1-عنوان الاختراع :

إنتاج إسفلت تبليط وكاربون منشط بمواصفات عالية من اسفلت الدورة باستخدام تقنية المايكروويف

Production of paving asphalt and activated carbon with high specifications from Doura asphalt using microwave technology

أسماء المخترعين :

1- أ.م.د خالد احمد عويد **استاذ مساعد /قسم الكيمياء/كلية التربية للعلوم الصرفة/جامعة الموصل**

Khalid.a.waid73@gmail.com

07740854022

2- م.م رند رعد متي **مدرس مساعد /تقنيات صناعة الاسنان/كلية النور الجامعة**

rand.raad@alnoor.edu.iq

07707477293

2-الموجز:

نظراً للحاجة الماسة لإنتاج مواد ذات جدوى اقتصادية عالية لذا فقد اشتملت دراستنا هذه على مسارين اساسيين وهما:المسار الأول :- تم فيه تحوير الخواص الريولوجية لإسفلت الدورة والحصول على إسفلت تبليط بمواصفات ريولوجية مطابقة لمواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية وذلك من خلال إجراء اختبارات مارشال ومقارنتها مع الانموذج الأصلي من أجل بيان إمكانية استخدام النماذج المُحوّرة في التبليط وكانت النتائج المحصل عليها ممتازة من حيث قيم الزحف والاستقرارية. وكما أجري فحص الانسلاخ الذي بين أن الإسفلت المحور يمتلك قيم انسلاخ (R&W No)أعلى من الإسفلت الأصل مما يعني أن الإسفلت المحور أكثر مقاومة من الإسفلت الأصل للأمطار الحامضية والدرجات الحرارية العالية. وكما أُجريت أيضاً دراسة الجدوى الاقتصادية وتبين ان هذه الطريقة اقتصادية وبالإمكان تطبيقها محلياً ونقلها إلى الأسلوب الصناعي والتجاري واسع النطاق.

المسار الثاني:- تحضير الكاربون المنشط من الاسفلت بإجراء عملية الأكسدة الهوائية لإسفلت الدورة مع المضافات البوليمرية المختلفة وأخذت أفضل النماذج من حيث أعلى محتوى اسفلتيني وأجريت عليها معاملات التقطير وبعدها مزجت المادة المتبقية مع هيدروكسيد البوتاسيوم ثم سخنت الجفنة في فرن كهربائي الكتروني تدريجيا وبعدها تمت تنقية الكاربون المنشط.وأجريت اختبارات عديدة على الكاربون المنشط المحضر لتحديد فعاليته.ثم أخذ الكاربون المنشط وأجري عليه عملية تنشط إضافية باستخدام تقنية المايكروويف, وأجريت على الكاربون الناتج من هذه العملية نفس الاختبارت السابقة.وتم تطبيق فاعلية الكاربون المنشط المحضر بواسطة امتزاز صبغة(Bromocresol Green) من محاليلها المائية ومقارنته مع الانموذج التجاري من الكاربون المنشط ,إذ أظهرت النتائج المحصل عليها من هذه المقارنة تفوق الانموذج المحضر على الانموذج التجاري من ناحية كفاءته بامتزاز هذه الصبغة . كما تمت دراسة الجدوى الاقتصادية للطريقة المستخدمة وتبين ايضا ان هذه الطريقة اقتصادية وستوفر مبالغ ضخمة خدمةً للصالح العام.الكلمات المفتاحية:اسفلت الدورة, تحويرات ريولوجية, فحص المارشال, كاربون منشط, تقنية المايكرويف, صبغة(Bromocresol Green)

Abstract

Due to the urgent need to produce materials with high economic feasibility, therefore, our study included two main paths, namely: The first track: - in which the rheological properties of the doura asphalt were modified and the paving asphalt was obtained with rheological specifications conforming to the specifications of the Iraqi Roads and Bridges Authority by conducting Marshall tests and comparing them with Original model for demonstrating the possibility of using modified models in tiling and the results obtained were excellent in terms of creep and stability values. Also, the slitting test was conducted, which showed that the axle asphalt has higher slitting values of (R&W No) than the original asphalt, which means that the axis asphalt is more resistant than the parent asphalt to acid rain and high temperatures. The economic feasibility study was also conducted, and it was found that this method is economical and can be applied locally and transferred to the industrial and commercial method on a large scale.

The second track:- activated carbon was prepared from asphalt after the process of oxidation air to the doura asphalt with polymeric additives, and then took the best models in terms of the highest content of asphalt and were conducted distillation and then mixed the remaining material with potassium hydroxide and then heated the jug in an electric oven Gradually and then purified activated carbon. Several tests were conducted on activated carbon to determine its effectiveness. Activated carbon was then taken and activated using microwave technology, the carbon produced from this process was the same as the previous tests. Application of an adsorption process on solution of Bromocresol Green dye using the highly qualified carbon prepared and comparing the results with a commercial activated carbon B.D.H sample . The results show that the prepared activated carbon samples is better than the commercial one from adsorption point of view . The feasibility study of the method used in the preparation of activated carbon was studied and It was found that this method is economical and will provide huge sums of service to the public good.

Key words: doura asphalt, rheological modifications, Marshal assay, activated carbon, microwave technology, Bromocresol Green stain.

3- المفصل:

أ- المقدمة

لقد اعتمدنا في دراستنا هذه وبشكل رئيسي على إسلفت الدورة باعتباره مادة متوفرة ورخيصة الثمن وقمنا بادخاله باكثر من مجال صناعي بالاستناد الى رسالة ماجستير مقدمة من قبلنا وبعد دراسة معمقة وبظروف مختلفة تمكنا من:-

1-تحوير الخواص الريولوجية للاسفلت:حيث انه وعلى الرغم من توفر الاسفلت في مصفى الدورة إلا إن استخدامه كإسفلت تبليط يواجه مشاكل من حيث أن قيم الاستقرارية وقيم الزحف لاتتطابق مع مواصفات هيئة الطرق والجسور (S.B.O.R) مما يجعل الشوارع المستخدم فيها هذا الاسفلت تعاني من مشاكل كثيرة كالروطان(الزحف) والتحفر وعدم استقرار خواصه الريولوجية بعد فترة زمنية من تعرضه لاشعة الشمس والعوامل الجوية الأخرى لذا لجأنا في دراسات كثيرة ومن خلال إجراء العديد من التجارب من أجل تحسين مواصفات إسفلت الدورة من حيث قيم الاستقرار والزحف وقيم الاستطالة والنفاذية ودرجة الليونة ودليل الاختراق(PI) وفحص الإنسلاخ مع مراعاة الكلفة الاقتصادية في عملية التحوير.

2-تحضير الكاربون المنشط:هناك طرق مختلفة في الادبيات لتحضير الكاربون المنشط إلا ان معظمها يتسم بالتعقيد والكلف العالية لانتاجه فضلا عن التاثيرات البيئية السلبية التي ترافق معظم عمليات الانتاج ,مما جعلنا نبحث في ايجاد طريقة سهلة وغير مكلفة وذات جدوى اقتصادية عالية إضافة الى اختزال التأثيرات البيئية السلبية التي ترافق معظم عمليات انتاج الكاربون.حيث تمكنا وبعد العديد من التجارب من ايجاد طريقة سهلة في تحضير الكاربون المنشط عالي الجودة من خلال معاملة مادة ذات جدوى اقتصادية متدنية (الإسفلت) مع مواد ملوثة للبيئة (المخلفات البوليمرية) وباستخدام تقنية المايكرويف في التحضير والتي اختزلت زمن التحضير من ساعات الى دقائق بما يقلل الطاقة المستخدمة وبالتالي تقليل الانبعاثات الكاربونية الضارة [1].وتمكنا من الحصول على الكاربون منشط ذو قيمة اقتصادية كبيرة حيث يدخل في مجالات صناعية عديدة فضلاً عن أهميته في مجال تصفية المياه ومعالجة التلوث البيئي.

ب–الفن السابق :

دراسات حول المسار الاول تحوير الخواص الريولوجية للاسفلت :إن البحوث والدراسات متنوعة ومختلفة في هذا المجال تضمنت استعمال مواد متنوعة ومنها المواد البوليمرية لتحوير الخواص الريولوجية للإسفلت وإنتاج إسفلت محور بمواصفات ريولوجية مختلفة بما يتلاءم مع التطبيقات المتنوعة التي يستخدم فيها الاسفلت في المجلات الصناعية والهندسية(لاغراض التبليط وإنشاء الطرق ومواد ماستك وأغشية مانعة للرطوبة ومواد حشو مفصلي وغيرها من الاستعمالات المتنوعة, وفيما يأتي عرض لبعض الدراسات والبحوث بهذا المجال:

إن أول من اقترح فكرة إضافة المطاط المستهلك (Waste rubber) كمادة محورة للإسفلت هو العالم (Mcdonald,1966) , إذ تم إضافة مطاط الإطارات التالفة بطريقتين وكلاهما تتضمن تشكيل المطاط بأبعاد صغيرة لاتتجاوز 2.5 mm ونسب مطاط بين (18–25)% للطريقة الرطبة(Wet process) و (0.5–5)% للطريقة الجافة(Dry process) والاختلاف الجوهري بين هاتين الطريقتين هو أنه في الأولى تمزج حبيبات المطاط مع الإسفلت بحدود حرارية (200 –175)مْ ولمدة (2–1) ساعة بعدها يمزج مع الحصى والرمل، في حين تمزج الحبيبات المطاطية مع الرمل والحصى في الطريقة الجافة وتضاف مباشرة إلى إسفلت التبليط الساخن، ولاحظ أن هذه الخلائط لها عمر أقصر في خدمات التبليط مقارنة مع الإسفلت غير المعالج , إلا أنه يمكن استخدام المزيج المحضر بالطريقة الرطبة لتغطية طبقات الطرق القديمة والمعرضة إلى إجهادات ولاحظ أنها تعطي خصائص الإسفلت الكونكريتي نفسه، إن دور المطاط في هاتين الطريقتين يكون كمواد مالئة(filler) أي يبقى المطاط محافظاً على تركيبه الشبكي المفلكن ولا يحصل له ذوبان أو إزالة للبلمرة Depolymerization[2].

واستطاع الباحث (2014,التوحي) من تحوير الخواص الريولوجية لإسفلت القيارة وباستعمال تقنية المايكروويف وعند طاقتي (180 و 360) واط على التوالي وباستعمال نسب وزنية مختلفة من مطاط الإطارات المعاد وباستخدام حفاز كلوريد الألمينيوم اللامائي وبنسب وزنية مختلفة مع نسب وزنية مختلفة من الكبريت وبعدها تمت دراسة الخواص الريولوجية الناتجة من حيث الاستطالة، النفاذية، درجة الليونة، ودليل الاختراق. وأخذ أفضل انموذج من حيث

الخواص الريولوجية والمطابق لمواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية كإسفلت تبليط وأجريت عليه اختبار مارشال وكانت النتيجة المحصل عليها جيدة من حيث قيم الزحف والاستقرارية [3].

وتمكن الباحث (2017,محمد) من تحوير الخواص الريولوجية لإسفلت القيارة باستخدام الموجات فوق الصوتية وباستخدام مطاط الإطارات المعاد بنسب وزنية مختلفة وبوجود حفاز كلوريد الألمينيوم اللامائي بنسب وزنيه مختلفة مع نسب وزنية مختلفة من الكبريت ومن ثم دراسة الخواص الريولوجية الناتجة من حيث الاستطالة، النفاذية، درجة الليونة، ودليل الاختراق. وأخذ أفضل نموذج من حيث الخواص الريولوجية والمطابق لمواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية كإسفلت تبليط وأجريت عليه اختبار مارشال وكانت النتيجة المحصل عليها ممتازة من حيث قيم الزحف والاستقرارية [4] .

وتمكن الباحثان (2019, حسين وحمدون) من تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت باستعمال الزيوت المستهلكة والآكسدة الهوائية وقد تم الحصول من خلال هذه الدراسة على نماذج إسفلتية ذات مواصفات ريولوجية بالإمكان استعمالها في مجال التبليط وأخرى يمكن استعمالها كمواد مانعة للرطوبة اعتماداعلى القياسات التي تم إجراؤها (الاستطالة, النفاذية , درجة الليونة , نسبة الاسفلتين, حساب دليل الاختراق).[5]

دراسات في مجال المسار الثاني تحضير الكاربون المنشط :لقد تمت الإستفادة من الإسفلت باعتباره مادة أولية رخيصة الثمن ومتوفرة في تحضير كاربون منشط بمواصفات جيدة مقارنة مع الكاربون التجاري المجهز من قبل شركة B.D.H عن طريق معاملة الاسفلت مع بعض المضافات ومنها المواد البوليمرية باعتبارها مواد رخيصة ومتوفرة لابل يعد بعض منها من الفضلات والملوثات الضارة بالبيئة, وإن البحوث والدراسات بخصوص هذا المجال كثيرة ومتنوعة شملت على تحضير كاربون منشط من مواد اولية متنوعة متوفرة ورخيصة الثمن وفيما يأتي عرض لبعض من الدراسات والبحوث في هذا المجال:

فقد استطاع (1999, Guo و Lua) تحضير الكاربون المنشط من نوى التمر عن طريق معاملتها مع حامض الكبريتيك المركز وهيدروكسيد البوتاسيوم, إذ أظهر الناتج صفات امتزازية ومساحة سطحية جيدة[6].

ولتوضيح عملية الأكسدة باستخدام المضافات وتيار من الهواء قام (2004,حمدون) بتحضير كاربون منشط من إسفلت بيجي باستخدام عملية أكسدة تكاثفية عن طريق إمرار تيار من الهواء, وبوجود نسب مختلفة من أورثو حامض الفوسفوريك تراوحت بين 5–20 وزنا. بعد ذلك تم تحضير الكاربون المنشط بأسلوب التنشيط الكيميائي باستخدام زيادة من هيدروكسيد البوتاسيوم عند 550±50 °م لمدة ثلاث ساعات، وقد أعطى الكاربون المنشط المحضر خواصاً امتزازية جيدة[7].

وقامت الباحثة (2017, الطائي) بتحضير أنواع جديدة من الكاربون المنشط من قشور الرمان ومن إسفلت بيجي واختبار كفاءتها من خلال امتزاز بعض الأصباغ عليها وكانت النتائج بعد تحديد المواصفات جيدة وافضل من الكاربون التجاري المجهز من قبل شركة B.D.H[8].

وتمكن الباحث (Rabeea,2017) وجماعته من تحضير الكاربون المنشط من اسفلت بيجي بمعاملته مع الكبريت وبعض من المخلفات البوليمرية وتم الحصول على كاربون منشط بمواصفات امتزازية عالية [9].

ت-تفاصيل الفكرة

1-الجزء العملي :

1-1 المواد المستخدمة:

1- **إسفلت الدورة (Doura Asphalt)** :تم استعمال إسفلت الدورة المنتج في مصفى الدورة كمادة أولية للمعالجة وهو يتميز بالمواصفات الموضحة والمقاسة في مختبراتنا في الجدول (1).

الجدول (1): الخواص الفيزيائية العامة لإسفلت الدورة

الخواص الفيزيائية العامة	القيمة
درجة الليونة (م°)	52
النفاذية (100غم، 5 ثا ، 25م°)	46
الاستطالة (سم،25 م°)	100+
دليل الاختراق(PI)	-0.900
نسبة الإسفلتين	16.53%

2-مطاط الإطارات المُعاد (Reclaim Tires Rubber)

المُحصل عليهِ من الشركة العامة لصناعة الإطارات، المحتوى المطاطي الأيزوبريني لهُ يُشكل نسبة 40% تقريباً[10] .

3-البولي مثيل ميثاكريلات (Polymethyl methacylate)

استخدمت مخلفات الزجاج العضوي المستخدم لأغراض الاعلانات الضوئية كبديل للزجاج.

4- عنصر الكبريت (Sulfur Elemental)

استخدام الكبريت الخام المستخرج من حقول المشراق والحاوي على كمية من الشوائب القيرية تصل نسبتها إلى 1%.

5- كلوريد الألمنيوم اللامائي ($AlCl_3$) (Anhydrous Aluminum Chloride)

مجهز من شركة Fluka.

6- هكسان اعتيادي (n-hexan)

مجهز من شركة V W R chemical .

7- كلوريد الحديديك اللامائي ($FeCl_3$) (Anhydrous Ferric Chloride)

8- نشأ(Starch)

9- ثايوسلفات الصوديوم(Sodium Thiosulfate)

10- يود (Iodine)

11- يوديد البوتاسيوم (Potassium Iodide)

12- حامض الهيدروكلوريك (Hydrochloric Acid)

13- هيدروكسيد البوتاسيوم (Potassium Hydroxide)

14- كاربونات الصوديوم (Sodium carbonate)

15- إيثانول (Ethanol)

المواد من (7 - 15) أعلاه هي من إنتاج شركتي B.D.H و Fluka .

16- صبغة المثلين الزرقاء (Methylene Blue Pigement)

من إنتاج شركة Hopkin and Williams .

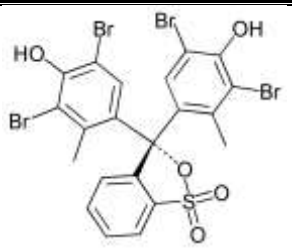
17- الكاربون المنشط التجاري (Activated Carbon)

من إنتاج شركة B.D.H .

18-ماء (water)

19- صبغة BCG (Bromocresol Green)

الجدول (2): صبغة BCG المستعملة وبعض صفاتها الفيزيائية وقيمة (λ_{max}) لها في مزيج إيثانول- ماء بنسبة 50%.

اسم الصبغة	الصيغة التركيبية	اللون	درجة الانصهار(م°)	λ_{max} (nm)	M.Wt	معامل الامتصاص المولاري ε L/mol.cm
Bromocresol Green (BCG)		اصفر مخضر	224-226	420	698.01	7460.1

2-1 التحليل الحراري الوزني للبوليمرات

1-2-1 التحليل الحراري الوزني للمطاط :

تم أخذ وزن واحد غرام من مطحون مطاط الإطارات المُعاد الذي يكون بشكل حبيبات بحجم (1ملم) بعد أَن وزن بدقة ووضعَ في جفنه خزفية مغطاة برقائق الألمنيوم ثم عُوملت الجفنة حرارياً عند مدى حراري تراوح بين(50-600) °م وبزيادة (50) °م لكل قراءة إذ تم تحديد درجة الحرارة المُلائمة والمُثلى لتكسير(تهشيم) مطاط الإطارات المُعاد. وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول (3) والشكل (1) يُوضح مُنحنى التحليل الحراري الوزني لمطاط الإطارات المُعاد.

2-2-1 التحليل الحراري الوزني للبولي مثيل ميثاكريلات

قطعت صفائح البولي مثيل ميثاكريلات المتمثلة بفضلات الزجاج العضوي إلى قطع صغيرة ووضعت في جفنة خزفية مغطاة برقائق الألمنيوم ثم عُوملت الجفنة حرارياً عند مدى حراري تراوح بين(25-500) م° وبزيادة (50) م° لكل قراءة إذ تم تحديد درجة الحرارة المُلائمة والمُثلى لتكسير(تهشيم) البولي مثيل ميثاكريلات. وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول (4) والشكل (2) يُوضح مُنحنى التحليل الحراري الوزني لبولي مثيل ميثاكريلات.

1-3 تهيئة المواد البوليمرية للتفاعل :

عرّضت الفضلات البوليمرية لعملية سحق ميكانيكي وحراري قبل مفاعلتها مع المادة الإسفلتية بهدف الحصول على بوليمر ذي وزن جزيئي أوطأ وأجريت هذه العملية بالاعتماد على التحليل الحراري الوزني إذ إن البوليمرات المستخدمة جميعها تتكسر عند (350) م° وتم إجراء هذه العملية كما يأتي:

1-3-1 التكسير الحراري لمطاط الاطارات المعاد

تم أَخذ مطحون مطاط الإطارات المُعاد الذي يكون بشكل حبيبات بحجم (1ملم) ووضع في جفنه خزفية مغطاة برقائق الألمنيوم ثم سُخنت الجفنة في فرن كهربائي بدرجة حرارة(350) م° لمدة ساعة كاملة بعد ذلك أُخرجت المادة وتُركت لتبرد إلى درجة حرارة الغرفة، ثم سُحقت على شكل مسحوق ناعم باستخدام هاون خزفي.

1-3-2 التكسير الحراري لبولي مثيل ميثاكريلات

قطعت صفائح البولي ميثايل ميثاكريلات المتمثلة بفضلات الزجاج العضوي إلى قطع صغيرة ووضعت في جفنة خزفية مغطاة برقائق الألمنيوم ثم سخنت الجفنة في فرن كهربائي (Furnace) بدرجة حرارة 350 م° لمدة ساعتين، بعد ذلك أخرجت المادة وتركت لتبرد إلى درجة حرارة الغرفة ، ثم سحقت على شكل مسحوق ناعم باستخدام الهاون.

1-4 (المسار الاول) تحضير اسفلت تبليط :

1-4-1 باستخدام تقنية المايكروويف:-

وزنَ 250غم من أَسفلت الدورة الأصل ووضع في جهاز معالجة المادة الإسفلتية وسُخن إلى درجة حرارة (100)م°، بعدها تمت إِضافة (0.5)% مزائج من البوليمرات (مطاط الإطارات المعاد وبولي مثيل ميثاكريلات) بنسبة1:1(بوليمر: بوليمر) ومن ثم تمت إِضافة (1)% كبريت وباستخدام كلوريد الألمنيوم اللامائي وبنسبة (0.06)%، ومزجت المادة المتفاعلة بصورة جيدة ورفعت درجة حرارة المزيج إلى (180)م° مع استمرار الرج لمدة (30دقيقة)، بعدها أُدخلت النماذج في فرن المايكروويف عند زمن (15) دقيقة وعند طاقة (360) واط , بعدها أجرينا على النماذج المحضرة قياسات الاستطالة[11]، النفاذية[12]، درجة الليونة[13] ودليل الاختراق[14] وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول (5).

1-4-2 بطريقة التسخين الاعتيادي

وزن 250 غم من الإسفلت ووضع في جهاز معالجة المادة الإسفلتية وسُخن إلى درجة حرارة (100) °م، بعدها تمت إِضافة (0.5)% من مطاط الإطارات المُعاد ومن ثم تم إِضافة (1)% كبريت وباستخدام (0.06)%وزناً من حفاز كلوريد الألمنيوم اللامائي ومزجت المادة المتفاعلة

بصورة جيدة ورفعت درجة حرارة المزيج إلى(130) م^{o} مع الرج المستمر ولمدة(90 دقيقة) , بعدها أجرينا على النماذج المحضرة قياسات الاستطالة[11]، النفاذية[12]، درجة الليونة[13] ودليل الاختراق[14] وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول (6).

1-5 اختبار الغمر الكيميائي (الانسلاخ):-

يبين هذا الفحص مدى قابلية التصاق الإسفلت بالركام ومقاومته لدرجات الحرارة العالية والأمطار الحامضية.ويتضمن هذا الفحص وضع الإسفلت الممزوج مع الركام في دورق زجاجي سعة(200مل) ويوضع فيه (50مل) ماء مقطر مع نسب مختلفة من كاربونات الصوديوم Na_2CO_3 ثم يسخن الدورق الى درجة الغليان وبعد الغليان يرفع من على التسخين ويترك لمدة دقيقة لملاحظة انسلاخ الإسفلت عن الركام[15], وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول(7) .

1-6 فحص المارشال (Marshall) (التبليط بالإسفلت):

يُبين هذا الفحص مدى مُلاءمة النماذج الإسفلتية لأغراض التبليط حيث تم قياس الإستقرارية (Stability) والزحف (Flow) حسب مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.R.B/R9) لكل من النموذج الأصل والمحور (النموذج المحور بتقنية المايكروويف) وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول (8).

1-7 حاصل قسمة مارشال (Marshall Quotient)

ينتج التخدد بسبب الزحف الجانبي (Lateral Plastic Flow) أو مايسمى بالتشوهات الدائمية (Permanet Deformation) للتبليط تحت مسار المركبة . وتظهر أهمية المقاومة للاخاديد بشكل واضح اثناء أشهر الصيف الحارة إذ تنخفض لزوجة الإسفلت الصلب, ويتم مقاومة أحمال المرور في هذه الحالة عن طريق تداخل حبيبات الركام(Aggrgate Struture) ثبات المزيج (Stability) كما هو مقاس في طريقة المارشال.

ونظراً لأهمية هذه الخاصية بالتبليط المرن ولتعذر وجود أجهزة القياس الخاصة بالتشوهات الدائمية ومنها(Wheel Tracking Tester), فقد تم التنبوء عن التشوهات الدائمية التي تحصل في التبليط المرن عن طريق حساب صلابة المارشال(Marshall Sitffness) خصوصاً وإن زيادة الصلابة (Sitffness) للمزيج الإسفلتي تكون مطلوبة عند تعرض إسفلت التبليط لدرجات الحرارة العالية أثناء الخدمة (تزيد عن 60 م^{o}) لتجنب حدوث التخدد (Rutting) في حين تقليل الصلابة يكون مرغوباً فيه عند درجات الحرارة المنخفضة أثناء الخدمة لتجنب

حدوث شقوق الإنكماش (Shrinage Cracking). ويتم حساب قيمة صلابة المارشال من حاصل قسمة ثباتية المارشال على قيمة الزحف[16]. إذ يمكن ملاحظة إن قيمة MQ للإسفلت المحور أعلى من قيمة MQ للإسفلت الاصل وهذا يدل على أن الاسفلت المحور أكثر مقاومة للتشوه الدائمي من الاسفلت الأصل, وقيم MQ للإسفلت الأصل والمحور موضحة حسب جدول (8).

1-8 (المسار الثاني) تحضير الكاربون المنشط

1-8-1 تهيئة المادة الأولية للكاربون المنشط : لكي نحضر كاربوناً منشطاً ذا نوعية جيدة يجب أن تكون نسبة الإسفلتين للاسفلت الذي سيحضر منه الكاربون المنشط عالية لذلك لجأنا الى استخدام الأكسدة الهوائية لإسفلت دورة بوجود المضافات حيث أخذ وزن معين من إسفلت دورة وسخن وأضيف إليه نسبة 6% من مزائج من البوليمرات (مطاط الإطارات المعاد وبولي مثيل ميثاكريلات) بنسبة1:1 (بوليمر:بوليمر) وبوجود (2%) كلوريد الحديديك كحفاز لهذه المعاملة وبعد مزج المواد جيداً وضع ناتج المزج في دورق ثلاثي العنق وبعملية أكسدة هوائية عند (250) م° وبزمن(6) ساعات, وكانت النتائج المحصل عليها حسب جدول(9).حيث تم أخذ أفضل النماذج من حيث أعلى محتوى اسفلتيني لغرض تحضير الكاربون المنشط وأجريت عليه معاملات التقطير الأتية:

1-8-2 التقطير تحت الضغط الجوي:- قطرت عينة (100 غم) تحت الضغط الجوي الاعتيادي لإزالة أكبر قدر ممكن من المكونات الخفيفة.

1-8-3 التقطير تحت الضغط المنخفض:- بعد إجراء عملية التقطير تحت الضغط الجوي الاعتيادي تم تقطير المخلفات الناتجة تحت ضغط منخفض مقداره(20 ملم زئبق) واستخدمت المادة المتبقية في تحضير الكاربون المنشط.

1-8-4 الكربنة الأولية:- مزجت المادة المتبقية من الفقرة (1-8-3) مع هيدروكسيد البوتاسيوم بنسبة (1:2)[مخلفات التقطير الفراغي: هيدروكسيد البوتاسيوم] ثم سخنت الجفنة في فرن كهربائي الكتروني تدريجيا (لتجنب احتراق الأنموذج) حتى درجة حرارة (350) م° لمدة 3 ساعات ثم تنقل الجفنة إلى الفقرة 1-8-5 .

1-8-5 الكربنة التكميلية والتنشيط:- أخذت المادة الناتجة من الكربنة الأولية وسخنت الى درجة حرارة (700) م° ولمدة ساعتين ثم بُردت المادة المكربنة إلى درجة حرارة الغرفة.

1-8-6 تنقية الكاربون المنشط:- لغرض تنقية الكاربون المنشط المحضر والملوث بالقلوي والمكونات المعدنية أجريت عليه المعاملات الآتية:-

1-غسلت النماذج بالماء المقطر عدة مرات لغرض إزالة هيدروكسيد البوتاسيوم غير المتفاعل والتأكد من أن ناتج عملية الغسل متعادل.

2-عومل الكاربون الناتج من الخطوة أعلاه مع محلول (10%) حامض الهيدروكلوريك وباستخدام عملية التصعيد الحراري لمدة (5 ساعات) لإزالة أي أثر للأيونات والتقليل من المكونات المعدنية الى أقل قدر ممكن[17].

3-رشح المحلول وهو ساخن.

4-غسل الكاربون الناتج من الخطوة السابقة بالماء المقطر عدة مرات لحين التأكد من خلوه من أي أثر للحامض والتأكد من ان ناتج الغسل متعادل.

5-جففت النماذج الكاربونية الناتجة من الخطوة أعلاه عند (110- 120)م° لمدة (24 ساعة) ومن ثم سحقت وغربلت باستخدام مناخل بحجم (75 مايكروميتر) وحفظت في مجفف بمعزل عن الهواء والرطوبة. بعدها تم أجراء الفحوصات القياسية الخاصة بالكاربون المنشط ومقارنتها مع النموذج التجاري (الرقم اليودي[18] والمثلين الزرقاء[19] والكثافة[20] ومحتوى الرطوبة[21] ومحتوى الرماد[22]) , وكانت النتائج المحصل عليها حسب جدول(10).

1-9 عمليات التنشيط الإضافي باستخدام أشعة المايكروويف:- أخذت مادة الكاربون المنشط المحضرة وتم تنشيطها إضافياً باستخدام التنشيط الحراري بالتسخين بالمايكروويف, إذ وضعت كمية من الأنموذج في بيكر ثم وضعت في فرن المايكروويف وباستخدام طاقة (720 واط) وبزمن(30) دقيقة, وبعدها برد الأنموذج الى درجة حرارة الغرفة. بعدها تم أجراء الفحوصات القياسية الخاصة بالكاربون المنشط ومقارنتها مع النموذج التجاري (الرقم اليودي[18] والمثلين الزرقاء[19] والكثافة[20] ومحتوى الرطوبة[21] ومحتوى الرماد[22]) , وكانت النتائج المحصل عليها حسب جدول(11).

1-10 إمتزاز صبغة(Bromocresol Green) :-تم إختيار أفضل انموذج من الكاربون المنشط المحضر من حيث المواصفات وتم استخدامه في امتزاز صبغة (Bromocresol Green), حسب الخطوات الاتية:

أ-حيث اضيف 0.01 غم من افضل إنموذج كاربون منشط محضر الى (20 مل) من محاليل الصبغة بتراكيز مختلفة تراوحت بين (10-4×1- 10-4 ×5)M في دورق مخروطي مغلق بسداد, ثم وضعت الدوارق الخمسة على جهاز الرج الكهربائي لمدة 70دقيقة وعند درجة حرارة 20م[8] °. رشحت المحاليل السابقة وتم قياس الامتصاص لها, ومن منحني المعايرة تم حساب كمية الصبغة غير الممتزة Ce .

ب- أعيدت نفس خطوات العمل في الفقرة (أ) باستخدام 0.01 غم من الكاربون التجاري.

ج- من النتائج المحصل عليها في النقطتين (أ) و (ب) تم حساب سعة الامتزاز والنسبة المئوية لامتزاز الأنموذجين (الكاربون التجاري والمحضر) للصبغة المختارة.وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول(12).

2- النتائج والمناقشة :

2-1 المعاملة الحرارية للبوليمرات:- إن الهدف الأساسي من التحليل الحراري الوزني للبوليمرات (مطاط الإطارات المعاد والبولي مثيل ميثاكريلات)هو من أَجل الحصول على سلاسل بوليمرية قصيرة ذات وزن جزيئي واطئ، لأن بانخفاض الوزن الجزيئي للبوليمر إلى نصف ما كان عليهِ قبل التكسير تقريباً فإن عدد النهايات الحرة يكون عالياً نسبياً مما يؤدي إلى سهولة ذوبان وإنتشار البوليمر في الإسفلت وبالتالي يكون التأثير الحاصل على الخواص الريولوجية للإسفلت كبير، وبزيادة الوزن الجزيئي للبوليمر فأن عدد النهايات الحرة تقل وإحتمالية ذوبان وإنتشار المادة البوليمرية في الإسفلت تكونُ قليلة.

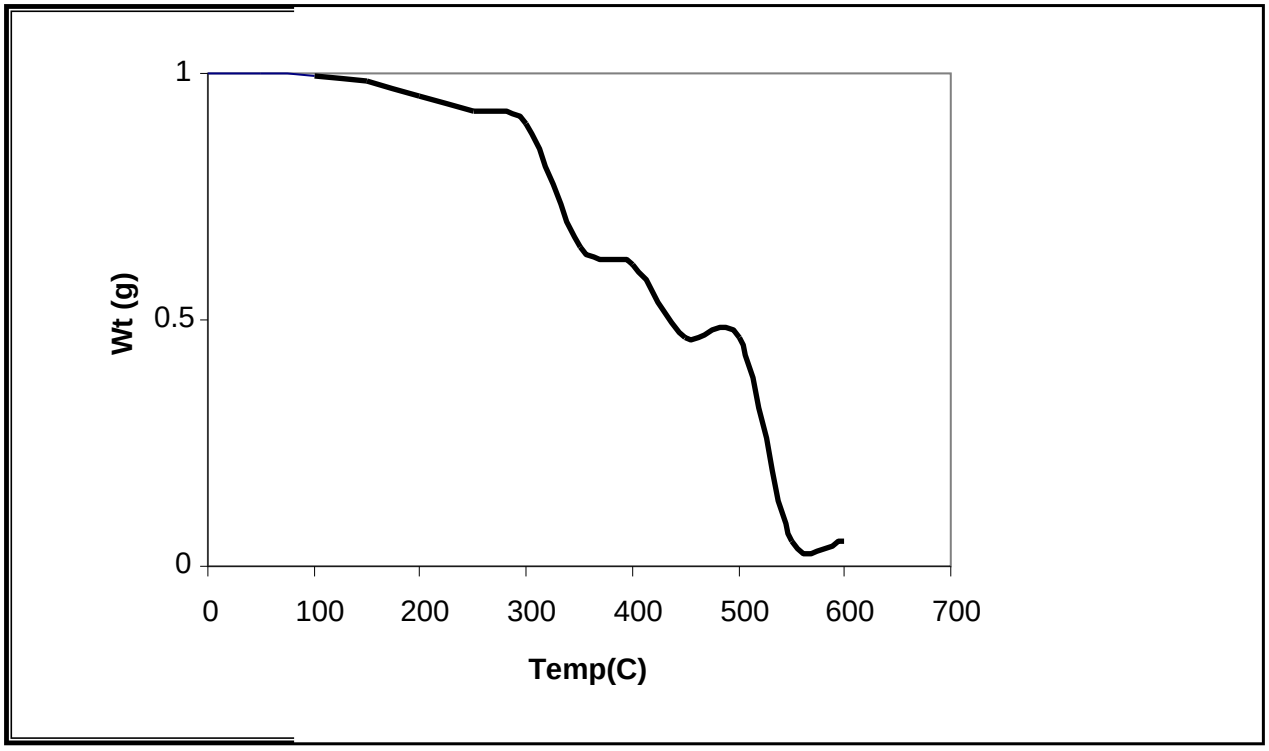
2-1-1 التحليل الحراري الوزني للمطاط :عُومل المطاط المستخدم في هذهِ الدراسة حرارياً, إذ إن الدرجة الحرارية المستخدمة في معاملة هذهِ المادة البوليمرية تم الاستدلال عليها من نتائج التحليل الحراري الوزني والتي تعطي معلومات عن الدرجات الحرارية التي تبدأ عندها الماد البوليمرية بالتهشم ومقدار الفقدان في وزن البوليمر عند تلك الدرجات الحرارية والجدول (3) والشكل (1) توضح نتائج التحليل الحراري الوزني للمطاط المستخدم في هذه الدراسة.

2-1-2 التحليل الحراري الوزني للبولي مثيل ميثاكريلات :عُومل البولي مثيل ميثاكريلات المستخدم في هذهِ الدراسة حرارياً ، إذ إن الدرجة الحرارية المستخدمة في معاملة هذهِ المادة البوليمرية تم الاستدلال عليها من نتائج التحليل الحراري الوزني والتي تعطي معلومات عن الدرجات الحرارية التي تبدأ عندها الماد البوليمرية بالتهشم ومقدار الفقدان في وزن البوليمر عند تلك الدرجات الحرارية والجدول (4) والشكل (2) توضح نتائج التحليل الحراري الوزني للبولي مثيل ميثاكريلات المستخدم في هذه الدراسة.

الجدول (3): نتائج التحليل الحراري الوزني لمطاط الإطارات المُعاد.

درجة الحرارة (م°)	الوزن(غم)
0	1*
50	0.9996
100	0.9962
150	0.9852
200	0.9532
250	0.9223
300	0.8962
350	0.6493
400	0.6100
450	0.4640
500	0.1652
550	0.0523
600	0.0094

*الوزن الأصلي

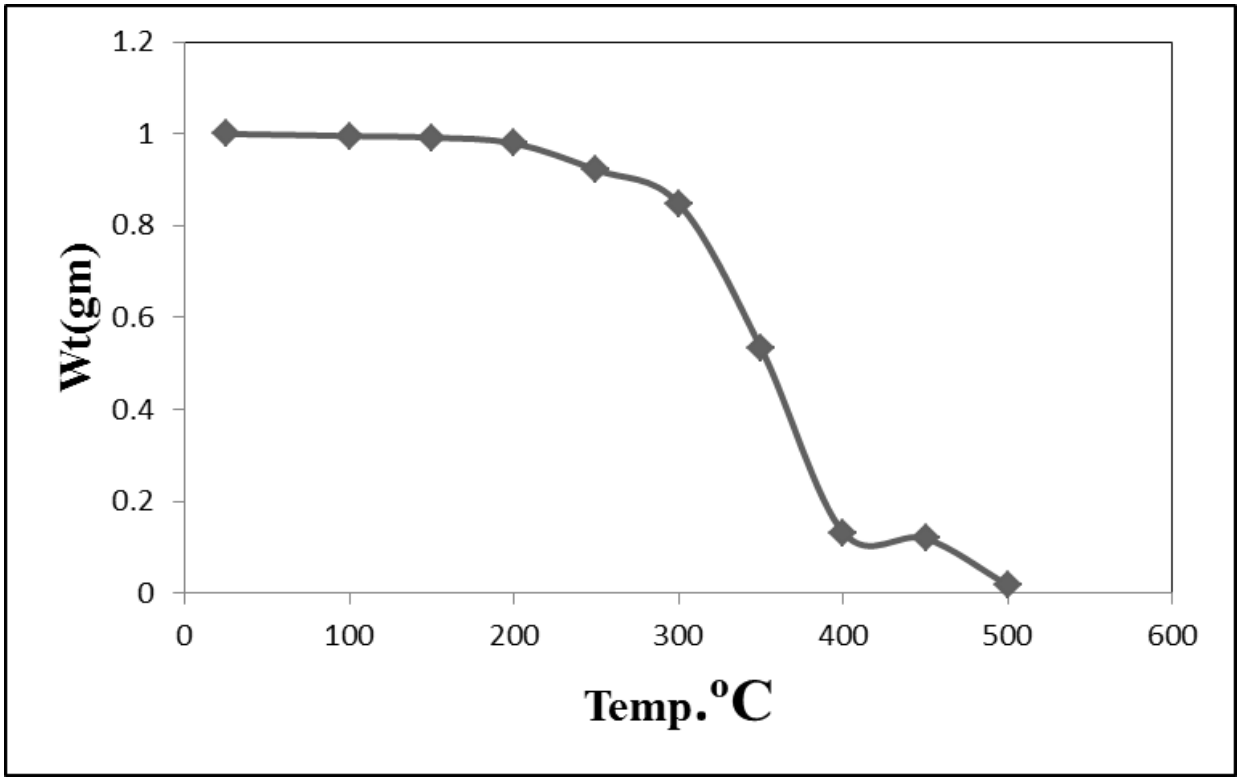


الشكل(1): مُنحنى التحليل الحراري الوزني لمطاط الإطارات المُعاد.

الجدول (4): نتائج التحليل الحراري الوزني للبولي مثيل ميثاكريلات.

درجة الحرارة (م°)	الوزن(غم)
25	1*
100	0.9953
150	0.9919
200	0.9793
250	0.9213
300	0.8477
350	0.5332
400	0.1317
450	0.1188
500	0.0174

*الوزن الأصلي



الشكل(2): مُنحنى التحليل الحراري الوزني لبولي مثيل ميثاكريلات.

2-2- تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت بالمعالجة الكيميائية المحفزة بوجود الكبريت مع مزائج من (البولي مثيل ميثاكريلات ومطاط الاطارات المعاد) بنسبة1:1(بوليمر :بوليمر):

الجدول (5): المواصفات الريولوجية لإسفلت الدورة المُحوّر مع نسبة0.5% مزائج من (مطاط الإطارات المعاد و البولي مثيل ميثاكريلات)بنسبة 1:1(بوليمر :بوليمر) ، وبوجود نسبة (1)% كبريت ووجود نسبة (0.06%) من حفاز كلوريد الألمنيوم اللامائي وعند طاقة (360) واط وبزمن 15 دقيقة

رقم الانموذج	مزائج(مطاط–بولي مثيل ميثاكريلات) (wt%)	الاستطالة (°م25,cm)	النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°)	درجة الليونة (م°)	دليل الاختراق (PI)	نسبة الإسفلتين (%)
As_0	0	+100	46.0	52.0	-0.900	16.53
As*	0.5	+100	49.0	56.0	0.147	17.01

As_0:إسفلت الدورة بدون معاملة.

نلحظ من الجدول (5) أن استعمال مزائج بوليمرية يعد أمراً جيداً لأنه ادى الى تحسين واضح جدا في خواص الإسفلت الريولوجية وفي الحقيقة لايمكن التكهن بالتفاعل الذي يحصل بين هذه المزائج البوليمرية والإسفلت والكبريت والحفاز نظراً للطبيعة الغروية المعقدة للإسفلت. وإن قابلية البوليمرات المختلفة للاندماج في الإسفلت ساعدت في الحصول على اسفلت محور بمواصفات عالية جداً[23].

3-2 تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت بالمعالجة الكيميائية المحفزة بوجود الكبريت مع مطاط الإطارات المُعاد(بطريقة التسخين الاعتيادي): تم التفكير في تجاوز استخدام هذه تقنية المايكروويف لتحضير انموذج مميز لكونها غير متوفرة على المستوى الصناعي في بلدنا لذا لجأنا إلى استخدام التسخين الاعتيادي وبالاعتماد على أفضل النسب المميزة والمثبتة من خلال المسارات السابقة والمتمثلة بنسبة 0.5% وزناً من البوليمر و1% وزناً كبريت و0.06% وزناً حفاز كلوريد الألمنيوم اللامائي، تم إجراء عدة تجارب بإضافة هذه النسب وباستخدام التسخين الاعتيادي ولأزمان مختلفة، والجدول(6) يُوضح المواصفات الريولوجية للإسفلت المُحوّر بنسبة 0.5% وزناً من مطاط الإطارات المُعاد و1% وزناً كبريت وبوجود0.06% وزناً من حفاز كلوريد الألمنيوم اللامائي عند درجة حرارة (130)م° [24]

وزمن(90) دقيقة، والمقارنة مع إسفلت الدورة الأصل والخواص الريولوجية لإسفلت التبليط حسب مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.B.R) .

الجدول (6): المواصفات الريولوجية لإسفلت الدورة المُحوّر بنسبة 0.5% وزناً من مطاط الإطارات المُعاد و1% وزناً كبريت وبوجود 0.06% وزناً من حفاز كلوريد الألمنيوم اللامائي عند درجة حرارة (130)م° وزمن 90دقيقة، والمقارنة مع الخواص الريولوجية لإسفلت التبليط حسب مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.B.R).

رقم الانموذج	الزمن (min)	الاستطالة (25,cmم°)	النفاذية,ملم (100غم,5ثا,25م°)	درجة الليونة (م°)	دليل الاختراق (PI)	نسبة الإسفلتين (%)
As_0	0	+100	46	52	−0.900	16.53
As**	90	+100	42.0	51.0	-1.332	16.77

As_0:إسفلت الدورة بدون معاملة.

بعد ملاحظة النتائج التي تم الحصول عليها من الجدول (6) والتي استُخدم فيها التسخين الاعتيادي نلحظ أن هنالك انموذج مُميز(**As) تتطابق مواصفاته مع مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.R.B) كإسفلت تبليط [25]، وذات مواصفات مقاربة لمواصفات النماذج المميزة المحضرة بتقنية التسخين بالمايكروويف وهذا ما كنا نطمح إليهِ من خلال هذا المسار.

2-4 اختبار الغمر الكيميائي:-هو مقياس أو رقم يبين مدى التصاق الإسفلت مع الركام وهذا النوع من الفحوصات يبين مدى مقاومة الإسفلت بعد مزجه بالركام للأمطار الحامضية ودرجة الحرارة العالية[15] ,والجدول (7) يوضح انفصال (إنسلاخ) الإسفلت عن الركام بالنسبة للإسفلت الأصل ولبعض النماذج المحورة بتقنية المايكروويف (*As) وللانموذج المحضر بطريقة بالتسخين الاعتيادي (**As).

الجدول (7): يوضح قيم انفصال (انسلاخ) الإسفلت عن الركام بالنسبة لإسفلت الدورة الأصل والمقارنة مع بعض النماذج الإسفلتية المحورة بتقنية المايكروويف وبطريقة التسخين الاعتيادي.

رقم الانموذج المحور	R&W No للنماذج المحورة	R&W No للاسفلت الاصل	R&W No	نسبة Na_2CO_3 غم
			1	0.025
	.....	2	2	0.041
			3	0.082
			4	0.164
			5	0.328
			6	0.656
(As**)	7	.....	7	1.312
(As*)	8	.....	8	2.624
			9	5.248

إذ نلاحظ من القيم في جدول(7) إن النماذج المحورة بتقنية المايكروويف وبطريقة التسخين الاعتيادي أكثر مقاومة بكثير من الإسفلت الأصل مما يعني إن الأنموذج المحور أكثر مقاومة للأمطار الحامضية ودرجات الحرارة العالية . إذ تشير الأرقام(1) الى (9) والمشار إليها إلى ريدل ويبر (R&W) Riedel and Weber, إذ إن (1) يعني (0.025) غرام من كربونات الصوديوم في (50) مل من الماء, و(9) يشير الى اعلى تركيز, وهو (5.248) غرام من كربونات الصوديوم في (50) مل من الماء.

5-2 الرصف بالإسفلت:- لغرض معرفة مدى مُلاءمة الانموذج الإسفلتي لأغراض التبليط تم إجراء فحص المارشال (التبليط بالإسفلت) لمجموعة من النماذج المحورة بتقنية المايكروويف (As*) وللانموذج المحضر بالتسخين الاعتيادي (As**) والتي كانت مواصفاتها مُطابقة لمواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.R.B) لعام 2001 كإسفلت تبليط[25]، وللإسفلت الأصل أيضاً، ويهدف هذا التطبيق إلى دراسة سلوك تحمل الخرسانة الإسفلتية لطبقة سطح الطريق للأحمال (الطائرات والسيارات بأنواعها) وبما يُعرف عنهُ بالثبات أو الاستقرارية والجدول (8) يوضح قيم الاستقرارية والزحف للنماذج الاسفلتية المحورة ومقارنتها مع الإسفلت الأصل ومع مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.R.B).

2-6 حاصل قسمة مارشال : ينتج التخدد بسبب الزحف الجانبي (Lateral Plastic Flow) أو مايسمى بالتشوهات الدائمية (Permanet Deformation) للتبليط تحت مسار المركبة . وتظهر أهمية المقاومة للاخاديد بشكل واضح اثناء أشهر الصيف الحارة إذ تنخفض لزوجة الإسفلت الصلب, ويتم مقاومة أحمال المرور في هذه الحالة عن طريق تداخل حبيبات الركام(Aggrgate Struture) ثبات المزيج (Stability) كما هو مقاس في طريقة المارشال.

ونظراً لأهمية هذه الخاصية بالتبليط المرن ولتعذر وجود أجهزة القياس الخاصة بالتشوهات الدائمية ومنها(Wheel Tracking Tester), فقد تم التنبوء عن التشوهات الدائمية التي تحصل في التبليط المرن عن طريق حساب صلابة المارشال(Marshall Sitffness) خصوصاً وإن زيادة الصلابة (Sitffness) للمزيج الإسفلتي تكون مطلوبة عند تعرض إسفلت التبليط لدرجات الحرارة العالية أثناء الخدمة (تزيد عن 60 م^{o}) لتجنب حدوث التخدد (Rutting) في حين تقليل الصلابة يكون مرغوباً فيه عند درجات الحرارة المنخفضة أثناء الخدمة لتجنب حدوث شقوق الإنكماش (Shrinage Cracking). ويتم حساب قيمة صلابة المارشال من حاصل قسمة ثباتية المارشال على قيمة الزحف[16]. إذ يمكن ملاحظة إن قيمة MQ للإسفلت المحور أعلى من قيمة MQ للإسفلت الاصل وهذا يدل على أن الاسفلت المحور أكثر مقاومة للتشوه الدائمي من الاسفلت الأصل, وقيم MQ للإسفلت الأصل والمحور موضحة حسب جدول (8).

الجدول (8) : يوضح قيم الاستقرارية والزحف وMQ لإسفلت الدورة المُحوّر (لأفضل النماذج الاسفلتية) والمقارنة مع إسفلت الدورة الأصل، ومواصفات هيئة الطرق والجسور (S.O.R.B).

رقم الانموذج الإسفلتي	نسبة الإسفلت (%) المضاف إلى الركام	الإستقرارية (KN)	الزحف (mm)	MQ
As_0	5.0%	12	3.8	3.15
As_*		19.2	2.3	8.3
As_{**}		18.1	2.7	6.7
مواصفات (S.O.R.B)	5.5-3%	7 Minimum	4-2	3.5 Minimum

يتضح من الجدول (8) أن قيم الاستقرارية للإسفلت الأصل كانت ضمن مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية (S.O.R.B) كإسفلت تبليط[25]، ولكن قيم الاستقرارية للنماذج الإسفلتية المحورة كانت أفضل بكثير من قيمة الاستقرارية للإسفلت الأصل إذ نلاحظ ارتفاع قيمتها وهذا مُوشر جيد على قدرة مقاومة التبليط للتشوه الناتج عن تعرض الطريق للأحمال المُتكررة لوسائط النقل .وأيضا قيمة الزحف للإسفلت الأصل فكانت ضمن مواصفات هيئة الطرق والجسور العراقية(S.O.R.B) كإسفلت تبليط ولكن قيم الزحف للنماذج الأسفلتية المحورة كانت افضل بكثير من قيمة الزحف للإسفلت الأصل إذ نلاحظ انخفاض قيمتها مما يجعلهُ أكثر مقاومة وثباتاً للروطان (الزحف) عند تعرض الطريق للأحمال المُتكررة لوسائط النقل وهذا يعطي مؤشراً يُشير إلى أن المزيج ذو نسبة فراغات قليلة، إذ نجد أن النماذج المحضرة أفضل من إسفلت الأصل الذي يكون عرضة للتشوه الابتدائي[25,26]، وهذا ما يُفسر تعرض الكثير من الطرق المُبلطة اليوم بهذا النوع من الإسفلت للروطان (الزحف) وعدم الاستقرارية. وإن إختيار نسبة الإسفلت(5%) المُضافة إلى الركام كانت بالإعتماد على دراسة إضافة نسب إسفلت مختلفة الى الركام (5.5 , 6 , 3.5 , 4 , 4.5 , 5)% تبين من خلالها إن نسبة 5% هي أفضل وأمثل نسبة تعطي أعلى قيمة للاستقرارية وأنسب قيمة للزحف إذ إنه بزيادة نسبة إسفلت الدورة المضافة إلى الركام تزداد قيم

الاستقراية لتصل الى أعلى قيمة ثم تبدأ بالتناقص أما قيم الزحف فإنها تزداد بزيادة نسبة إسفلت الدورة المضافة إلى الركام, هذا ما أكدته الدراسات[27].

2-6 المسار الثاني تحضير الكاربون المنشط

2-6-1 الأكسدة الهوائية لإسفلت دورة بوجود المضافات:- تم في هذه الخطوة معاملة إسفلت دورة مع مزائج بوليمرية (مطاط الإطارت المعاد والبولي مثيل ميثاكريلات) بنسبة1:1(بوليمر :بوليمر) بنسب (6%) وزناً وبوجود (2%) كلوريد الحديديك كحفاز لهذه المعاملة وبعملية أكسدة هوائية عند (250)م° وبزمن(6) ساعات والجدول(9) يوضح النتائج المحصل عليها من هذه العملية.

الجدول (9) :النسبة المئوية للإسفلتين الناتج من عملية الأكسدة الهوائية لإسفلت الدورة عند درجة حرارة (250)م° وبزمن(6) ساعات ونسبة (6%) من مزائج بوليمرية (مطاط الإطارت المعاد والبولي مثيل ميثاكريلات) بنسبة1:1 (بوليمر :بوليمر) و2%حفاز كلوريد الحديديك.

رقم الانموذج	مزائج(مطاط-بولي مثيل ميثاكريلات) (wt%)	الزمن (ساعة)	الإسفلتين%
As_0	0	0	16.53
As_1	6	6	34.65

As_0:النسبة المئوية للإسفلتين للإسفلت الدورة الاصلي.

إن الغاية من إجراء المعاملات الحرارية المحفزة المؤكسدة الموضحة في الجدول (9) هو الحصول على مادة أولية ذات محتوى إسفلتيني عالٍ من أجل استخدامها فيما بعد لتحضير الكاربون المنشط, إذ إن زيادة محتوى الإسفلتين تؤدي إلى زيادة حصيلة الكاربون المنشط المحضر وهذه خاصية مهمة من الناحية الصناعية والتجارية.وقد تم اختيار الانموذج رقم (As_1) في تحضير الكاربون المنشط لاعطائه اعلى نسبة من الاسفلتين . حيث وجد أن المحتوى الإسفلتيني يزداد بإضافة (2)% حفاز كلوريد الحديدك $FeCl_3$ [28] و(6)% مزائج بوليمرية (مطاط الإطارات المعاد والبولي مثيل ميثاكريلات) وعند درجة حرارة (250)م° ولمدة (6) ساعات حيث وصلت النسبة المئوية للإسفلتين (34.65%).

2-6-2 تحضير الكاربون المنشط :- تمت كربنة مخلفات التقطير الفراغي التي أجريت على الانموذج رقم (As_1) باستخدام زيادة من هيدروكسيد البوتاسيوم (2:1) (مخلفات تقطير فراغي : KOH) عند درجة حرارة (350)م° لمدة 3 ساعات وكربنة تكميلية وتنشيط عند درجة حرارة (700)م° لمدة ساعتين.والجدول (10) يوضح مواصفات الكاربون المنشط المحضر.

الجدول (10): مواصفات انموذج الكاربون المنشط المحضر ومقارنته مع الانموذج التجاري.

النماذج	الرقم اليودي (mg/g)	صبغةالمثيلين الزرقاء (mg/g)	الكثافة (g/cm^3)	محتوى الرماد (%)	محتوى الرطوبة (%)
C_0	1058.7	207.0	0.285	2.210	11.300
C* Russ.	61.5	34.8	0.325	3.900	0.620
C** B.D.H	908	90	0.345	3.200	0.800

C_0:كاربون منشط محضر بدون تنشيط بأشعة المايكروويف.

*C:الكاربون المنشط الحبيبي التجاري الروسي[29].

**C:الكاربون المنشط الحبيبي التجاري البريطاني[30].

ان لدرجة الحرارة (350-700)م° أهمية كبيرة في زيادة الخواص الامتزازية للكاربون المنشط, إذ إن التسخين التدريجي في عملية الكربنة إلى درجة حرارة (350)م° لمدة 3 ساعات تساعد هيدروكسيد البوتاسيوم في الوصول إلى درجة انصهارها وبالتالي إمتزاجها مع مخلفات التقطير الفراغي بشكل كامل وبعدها تم إكمال التسخين الى (700)م° لمدة ساعتين, وقد تمت عملية الكربنة المتبعة في دراستنا هذه في فرن كهربائي ألكتروني محكم الغلق مزود بفتحة صغيرة جداً مصممة ومخصصة لخروج الغازات لتجنب إحتراق الانموذج وبالتالي تجنب الحصول على نسب عالية من الرماد (Ash) في الانموذج المحضر. ويعد هيدروكسيد البوتاسيوم عاملاً مؤثراً

يعمل على إحداث نخر في بنية المادة الأولية المستخدمة في إنتاج الكاربون المنشط وهذا بدوره يطور من التركيب المسامي للكاربون المنتج[31].أما سبب إختيار نسبة القاعدة المضافة (2:1) (مخلفات التقطير الفراغي :KOH) فكان بالاعتماد على دراسة سابقة [33,32] إذ إنه باستخدام نسب أعلى سيؤدي ذلك الى تحطيم جزء أكبر من الفجوات المتكونة على سطح الكاربون المنشط المحضر, كما ونلاحظ من الجدول (10) ان قيم إمتزاز لصبغة المثلين الزرقاء وكذلك قيم امتزاز اليود للكاربون المنشط المحضر كانت افضل بكثير بالمقارنة مع الكاربون المنشط التجاري ,اما عن محتوى الرماد فكانت القيمة واطئة إذ إن إجراء عملية التصعيد الحراري باستخدام محلول (10%) حامض الهيدروكلوريك تعمل على إزالة اغلب المكونات المعدنية الموجودة في المادة الأولية او التي نتجت من عملية تحضير الكاربون المنشط[34]. أما قيمة الكثافة فكانت واطئة ايضا وهذا دليل جيد على أن الكاربون المنشط ذو مسامية عالية وبالتالي إرتفاع قدرته على امتزاز الجزيئات الصغيرة, واما قيمة الرطوبة فهي مقياس نسبي مجال الخطأ فيها وارد.

7-2 عملية التنشيط الإضافي بإستخدام تقنية المايكروويف:-تم أخذ الكاربون المنشط وأُجريت علية عملية تنشيط إضافي باستعمال التنشيط الحراري بالتسخين بأشعة الماكروويف عند طاقة (720) واط وبزمن (30) دقيقة وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول (11).

الجدول (11): مواصفات نماذج الكاربون المنشط المحضرة باستخدام التنشيط الحراري بالتسخين بالمايكروويف بطاقة (720) واط وبزمن 30 دقيقة ومقارنتها مع الانموذج التجاري.

النماذج	الزمن (min)	الرقم اليودي (mg/g)	صبغة المثيلين الزرقاء (mg/g)	الكثافة (g/cm^3)	محتوى الرماد (%)	محتوى الرطوبة (%)
C_1	30	1161.3	294.5	0.259	2.420	11.200
C* Russ.	.....	61.5	34.8	0.325	3.900	0.620
C** B.D.H	.....	908	90	0.345	3.200	0.800

*C:الكاربون المنشط الحبيبي التجاري الروسي[29].

**C:الكاربون المنشط الحبيبي التجاري البريطاني[30].

إن طاقة المايكروويف طاقة مميزة جدا ومختلفة كثيرا عن الطاقات الأخرى إذ إنها تعمل داخل المادة, أي إنها تخترق سطح المادة وتقوم بالتفاعل مع كل ذرة من ذرات المادة, وإن الموجات المسلطة على المادة عبارة عن موجات باردة وليست ساخنة أي أن الحرارة تتكون داخل المادة نفسها, وكمية الحرارة المنتجة تعتمد على خواص المادة بالدرجة الاساس وتتمتع طاقة المايكروويف بتخفيض زمن التنشيط من ساعات الى بضع دقائق وهذا يساهم في خفض تكاليف الانتاج, وتمتاز بكونها نظيفة لاتولد فضلات أو نفايات ولاتحتاج الى مذيبات[35-36] .

نلاحظ من الجدول (11) أن استعمال طاقة المايكروويف (720) واط الذي كان بالاعتماد على دراسات سابقة [33,28] يعد في غاية الأهمية لكونه يعمل على تطوير وتحسين التركيب المسامي للكاربون المنشط المحضر بشكل كبير وهذا مانلاحظه في ارتفاع قيم الرقم اليودي وامتزاز صبغة المثلين الزرقاء عند مقارنتها مع القيم المستحصل عليها من الجدول

(10) وإن أفضل قيمة لها كانت عند استعمال زمن 30 دقيقة (الانموذج C_1), وإن قيم الكثافة كانت جيدة وأفضل من الانموذج التجاري وهذا يدل على امتلاك الكاربون المنشط المحضر تركيب مسامي عالٍ يساعده في امتزاز الجزيئات الصغيرة, كما إن قيم الرماد كانت ضمن المدى المسموح به وأفضل ايضاً من الانموذج التجاري, أما قيم الرطوبة فتعد مقياسا نسبياً حيث توضح قابلية الكاربون المنشط على امتزاز بخار الماء, فتكون نسبة الخطا فيها واردة.

2-8 إمتزاز صبغة (Bromocresol Green)

تطبيق إضافي على الكاربون المنشط المحضر (أفضل أنموذج كاربون منشط محضر الذي هو C_1) باستخدامه في امتزاز صبغة (B.C.G) والتي تستخدم في الإضافات النسيجية. وكانت النتائج المحصل عليها حسب الجدول (12).

الجدول (12) : تأثير التركيز على سعة الامتزاز عند درجة 20 م^{o} وزمن رج 70 دقيقة ووزن الكاربون المنشط 0.01 غم وسرعة رج 100 دورة/دقيقة وحجم محلول الصبغة 20مللتر (BCG).

النماذج	C_i mg/L	C_e mg/L	C_{ads} mg/L	q_e mg/g	النسبة المئوية للامتزاز %
C_1	69.801	4.886	64.915	129.830	93.00
	139.602	10.470	129.132	258.264	92.50
	209.403	21.856	187.547	375.094	89.56
	279.204	34.900	244.304	487.936	87.50
	349.005	69.801	279.204	558.408	80.00
B.D.H	69.801	11.866	57.935	115.87	83.00
	139.602	27.920	111.682	223.364	80.00
	209.403	42.578	166.825	333.65	79.66
	279.204	59.330	219.874	439.748	78.75

64.60	450.916	225.458	123.547	349.005	

نلاحظ من الجدول (12) إنه بزيادة التركيز تزداد سعة الامتزاز وتقل كفاءة الامتزاز (النسبة المئوية للامتزاز) وسبب ذلك يكون انه عند بداية الامتزاز وعندما يكون التركيز مرتفعاً ذلك يعمل على زيادة عدد الجزيئات المؤهلة للامتزاز عندما تكون المواقع متوفرة للامتزاز على السطح الصلب ويزداد التنافس بين جزيئات الصبغة مع مرور الزمن للارتباط بالمواقع الفعالة المتبقية على سطح كمية معينة وثابتة من الكاربون المنشط المستخدم مع زيادة التركيز .فضلاً عن ذلك فإن زيادة التركيز ستخلف كمية أكبر من الصبغة في المحلول بعد عملية الاتزان وهذا بدوره سيقلل من كفاءة الامتزاز التي تمثل العلاقة الرياضية بين نسبة كمية المادة الممتزة الى كمية المادة المتبقية بالمحلول.وأيضا نلحظ من الجدول (12) أن الكاربون المنشط المحضر أعطى قيماً أفضل من الكاربون التجاري B.D.H من حيث قيم كفاءة الامتزاز وسعة الامتزاز وهذا شي جيد يثبت مدى نجاح التقنية التي تم بها تحضير الكاربون المنشط .

3- المردود الاقتصادي

المسار الاول تحضير إسفلت تبليط:- قمنا بدراسة الجدوى الاقتصادية إذ تبين أن القيمة الاقتصادية لإسفلت التبليط المحضر تكمن في كون أغلب المواد الأولية المستخدمة في تحضيرهُ مواد محلية متوفرة ورخيصة الثمن. إذ إن النسب المستخدمة في التحوير كانت 0.5%مخلفات بوليمرية متمثلة (مطاط الإطارات المعاد والبولي مثيل ميثاكريلات), 0.06% حفاز كلوريد الألمنيوم، 1%كبريت. وعليه يكون إنتاج الطن الواحد يحتاج إلى 5كغم مخلفات بوليمرية (مطاط الإطارات المعاد والبولي مثيل ميثاكريلات), 60غم حفاز، 10كغم كبريت. فيمكننا حساب كلفة إنتاج طن واحد من إسفلت التبليط والجدول (13) يُبين كلفة إنتاج طن واحد من إسفلت التبليط .

الجدول (13): كلفة إنتاج طن واحد من إسفلت التبليط .

ت	المادة	الكمية التي يحتاج الطن الواحد للتحوير	سعر الكيلوغرام الواحد من المادة بالدينار العراقي	الكلفة لإنتاج طن واحد من الإسفلت المُحوّر بالدينار العراقي
1	مخلفات بوليمرية	5 كغم	6500	32500
2	كلوريد الألمنيوم	60 غم	100000	6000
3	كبريت	10 كغم	2000	20000
	المجموع	58500 ثمانية وخمسون الف وخمسُمآئة دينار كلفة المواد المطلوبة لتحوير طن واحد		
أما بالنسبة للطاقة المطلوبة للتحوير فيمكننا الاستفادة من الحرارة المستخدمة أثناء مزج الإسفلت مع الركام (الحصى) في معامل إنتاج الإسفلت ونكون بذلك قد عَمِلنا على إختزال تكاليف التحوير للإسفلت .				

المسار الثاني تحضير كاربون منشط:- ومن أجل بيان أن طريقتنا ذات جدوى اقتصادية في تحضير الكاربون المنشط قمنا بدراسة كلف المواد المستخدمة في التحضير يمكن أن نحسب كلفة إنتاج الطن الواحد من الكاربون المنشط والجدول (14) يبين كلفة إنتاج طن واحد من الكاربون المنشط.

جدول (14) كلفة إنتاج طن واحد من الكاربون المنشط.

ت	المادة	الكلفة للكغم الواحد بالدينار العراقي	الكلفة لانتاج طن واحد بالدينار العراقي
1	إسفلت الدورة	500	*1125000
2	مخلفات بوليمرية	100	**45000
3	هيدروكسيد البوتاسيوم	600	***1500000
4	كلوريد الحديديك	500	1500000
5	الطاقة	1000	1000000
6	الأيدي العاملة	1000	1000000
7	اخرى	-	1000000
8	المجموع	7170000 سبعة ملايين ومائة وسبعون الف دينار كلفة أنتاج الطن الواحد	

*لأن إنتاج كل طن كاربون منشط يحتاج الى 2250 كيلوغرام من المادة القيرية.

**لأن إنتاج كل طن كاربون منشط يحتاج الى450 كيلوغرام من المخلفات البوليمرية.

***لأن إنتاج كل طن كاربون منشط يحتاج الى2500 كيلوغرام من هيدروكسيد البوتاسيوم.

إن القيمة الاقتصادية للكاربون المنشط المحضر تكمن في كلفة انتاجه الواطئة إذ إن سعره لايقارن بالمستورد إذ إن سعر المستورد يتراوح بين (40-50) مليون دينار عراقي للطن الواحد وحسب أسعار السوق, فضلاً عن ذلك سهولة التحضير التي تجعل بالإمكان تحويل المشروع الى وحدة إنتاجية رائدة مباشرة.

4-التطبيقات:

المسار الأول :- تطبق هذه الفكرة في تحضير اسفلت تبليط عن طريق تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت باضافة بعض مخلفات بوليمرية ملوثة للبيئة إذ استعمل مطاط الإطارات المعاد من خلال عملية تدوير تجرى على الإطارات التالفة وإعادة استخدامها مع الإسفلت من أهم الطرق الحفاظ على البيئة[37] وأيضاً استعمل البولي مثيل ميثاكريلات المحصل عليه من مخلفات الزجاج العضوي المستخدم لأغراض الاعلانات الضوئية كبديل للزجاج وبذلك يتم الحفاظ على البيئة منها وتخليصها من هذه الملوثات الضارة ,والحصول بنفس الوقت على إسفلت ذي خواص ريولوجية مغايرة لخواص الإسفلت الأصلي (غير المحور) , إذ أن الإسفلت غير المحور بالبوليمرات يكون أكثر تاثراً بدرجات الحرارة وذا طبيعة هشه وسريع التشقق في درجات الحرارة المنخفضة وذا ليونة عالية في درجات الحرارة المرتفعة, بينما الإسفلت المحور بالبوليمرات يمتاز بكونه أكثر مطاطية ومتانة واستقرارية تجاه درجات الحرارة المختلفة وذا مقاومة لعملية التقادم.وتم في هذه الدراسة استعمال تقنية المايكروويف بوصفها من التقنيات الحديثة والمميزة حيث إنها تعمل على خفض الطاقة اللازمة للتفاعل وتقليل الزمن اللازم لإجرائه بحيث ينعكس ذلك إيجابياً على الناحية الاقتصادية من خفض تكاليف الانتاج وتقليل الملوثات والغازات المنبعثة التي تؤثر سلبياً على البيئة.

المسار الثاني :-تطبق هذه الفكرة ايضا في تحضير كاربون منشط من إسفلت الدورة وذلك عن طريق معاملته مع مخلفات بوليمرية (مطاط الإطارات المعاد والبولي مثيل ميثاكريلات) وأكسدته هوائيا وإجراء المعالجات عليه وأستخدمت بعدها تقنية المايكروويف لزيادة تنشيط الكاربون المنشط المحضر , إذ تبين من خلال القياسات ان الكاربون المنشط المحضر افضل وأكثر كفاءة من الكاربون التجاري المجهز من شركة B.D.H إذ إن لذلك مردود اقتصادي جيد.

.

5-المميزات:

1- تحسين خواص اسفلت الدورة بشكل واضح عن الاصل وبالتالي تحسين نوعية الشوارع المبلطة بالاسفلت المحور مقارنة مع الاصل وبالتالي زيادة العمر التشغيلي للشوارع وبنوعية جيدة والذي سيوفر بدوره مبالغ طائلة للبلد من خلال تقليل الصيانة الدورية للشوارع مع استخدام انواع اسفلت غير المعالج.

2- انتاج كاربون منشط ذو قابلية امتزاز عالية من مواد متوفرة محلياً وبالتالي الاستفادة منه في مختلف مجالات استخداماته وامكانية الانتاج والتصدير.

3- التخلص من المخلفات البولمرية التي تشكل عبئاً بيئياً من خلال استخدامها سواءً في انتاج اسفلت التبليط او تحضير الكاربون المنشط.

4- تحويل الاسفلت من ذات قيمة اقتصادية متدنية الى مواد ذات فائدة وقيمة اقتصادية اكبر من خلال تحسين مواصفاته او تحضير مواد ذات قيمة اقتصادية مثل الكاربون المنشط.

5- امكانية عمل وحدات انتاجية في مصافي النفط العراقية المختلفة من اجل تحسين مواصفات الاسفلت الاصل وانتاج مواد اخرى مهمة من الاسفلت كالكاربون المنشط وغيرها.

6- سهولة التطبيق العملي لهذين المسارين يجعل منهما سهولة التنقل من الاسلوب المختبري الى الصناعي.

6-الادعائات:

عنصر الحماية الاول : استعمال اسفلت الدورة في إنتاج إسفلت تبليط بنوعية جيدة وكاربون منشط عالي الجودة بتقنية المايكروويف.

أ- إشارة الى عنصر الحماية الاول: استخدام تقنية المايكروويف في كلا المسارين مما قلص الزمن اللازم كثيرا في تحوير الخواص الريولوجية للاسفلت وفي تحضير الكاربون المنشط وايضا فعالية هذه التقنية وتقليل الغازات الملوثة المنبعثة بالمقارنة مع التقنيات الاخرى

ب- إشارة الى عنصر الحماية الاول: المواد المستخدمة وفي كلا المسارين كانت مواد متوفرة محليا ورخيصة الثمن, مما يجعل بالامكان تطبيقها محليا وعلى مستوى وحدة انتاجية مباشرة في مصفى الدورة.

ت-إشارة الى عنصر الحماية الاول:بالامكان تطبيق طريقتنا على انواع اخرى من الاسفلت كأسفلت القيارة وبيجي وغيرها وبما يخدم تحسين مواصفات الاسفلت المنتج والكاربون المنشط المنتج وبالتالي تحسين نوعية الطرق المبلطة في عموم العراق من خلال زيادة العمر التشغيلي للشوارع و كاربون منشط ذو مواصفات فائقة الجودة من حيث المواصفات الامتزازية مقارنة مع النماذج التجارية والذي سيوفر مبالغ ضخمة خدمة للصالح العام.

ث-إشارة الى عنصر الحماية الاول:أما بخصوص أفران المايكروويف في تحضير الكاربون المنشط فمن الممكن استيراد أفران ضخمة تعمل بطاقة المايكروويف من أجل التحول بالمشروع إلى الإنتاج الصناعي, أو الاستعاضة عن المايكروويف بالتسخين باستخدام أفران اعتيادية عند درجة حرارة 550 ± 25 ولمدة ساعتين[28] سوف تعطي نفس النتائج تقريبا ولكن مع مراعاة الوقت والطاقة المستخدمة والتأثيرات البيئية السلبية هي أقل بكثير عند استخدام أفران المايكروويف في التنشيط.

7-المصادر:

1- حمادي ا.ع.,(2011) , "تحضير الكاربون المنشط من مصادر مختلفة باستخدام اشعة المايكرويف ", رسالة ماجستير ,جامعة الموصل , الموصل –العراق.

2- Woo. W. J., Abebresse.E.O., Chowdhury.A., Hilbrich. J.,Kraus. Z ., Martin .A.E. and Glover .C. J. ,(2007), " Polymer Modified Asphalt Durability in Pavements",pp. 1,2,4 .

3- Dhirar T. Mohammed, Zaid H. Hussein(2014) Evaluation of Pyrolisis PET Utilization in Asphalt Binder" , International Journal of Enhanced Research in S cience Technology & Engineering, Vol. 3 Issue 9, Sept.-2014, pp: (114-121).

4- محمد, م.خ.ص.,(2017), " التحويرات الريولوجية لاسفلت القيارة باستخدام الموجات فوق الصوتية ",رسالة ماجستير,جامعة الموصل.

5- حسين,آ.ع., حمدون,ع.ا.,(2019),"تحوير الخواص الريولوجية للإسفلت باستعمال الزيوت المستهلكة والأكسدة الهوائية"مجلة التربية والعلم, المجلد(28),العدد40-49.

6- Guo J. and Lua A. C., (1999), “Textural and chemical characterization of activated carbon prepared from oil-palm stone with H2SO4 and KOH impregnation’’, J. Microporous and Mesoporous materials, Vol. 32, No., 1-2, pp. 111-117.

7- Hamdoon A. A., (2004), “Production of activated carbon via oxidation with phosphoric acid and chemical treatment’’, National J. of Chemistry, Vol. (15).

8- الطائي, س.إ.خ., (2017), "تحضير أنواع جديدة من الكاربون المنشط وإختبار كفاءتها من خلال إمتزاز بعض الاصباغ عليها, دراسة ثيرموداينميكية وحركية", أطروحة دكتوراه, جامعة الموصل.

9- Rabeea,M.A., Muslim,R.F., Younis,A.A.,(2017)," Preparation Activated Carbon from Biji Refinery Asphalt Treated withSulfur and Waste Polymers", International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 12 ,No. 24, pp. 14783-14788 .

10- عتيوي ش. د .نعمة أ .ع .عبد الكريم ح . ع ،(2009), "بحث انتاج الصفائح المطاطية العازلة للمياه (اللباد) من مطاط مُعاد الحيوية"، وزارة الصناعة والمعادن، الشركة العامة لصناعة الإطارات، البحث والتطوير.

11- ASTM, 1986,Section 4, Vol(04.03),(D113,83),p127.

12- ASTM, 1986,Section 4, Vol(04.03),(D5,83),P79 .

13- ASTM,1972,part 11, (D36,70),p27 .

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

15- Chmical Immersion Standard Method TMH1(Road Research Laboratory1986 ,England).

16- Zoorob SE, Suparma LB. Laboratory design and investigation of the properties of continuously graded as phaltic concrete containing recycled plastics aggregate replacement (plastiphalt). Cem Concr Compos 2000;22:233–42.

17- Mahajan Omp.Walker .P. L.,(1979),"Effect of inorganic matter removed from coals and chars on their surface areas",fuel.Vol 58,PP.333-3337.

18- AWWA Standard for Granular Activated Carbon, (1974), B604-74, Sec.7, Approved by J. the American Water Works Association Board of Directors on Jan.28.

19- “Test Methods for Activated Carbon”, Rosterbau Int. Engineering GMBH, W. Germany Devtschos Aizneibuch, 6th ed.

20- ASTM D2854, 70 Standard Test Method for Apparent Density of Activated Carbon.

21- ISO, 5.62, (1981), “Determination of Volatile Matter Content of Hard Coal and Coke”.

22- ASTM D2866-70, (1916), “Total Ash Content of Activated Carbon”, Extracts Were Reprinted With Permission from the Annual Book of ASTM Standard Copyright ASTM Race Street.

23- Hayner,R.E.,(1999),"Sulfur in Oil Asphalt and Polymer Composition and Process".Marathon Ashland Petroleum LLC .

24-ألتوحي, ه.ط.س.,(2014), "دراسة الخواص الريولوجية لاسفلت القيارة المحور بمطاط الإطارات المعاد باستخدام تقنية المايكروويف", رسالة ماجستير,جامعة الموصل.

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

26- ASTM D113-99,"Standard test method for ductility of bituminous materials",Section 4,Vol .04 .03,Road and paving materials-vehicle-pavement systems ,New york,Ny.

27- عبد الحسين, ف.ك.,(2009),"سلوك ثبات الخلطة الخرسانية الاسفلتية لطبقة سطح الطريق بتغيير درجة الحرارة لفحص مارشال",مجلة التقني,المجلد الثاني والعشرون,العددالثالث,ص1-15.

28- عويد, خ.ا.ع.,(2003),"دراسة تاثير التحويرات التركيبية على إنتاج الكاربون المنشط من المخلفات النفطية الثقيلة بالمعالجة الكيميائية",أطروحة دكتوراه,جامعة الموصل.

29- Ramadhan, O.M.and Rigibi, M.A.,(2000),"Activated Carbon by Modified Carbonization", Sci. And Educt Vol.46,.pp.110-121.

30-Saleem,F.F.,(1997),"Production of Activated Carbon from Local Raw Materials/Effect of Structural Modifications on Physical and Mechanical Properties",ph.D.Thesis,University of Mosul.

31- Teng, H. S., et al, (2001),"Transformation of mesophase pitch in to different carbon by heat treatment and KOH etching",J.Microporous Mesoporous Mat, Vol. 50, pp. 53-60.

32- عويد, خ.أ وحمادي,أ .ع., (2013),"تحضير كاربون منشط من الاسفلت والاسفلت المعامل بالبوليمرات بإستخدام أشعة المايكروويف ",مجلة التربية والعلم,المجلد(26), العدد(2), ص 202.

33- Mahajan, O. AND Walker, p. L., (1979), "Effect of inorganic matter removed from coals and chars on their surface areas",Fuel.Vol (58),PP.333-337.

34- Alcazar J, Oehlrich D,(2010), Review.,Future Med. Chem., 2, 169-178.

35- Lambret E.F., (2004), "Energy Efficient Microwave Systems", Library of Congress Control Number: 2008942394.

36- لانكاستر,مايك.,(2009), "الكيمياء الخضراء-نص تمهيدي" ترجمة منشي, م . أز سليم الدين ,مطبعة جامعة الملك سعود, الرياض – المملكة العربية السعودية ص351.

37- Snyderl R. H.,(1998), “Scrap tiers: Disposal and Reuse, Society of Automo tire engineers”, Inc, penn Sylvania.

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