A	0	+100	66.5	48	−1.040
29	0.5	51	32	60	0.009
30	1	36	43	62	1.044
31	2	29	26	63	0.137
32	3	12	23	64	0.073

عند المقارنة بين الجدولين (1)(الجزء المظلل) والجدول(3) والجدول(5) بدون B.D وعند نفس الزمن نجد انه بدون اضافة الـ B.D وبزيادة نسبة البولي ستايرين فان قيم الاستطالة كانت اقل

حين أن قيم النفاذية كانت متقاربة ونلاحظ أيضاً ان قيم (PI) انخفضت بدون إضافة الـ B.D عند استخدام طاقة (180) واط مما يعني زيادة الحساسية الحرارية وهذا امر مقبول بالمقارنة مع قيم الـ (PI) التي كانت مرتفعة تحت نفس الظروف بإضافة الـ B.D مع هذا فأن قيم الحساسية الحرارية مع او بدون B.D كانت جيدة بالمقارنة مع الاصل, وهذا ما تم ملاحظته أيضا بالمقارنة مع الجدولين(2) (الجزء المظلل) والجدول(4) ولكن الحساسية الحرارية فكانت النتائج عكس ما حصل عند استخدام طاقة 180 واط.

عند المقارنة بين الجدولين (3) و (4) بدون اضافة الـB.D نلحظ انخفاض قيم الاستطالة والنفاذية وارتفاع درجة الليونة عند الانتقال من (180) واط الى (360) واط, كما ونلحظ زيادة في قيم الـ (PI) وهذا يعني انخفاض الحساسية الحرارية وبالتالي فان عدم اضافة الـB.D ادى الى تجانس في النظام الاسفلتي. وتعد عملية اضافة البوليمر ذي الوزن الجزيئي العالي الى الاسفلت عملية صعبة، وان عملية تكوين نظام متجانس ليس بالامر السهل في مثل هذه الحالة. ففي نظام (اسفلت – بوليمر) تمثل المواد البتيومينية الطور المستمر فيه والبوليمر هو الطور المنتشر خلاله, خاصة اذا كان محتوى البوليمر اقل من (6%)، اما في حالة زيادة محتوى البوليمر في الاسفلت الى اكثر من (6%) فذلك سيؤدي الى تغيرات دراماتيكية في الخواص الريولوجية للاسفلت نتيجة لعدم تجانس مثل هذه الانظمة، اذ يصبح عندها النظام مقلوباً أي يصبح البتيومين هو الطور المنتشر[25].

ب- المعاملة مع راتنج الميلامين- فورمالديهايد

جدول (5): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من راتنجات الميلامين- فورمالديهايد مع Blow Down (1%) وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (180) واط وبأزمان مختلفة.

رقم النموذج	MF (%)	الزمن (min)	الاستطالة (°م25،cm)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25°م)	درجة الليونة (°م)	دليل الاختراق (PI)
A	0	-	+100	66.5	48	−1.040
33	0.5	5	27	27	63	0.210
34	1	5	18	21	65	0.080
35	2	5	24	30	63	0.430
36	3	5	74	39	61	0.624
37	0.5	10	96	44	64	1.470
38	1	10	17	44	73	2.813
39	2	10	50	43	66	1.770
40	3	10	47	20	64	−0.180
41	0.5	15	93	45	63	1.344
42	1	15	100	48	60	0.920
43	2	15	21	30	64	0.607
44	3	15	16	27	64	0.386

جدول (6): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من راتنجات الميلامين– فورمالديهايد مع (1%) Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (360) واط وبأزمان مختلفة.

رقم النموذج	MF (%)	الزمن (min)	الاستطالة (°م25،cm)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25°م)	درجة الليونة (°م)	دليل الاختراق (PI)
A	0	-	+100	66.5	48	−1.040
45	0.5	5	30	32	63	0.565
46	1	5	29	30	63	0.430
47	2	5	51	35	59	0.004
48	3	5	28	29	64	0.535
49	0.5	10	29	35	63	0.759
50	1	10	26	33	64	0.810
51	2	10	25	32	64	0.743
52	3	10	24	32	64	0.743
53	0.5	15	42	40	63	1.062
54	1	15	39	40	63	1.062
55	2	15	38	37	64	1.064
56	3	15	37	34	64	0.868

نلاحظ من الجدول (5) عند استخدام طاقة (180) واط وبزيادة نسبة الميلامين المضافة وعند زمن ثابت (5) دقيقة ان قيم الاستطالة والنفاذية بدأت بالتذبذب في حين كانت درجة الليونة متقاربة بينما قيم دليل الاختراق (PI) اخذت بالارتفاع وهذا يدل على انخفاض الحساسية الحرارية للنماذج ، بينما نجد انه عند زيادة الزمن من (5) الى (10) دقيقة فأن قيم الاستطالة والنفاذية ازدادت بينما بقيت قيم درجات الليونة متأرجحة مع ارتفاع قليل عند زمن (10) دقيقة، اما بالنسبة لقيم الـ(PI) فقد كانت بين ارتفاع وانخفاض عند هذا الزمن الا أنها بصورة عامة أفضل من النموذج الاصل مما يعني تحسن الحساسية الحرارية للنماذج المحورة كانت أفضل. اما عند الزمن (15) دقيقة لنفس الظروف والطاقة نجد ان باستعمال نسبة (0.5،1)**%** من الميلامين اعطى نتائج جيدة جداً من حيث ارتفاع قيم الاستطالة والنفاذية مع ثبات قيم درجة الليونة تقريباً بينما اخذت قيم الاستطالة والنفاذية بالانخفاض عند زيادة نسبة البوليمر المضاف (2،3)**%** بينما قيم الـ(PI) بدأت بالانخفاض مع زيادة نسبة البوليمر المضاف مع هذا تعني أفضل من النموذج الاصل. بينما يظهر الجدول (6) عند نفس الظروف وبالمقارنة مع الجدول (5) انه بزيادة الطاقة من (180) واط الى (360) واط ادى بصورة عامة الى انخفاض في قيم الاستطالة والنفاذية مع ثبات قيم درجة الليونة وهذا يفسر بان الانظمة الاسفلتية المتكونة قد تأثرت بزيادة الطاقة لانه

وكما هو معلوم ان زيادة درجة الحرارة عن الدرجة الحرارية المطلوبة في الانظمة الاسفلتية المعالجة باستخدام التسخين الاعتيادي يؤدي الى تدهور المواصفات الريولوجية المتكونة وهذا ظهر لنا جلياً عند زيادة الطاقة من (180) واط الى(360) واط.

جدول (7): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من راتنجات الميلامين-فورمالديهايد بدون Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (180) واط وزمن ثابت (10) دقائق

رقم النموذج	MF (%)	الاستطالة (cm،25مº)	النفاذية، ملم (100،5 ثا،25مº)	درجة الليونة (مº)	دليل الاختراق (PI)
A	0	+100	66.5	48	-1.040
57	0.5	81	36	62	0.637
58	1	+100	40	60	0.494
59	2	60	35	63	0.759
60	3	55	33	63	0.631

إذ نلاحظ من الجدول (7) وبالمقارنة مع الجدول(5) (الجزء المظلل) عند نفس الزمن وباستخدام طاقة (180) واط انه بدون الـ B.D كانت قيم الاستطالة أفضل كذلك قيم النفاذية أفضل نوعاً ما مع نقصان نسبة البوليمر المضاف كما ان قيم الـ (PI) بصورة عامة أعلى مع إضافة الـB.D وبدون الـ B.D مقارنة مع النموذج الأصل مما يعني حساسية حرارية اقل وهذا امر جيد.

اما عند زيادة الطاقة من (180) واط الى (360) واط عند نفس الظروف وزمن ثابت (10) دقائق وكما مبين في الجدول (8).

جدول (8): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من راتنجات الميلامين-فورمالديهايد بدون Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (360) واط وزمن ثابت (10) دقائق.

رقم النموذج	MF (%)	الاستطالة (cm،25مº)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25مº)	درجة الليونة (مº)	دليل الاختراق (PI)
A	0	+100	66.5	48	-1.040
61	0.5	41	33	63	0.631
62	1	36	32	63	0.565
63	2	33	29	64	0.537
64	3	23	29	64	0.537

بالمقارنة مع الجدول (6)(الجزء المظلل) انه بدون إضافة الـ B.D وبزيادة نسبة البوليمر المضاف فان قيم الاستطالة كانت أفضل مما في حالة استخدام الـ B.D بينما قيم النفاذية ودرجات الليونة متقاربة مع او بدون إضافة الـB.D وقيم الـ (PI) كانت جيدة مع أو بدون الـ B.D بالمقارنة مع الاصل. وعند المقارنة بين الجدولين (7) و (8) (بدون إضافة الـB.D) وبزيادة الطاقة من (180) واط الى (360) واط أدت الى انخفاض في قيم الاستطالة وقيم النفاذية بينما كانت درجات الليونة متقاربة وهذا يفسر لنا استخدام الدرجات الحرارية الاقل أفضل إذ أدى الى تحسين الخواص الريولوجية، كذلك الحساسية الحرارية نوعاً ما كانت أفضل عند استعمال طاقة (180) واط.

ت- المعاملة مع بولي مثيل ميثا كريلات

جدول (9): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من بولي مثيل ميثا كريلات مع Blow Down (1%) وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (180) واط وبأزمان مختلفة.

رقم النموذج	PMMA (%)	الزمن (min)	الاستطالة (cm،25مº)	النفاذية، ملم (100،5ثا،25مº)	درجة الليونة (مº)	دليل الاختراق (PI)
A	0	–	+100	66.5	48	-1.040
65	0.5	5	32	40	64	1.244
66	1	5	25	38	64	1.125
67	2	5	23	32	65	0.920
68	3	5	20	31	68	1.350
69	0.5	10	55	28	61	-0.073
70	1	10	50	25	62	-0.115
71	2	10	34	22	63	-0.176
72	3	10	25	20	64	-0.180
73	0.5	15	83	40	61	0.687
74	1	15	62	35	63	-0.759
75	2	15	71	37	62	0.698
76	3	15	37	33	64	0.810

جدول (10): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من بولي مثيل ميثا كريلات مع (1%) Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (360) واط وبأزمان مختلفة.

رقم النموذج	PMMA (%)	الزمن (min)	الاستطالة (cm،25مº)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25مº)	درجة الليونة (مº)	دليل الاختراق (PI)
A	0	–	+100	66.5	48	-1.040
77	0.5	5	81	40	61	0.687
78	1	5	69	37	62	0.698
79	2	5	50	33	63	0.632
80	3	5	40	30	64	0.607
81	0.5	10	+100	48	60	0.920
82	1	10	97	47	60	0.875
83	2	10	73	45	62	1.156
84	3	10	56	43	63	1.232
85	0.5	15	98	40	60	0.494
86	1	15	87	39	61	0.624
87	2	15	60	37	62	0.698
88	3	15	58	28	62	0.109

إذ نلحظ من الجدول (9) عند طاقة (180) واط بان قيم الاستطالة والنفاذية بدأت بالنقصان مع زيادة نسبة البوليمر المضافة مع ثبات قيم درجات التلين ، إذ ان نسبة (1,0.5)**%** اعطت نتائج أفضل مع زيادة الزمن من (5) الى (10) دقيقة لتكون افضل ما يمكن عند زمن (10) دقيقة الا ان قيم الـ (PI) كانت مرتفعة عند زمن (5) و (15) دقائق مما يعني انخفاض الحساسية الحرارية عند هذه الأزمان بالمقارنة مع الزمن (10) دقيقة ، في حين يظهر الجدول (10) وعند نفس الظروف وبزيادة الطاقة من (180) واط الى (360) واط وايضاً عند نسبة (1,0.5)**%** من البوليمر انه ادى الى تحسن كبير في قيم الاستطالة والنفاذية بالمقارنة مع قيم الاستطالة والنفاذية عند استخدام طاقة (180) واط كما في الجدول (9)، الا ان قيم الـ (PI) كانت مرتفعة بالمقارنة مع الزمن (10) دقائق وباستخدام طاقة (180) واط.

جدول (11): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من بولي مثيل ميثا كريلات بدون Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (180) واط وزمن ثابت (10) دقائق.

رقم النموذج	PMMA (%)	الاستطالة (cm،25مº)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25مº)	درجة الليونة (مº)	دليل الاختراق (PI)
A	0	+100	66.5	48	−1.040
89	0.5	+100	41	60	0.484
90	1	92	40	61	0.687
91	2	+100	40	60	0.494
92	3	47	35	63	0.759

جدول (12): المواصفات الريولوجية لإسفلت بيجي المحور بنسب مختلفة من بولي مثيل ميثا كريلات بدون Blow Down وبوجود حفاز (1%) كلوريد الألمنيوم اللامائي عند طاقة (360) واط وزمن ثابت (10) دقائق.

رقم النموذج	PMMA (%)	الاستطالة (cm،25مº)	النفاذية،ملم (100،5ثا،25مº)	درجة الليونة (مº)	دليل الاختراق (PI)
A	0	+100	66.5	48	-1.040
93	0.5	+100	42	60	0.606
94	1	67	41	61	0.677
95	2	64	41	62	0.866
96	3	60	34	63	0.506

عند المقارنة بين الجدولين (9)(الجزء المظلل) و(11) ولنفس الزمن (10) دقائق عند طاقة (180) واط انه بدون اضافة الـ B.D كانت قيم الاستطالة والنفاذية والحساسية الحرارية افضل بكثير من قيم الاستطالة والنفاذية والحساسية الحرارية مع وجود الـ B.D، ولكن عند المقارنة بين الجدولين (10)(الجزء المظلل) و(12) نلاحظ أنه بوجود الـ B.D كانت قيم الاستطالة والنفاذية أفضل في حين ان درجات التلين كانت متقاربة مع أو بدون الـ B.D الا ان الحساسية الحرارية مع إضافة الـ B.D كانت افضل لان قيم الـ (PI) كانت اعلى مع الـ B.D , اما اذا قارنا بين الجدولين (11) و (12) نجد عند استخدام طاقة (180) واط أعطى نتائج جيدة جداً من حيث الاستطالة والنفاذية بالمقارنة مع الطاقة (360) واط بالرغم من ان النتائج عند (360) واط كانت جيدة ، كما ان الحساسية الحرارية للنماذج عند (360) واط كانت أفضل نوعاً ما وهذا واضح من خلال قيم الـ (PI) التي ارتفعت أعلى بقليل من قيم الـ (PI) عند استخدام (180) واط، الا أن كلتا الطاقتين أعطت حساسية حرارية أفضل من النموذج الأصل وبصورة

عامة فأن استخدام طاقة (180) واط في التحويرات، كما نلاحظ ان استخدام نسبة (2,1,0.5)% من بولي مثيل ميثا اكريلات اعطى نتائج جيدة افضل من النسبة (3%) وهذا يفسر بان زيادة نسبة البوليمر عن اكثر من (2%) ادى الى عدم التجانس مما أثر سلباً على تحسين المواصفات الريولوجية للأسفلت لذلك فان استخدام النسب الصحيحة والدقيقة كفيل باعطاء نتائج جيدة أثناء إجراء التحويرات الريولوجية للاسفلت باستخدام البوليمرات فضلاً عن طبيعة وتركيب البوليمر.

مقارنة الخواص الريولوجية بين البوليمرات الثلاثة (PS, MF, PMMA) المستخدمة في معالجة اسفلت بيجي

من خلال متابعة النتائج المدونة في الجداول (1) الى (12) نلاحظ ان هناك فرقاً واضحاً في الخواص الريولوجية للانظمة الاسفلتية المعالجة بالبوليمرات الثلاثة (PS, MF, PMMA)، إذ إن في كلتا الحالتين (اضافة الـ B.D وبدون اضافة الـ B.D) نجد ان الاسفلت المحور بالبولي مثيل ميثا اكريلات امتلك خواص ريولوجية افضل من الاسفلت المحور براتنجات الميلامين والذي بدوره يمتلك خواص ريولوجية أفضل من الاسفلت المحور بالبولي ستايرين وهذا واضح من قيم الاستطالة والنفاذية إذ حصلنا في الاسفلت المحور بالبولي مثيل ميثا اكريلات على اربعة نماذج (81 ,89 ,91 ,93) وصلت فيها الاستطالة الى اعلى حد (100+ سم) وتحسن في قيم النفاذية ودرجات التلين وايضاً قيم الـ PI كانت جيدة نوعاً ما في هذا النوع من الانظمة الاسفلتية المحورة، اما في حالة الاسفلت المحور براتنجات الميلامين فقد حصلنا على نموذجين فقط (58,42) بلغت قيم الاستطالة فيهما (100 ,+100 سم) مع نفاذية ودرجات تلين جيدة وحساسية حرارية جيدة، بينما في حالة الاسفلت المحور بالبولي ستايرين فقد وصلت قيم الاستطالة فيه الى (84 سم) النموذج (26) مع انخفاض واضح في قيم النفاذية لجميع النماذج في هذا النظام الا ان درجات التلين لبعض النماذج كانت اقل نوعاً ما مقارنة ببقية البوليمرات مع الحصول ايضاً على حساسية حرارية واطئة وهو أمر جيد. وإذا أمعنا النظر بدقة في النتائج نلاحظ أن جميع البوليمرات بدون اضافة الـ B.D اعطت نتائج افضل مما في حالة اضافة الـ B.D بسبب احتواء الـ B.D على نسبة كبيرة من الكبريت التي تؤثر على خواص الاسفلت الريولوجية من حيث انخفاض قيم الاستطالة والنفاذية بوجود الـ B.D وهذا ما اكدته دراسة سابقة[26]. ونلاحظ أيضاً انه عند زيادة نسبة البوليمر (PS, MF, PMMA) المضافة الى الاسفلت ضمن هذه الدراسة ادت الى انخفاض في قيم الاستطالة والنفاذية وبالتالي الحصول على انظمة اسفلتية بمواصفات تمكن من استخدام الاسفلت كماستك للتسطيح ومواد عازلة للماء والرطوبة بدلاً من استعماله في عمليات التبليط وهذا واضح من القيم التي حصلنا عليها للكثير من النماذج المحورة والتي كانت ضمن مواصفات الاسفلت المستعمل كعازل للرطوبة (الماستك)

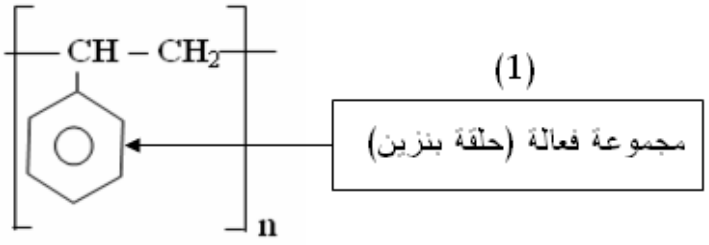
والاسفلت المستعمل في التسطيح، اذ ان بزيادة نسبة البوليمر المضافة (3, 2, 1, 0.5)**%** (PS, MF, PMMA) فان قيم الاستطالة والنفاذية تنخفض بالشكل الآتي:

انخفاض في قيم الاستطالة والنفاذية

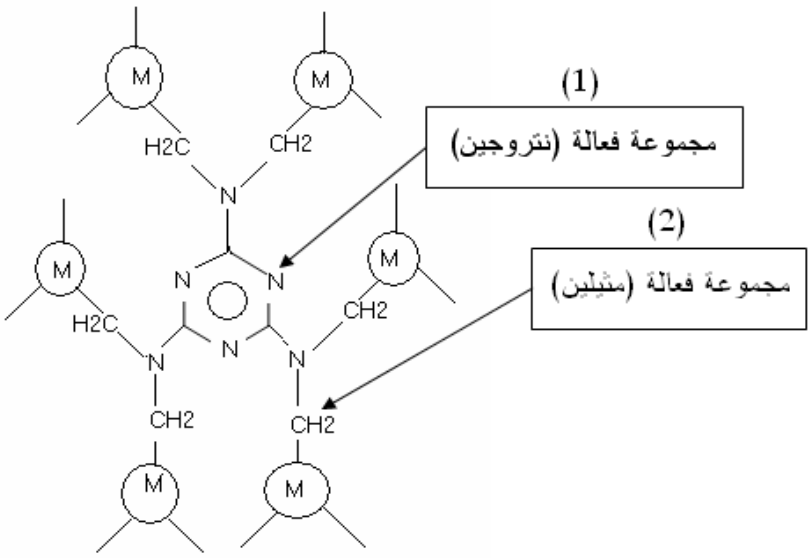
PS > MF > PMMA

أما من ناحية الطاقة فأن استخدام طاقة (180) واط كانت أفضل من استخدام طاقة (360) واط وقد يفسر بان الأشعة المسلطة على النموذج [في حالة استخدام طاقة (360) واط] تتغلب على طاقة الاواصر التي تربط بين جزيئات الاسفلت وجزيئات البوليمر مما يؤدي الى تكسير هذه الاواصر وهذا يؤدي الى حدوث عملية الكلة نتيجة لوجود حفاز كلوريد الألمنيوم اللامائي والتي تؤدي الى زيادة الوزن الجزيئي وبالتالي تؤدي الى حالة انفصال الاطوار بين البوليمر والاسفلت وهذا بدوره يعمل على انخفاض الثبات والتماسك بين الجزيئات للنظام الاسفلتي، ما عدا الجدول (10) إذ لاحظنا فيه ان استخدام طاقة (360) واط في تحوير خواص الاسفلت باستخدام بولي مثيل ميثا اكريلات مع إضافة الـ B.D أعطى نتائج أفضل من استخدام طاقة (180) واط وقد يعزى هذا الى ان بولي مثيل ميثا اكريلات يحتوي في تركيبه على ثلاث مجاميع فعالة وبهذا احتاج الى طاقة أعلى لزيادة أمكانية ترابط هذه المجاميع مع مجاميع الكاربون والكبريت الموجودة في الـ B.D والتي بدورها ارتبطت مع المجاميع الفعالة في الاسفلت. اما من ناحية الزمن فنلاحظ ان استخدام زمن (10) دقيقة أعطى نتائج أفضل من استخدام زمن (5) و (15) دقيقة وقد يعزى الى ان التفاعل الكيميائي بين البوليمر والاسفلت لم يكتمل عند الزمن (5) دقيقة أي أن جزيئات البوليمر لم ترتبط بشكل كامل مع الاسفلت (لم يحصل تجانس) عند هذا الزمن، لكن عند زيادة الزمن الى (10) دقيقة حصلنا على نظام اسفلتي اكثر تجانساً بمعنى ان التفاعل اكتمل عند هذا الزمن مع تجانس اكثر مع البوليمر، اما عند زيادة الزمن الى (15) دقيقة ادى الى ارتفاع درجة الحرارة عن الحد المطلوب الذي يقلل من خواص الاسفلت أي أن زيادة زمن تسليط اشعة المايكروويف على النموذج الاسفلتي يؤثر سلباً على خواص الاسفلت الريولوجية من خلال تكسير الأواصر المتكونة عند الزمن (10) دقيقة.

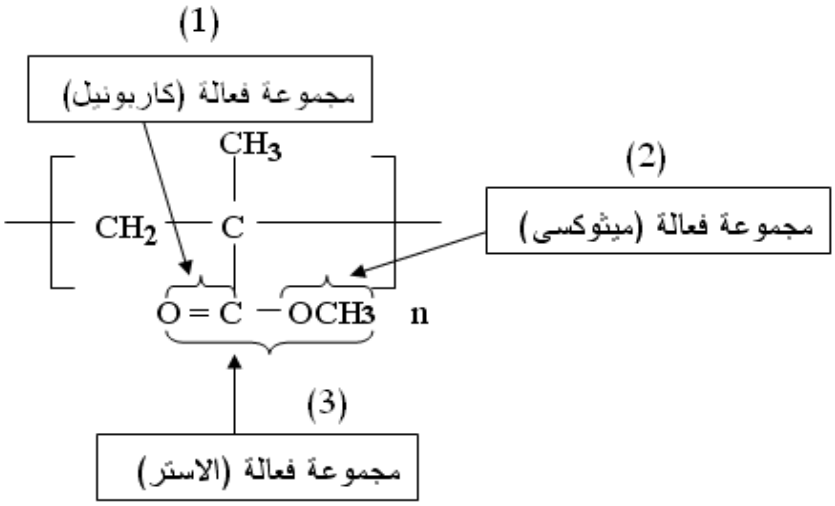
وبصورة عامة فان امكانية الحصول على نظام اسفلتي ذو خواص ريولوجية جيدة جداً تكمن في معالجة اسفلت بيجي ببولي مثيل ميثا اكريلات الذي يفضل على بقية البوليمرات وقد يكون السبب في ان بولي مثيل ميثا اكريلات يحتوي في تركيبه على ثلاث مجاميع فعالة (مجموعة الاستر، مجموعة الكاربونيل ومجموعة ميثوكسي) التي تزيد من إمكانية ترابطه كيميائياً مع الاسفلت بدرجة اكبر من ترابط الاسفلت مع الميلامين الذي يحتوي على مجموعيتن فعاليتين (مجموعة نتروجين ومجموعة المثيلين) الذي كان ترابطه اكبر من ترابط الاسفلت مع البولي ستايرين الذي يحتوي على مجموعة فعالة واحدة (حلقة بنزين). وبصورة عامة فان التحسين في الخواص الريولوجية لاسفلت بيجي باستخدام البوليمرات كان ضمن الاتجاة الأتي: PMMA > MF > PS



Polystyrene(مجموعة فعالة واحدة)



Melamine-Formaldehyde(مجموعتين فعاليتين)



Polymethyl methacrylate (ثلاث مجاميع فعالة)

الرصف بالاسفلت:-

من اجل بيان نجاح دراستنا في اجراء تحويرات ريولوجية مناسبة لمواصفات الاسفلت المستعمل في التبليط اخذنا افضل نموذج (89) محور من اسفلت بيجي والذي كان مطابق لمواصفات اسفلت التبيلط، ويهدف هذا التطبيق الى دراسة سلوك تحمل الخرسانة الاسفلتية لطبقة سطح الطريق للاثقال (الطائرات والسيارت بانواعها) وبما يعرف عنه بالثبات او الاستقرارية (كيلو نيوتن) وتأثير النسب المئوية المختلفة من الاسفلت المحور الداخلة في تصميم الخلطات لما يعرف بالمارشال ومعرفة مدى ملائمة الاسفلت المحور في اعمال التبليط ومقارنته مع الاسفلت الاصل، فقد خضعت عينات الفحص بطريقة المارشال الى مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية لعام (2001) وكما مبين في الجزء العملي. والجدول (13) يوضح قيم الاستقرارية والزحف لاسفلت بيجي المحور (لأفضل الظروف) ومقارنتهما مع الاصل ومع مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.R.B).

جدول (13): يوضح قيم الاستقرارية والزحف لاسفلت بيجي المحور (افضل الظروف) والمقارنة مع اسفلت بيجي الاصل ومواصفات (S.O.R.B)

نسبة الاسفلت(%) المضاف الى الركام	اسفلت بيجي الاصل		اسفلت بيجي المحور (افضل الظروف)*		مواصفات S.O.R.B **	
	الاستقرارية (KN)	الزحف (mm)	الاستقرارية (KN)	الزحف (mm)	الاستقرارية (KN)	الزحف (mm)
3.8	19.5	5.15	25.74	3.95		
3.9	24.57	4.75	29.25	3.75		
4	26.91	4.45	30.42	2.63	7	
4.1	30.42	4.1	39	2.13	Minimum	2-4

* نموذج (89)

** S.O.R.B: مواصفات هيئة الطرق والجسور

إذ يتبين من الجدول (13) انه بزيادة المادة الاسفليتة المضافة (اسفلت بيجي الاصل مع افضل نموذج محور نموذج 89) في خلطة المارشال وكمعدل لقيم الاستقرارية (كيلو نيوتن) والزحف (ملم) فأنها بدأت بالزيادة لكل من الاصل والمحور ويرجع السبب في ذلك الى زيادة قوة الترابط بين الاسفلت والركام إذ ان حبيبات الركام تنزلق بشكل أفضل بسبب زيادة نسبة الاسفلت على حساب تناقص في نسبة الركام في الخلطة مما يعطي أمكانية للرص بشكل أفضل فتزداد الكثافة الحقيقية بشكل نسبي مما يؤدي الى زيادة في قابلية تحمل الاثقال المسلطة بشكل أفضل حتى الحصول على أقصى ثبات (كيلو نيوتن) إذ كانت عند النسبة المئوية للاسفلت (4.1%). وعلى الرغم من ان قيم الاستقرارية (كيلو نيوتن) لاسفلت بيجي الاصل كانت أعلى من

مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية الا ان قيم الزحف كانت غير مطابقة لهذه المواصفات التي يجب ان تكون ضمن المدى (2-4 ملم). إذ نلحظ ان الاسفلت المحور أعطى ضمن خلطات المارشال قيم استقرارية (كيلو نيوتن) أعلى من الأصل بزيادة المادة الاسفلتية المحورة وهذا واضح من الجدول (13)، والممتاز في النموذج (89) انه أعطى قيم للزحف مطابقة لمواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية لذلك كانت أفضل نسبة من اسفلت بيجي هي (4.1%) الذي أعطى استقرارية (39) كيلو نيوتن وزحف (2.13) ملم وهي نتائج ممتازة جداً.

المصادر

1) Giavarini, C. and Chilingarian, G.V., "Polymer-Modified Bitumen, Asphaltenes and Asphalts, 1.Developments in Petroleum Science". Vol.40, edited by T.F.Yen, Elservier Science,pp.381, (1994).

2) Roberts, M.G., "Modified Asphalt Compositions", (Owens–Corning Fiberglas Corp.) U.S.US 4, 316, 829, (Cl.260-28.5AS Co8L95/00), 25 Sep 1980, 5pp.; Chem.Abstr., 96(20):167653j (1982).

3) صالح، ل.ع.، "دراسة حول تغيير المواصفات الريولوجية للاسفلت"، رسالة ماجستير، جامعة الموصل(1992).

4) الدبوني، ع.أ. صالح، ل.ع. والعكيدي، ش.س.،مجلة علوم الرافدين، المجلد 16، العدد 3، خاص بعلوم الكيمياء، ص 65–67 (2005).

5) سعيد، ل. أ.، "تحوير المواصفات الريولوجية للاسفلت تأثير المعالجة بالاسفلتين المؤكسد على مزائج اسفلت– كبريت"، رسالة ماجستير، جامعة الموصل(2006).

6) Mikulas, J. Ivan, K. and Milos, H., "Method for modified asphalt production", Czech. Pa t Cs236, 221; Chem. Abst., 108, 172526r (1988).

7) الاعرجي، و. م.، "المعالجة الكيميائية لإسفلت التبليط مع الكبريت باستخدام أشعة المايكروويف"، مجلة التربية والعلم، المجلد 17، العدد 1، ص 80–88. (2005).

8) Microwave Process for Asphalt Pavement Recycling, (1992), Industrial Program-Environment and Energy Management Published by (EPRI), No.2

9) Wang, Z.J. Zhao, P. Ai, T. Yang, G.Y. and Wang, Q., "Microwave Absorbing Characteristics of Asphalt Mixes wit Carbonyl Iron Powder", Vol. 19, PP. 197-208 (2011).

10) Tuntiworawit, N. and Phromsorn, C., "The Modification of Asphalt With Natural Rubber Latex", Proceeding of the Eastern Asia for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 679-694 (2005).

11) ألفا, م., "الاسفلت البشري أو الطبيعي في الخلطات الاسفلتية", مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية, المجلد 21, العدد 1, ص 95-117 (2005).

12) عبد الحسين، ف. ك., "سلوك ثبات الخلطة الخرسانية الاسفلتية لطبقة سطح الطريق بتغيير درجة الحرارة لفحص المارشال"، مجلة التقني، المجلد 22، العدد3، ص1-15 (2008).

13) عبد الحي, ب.ع., "تكنولوجيا عراقية حديثة لتبليط الطرق باستخدام مضافات بوليمرية جديدة للاسفلت العراقي", رسالة ماجستير, جامعة البصرة (2010).

14) الحلاوجي، أ. ن.، "دراسة الخواص الريولوجية للاسفلت المحور بالبوليمرات"، (2004)، رسالة ماجستير، جامعة الموصل.

15) Burge, S.J., Tipper, C. F., "Preliminary studies on burring behavior of Poly methyl methacrylat" Donnan Laboratories, The University, Po. Box, 147, Liverpool. UK(2003).

16) ASTM, Section 4, (D5-83), P .97, (1986).

17) ASTM, Part II, (D36-70), P.27, (1972).

18) ASTM, Section 4, (D5-85),P .127, (1986).

19) Traxler, R.N., "Asphalt its Composition, Properties in Uses", Haff, Ltd., London,p.3,72-73, (1961).

20) "مواصفات هيئة الطرق والجسور (S.O.R.B)"، جمهورية العراق- وزارة الاسكان والتعمير – قسم الدراسات والتصاميم بغداد – 2001.

21) الجبوري م.ع.، "دراسة المخلفات الكبريتية الناجمة عن تنقية الكبريت الخام في المشراق بالطريقة الحرارية", رسالة ماجستير, جامعة الموصل(1999).

22) عبد الله م.ع.، "مطروحات المنشأة العامة لكبريت المشراق وامكانية الاستفادة منها"، ندوة الصناعة والبيئة الأولى, وزارة الصناعة والمعادن, العراق (1997).

23) Yoder, E. J. and Witczak, M. W., "principle of pavement design", 3rd ed., Jhon Willy and Sons., pp. 269-27(1964).

24) ذياب، م.م.، "تحوير المواصفات الريولوجية للإسفلت تأثير إضافة مركبات الكبريت المؤكسدة في مزائج إسفلت – كبريت"، رسالة ماجستير، جامعة الموصل (2008).

25) Becker Y. Mendez M.P. and Rodriguez Y., "Polymer modified asphalt", Vision Technology, 9, 1, 42(2001).

26) الليلة، ن.م., "تحوير المواصفات الريولوجية للاسفلت بالمعالجة مع المطاط المستعاد من الاطارات", رسالة ماجستير, جامعة الموصل (1999).