المواد الرابطة العضوية

الرابط الاسفلتي (البيتومين) – الكات باك – المستحلب الاسفلتي – القطران

مقدمة: تطلق تسمية الرابط الاسفلتي أو (البيتومين) في أمريكا على الاسفلت، بينما يستخدم مصطلح البيتومين في بريطانيا، ونحن في سوريا نستخدم كلا المصطلحين (الاسفلت، البيتومين).

❖ **مصادر البيتومين:**

يتم الحصول على البيتومين بشكل عام من النفط، إما بطرق صناعية (تكرير النفط)، حيث نحصل على البيتومين الصناعي، أو بطرق طبيعية حيث نحصل على البيتومين الطبيعي (عندما يتعرض النفط الخام في الطبيعة إلى ظروف عالية من الحرارة والضغط، يحدث له التحول والأكسدة والتبخر الكثيف، مما ينتج عنه البيتومين الطبيعي).

البيتومين النفطي:

نحصل عليه نتيجة عمليات تكرير النفط.

البيتومين الطبيعي :

يوجد بأشكال متعددة، يمكن أن يكون بشكل لزج، أو بشكل قاسي، ويمكن أن يكون على شكل ذرات ناعمة، أو على شكل صخور. ومنه ما يوجد على سطح الارض على شكل بحيرات (بحيرة ترينيداد، بحيرة برمودا)، ومنه ما هو موجود في أعماق الارض، يحتاج استخراجه الى حفر الآبار.

إن طبيعة النفط المتحول، وعامل الزمن، وعمليات التحول التي تمت، هي التي تقرر طبيعة البيتومين الطبيعي وخواصه الاساسية. يستخرج البيتومين الطبيعي من الصخور بالتكسير والطحن والتسخين، ويستعمل بهدف رصف الطرقات والممرات والارصفة، وأيضاً يستعمل في أعمال العزل بعد إجراء مجموعة من العمليات التكنولوجية.

تعتبر الصخور البيتومينية صالحة للاستثمار اذا زادت نسبة البيتومين فيها على (7 %).

يوجد البيتومين الطبيعي في سوريا على شكل صخور، في منطقتين الأولى بين محافظتي الرقة ودير الزور (بيتومين جبل البشري)، والمنطقة الثانية في جنوب شرق اللاذقية (بيتومين كفريا)، كلا النوعين لا يمكن استخدامه مباشرة دون معالجة، وذلك نظراً لنعومة وانتظام حبيبات الحصويات (جميعها من قياس واحد) مما يجعل نسبة الفراغات فيما بينها كبيرة، مما يتطلب نسبة عالية من الاسفلت، ومن جهة ثانية فإن غياب الحبيبات الخشنة ينتج عنه سيئتان: الأولى هي نقصان في المقاومة لأن الحبيبات الخشنة هي التي تتحمل الحمولات، والثانية هي قلة في الثبات، وذلك بسبب غياب القوام الهيكلي (حيث يقصد بالقوام الهيكلي وجود حبيبات من كافة القياسات المختلفة، حيث تتوضع الحبيبات الصغيرة في الفراغات بين الحبيبات الأكبر منها، مما يؤدي إلى زيادة التماسك فيما بينها)، ومع ذلك فإن استثمار هذه الصخور يتم بشكل محلي.

❖ **مكونات الرابط الاسفلتي:**

1- **الاسفلتين**: وهي عبارة عن جزيئات صلبة غير متبلورة وذلك في شروط الحرارة العادية، لونها أسمر أو أسود، تنحل في روابط الفحوم الهيدروجينية المشبعة العطرة.
يزداد حجم الاسفلتين عند التسخين، إلا أنه بتأثير الحرارة المستمرة يتحول الى كاربين فاقداً خصائصه الاتحادية، هذا ما يفسر زيادة نسبة الكاربين مع الزمن، ولذلك كان البيتومين يدين بخصائصه الاتحادية والالتصاقية الى الاسفلتين.

2- **المالتين:** عبارة عن خليط معقد من الفحوم الهيدروجينية، ويمكن تقسيمه الى مجموعتين أساسيتين :

a) الراتنجيات والصموغ: وهي مواد صلبة في شروط الحرارة العادية، غير متبلورة، قريبة في تركيبها وبنيتها من الاسفلتين. تتركز ضمنها الكتلة الاساسية من الاوكسجين والكبريت، وفي حالات كثيرة مركبات الآزوت أيضاً، وهذا ما يفسر قدرة الاستقطاب العالية لها، وبالتالي إعطاء الراتنجيات سطوح نشطة فعالة.

b) الزيوت: وهي عبارة عن سائل عالي اللزوجة، تشبه زيوت التشحيم الناتجة عن تقطير النفط، وهي تحوي المركبات التي يمكن أن تحل الاسفلتين مثل الكحول البنزولي.

❖ أنواع المنتجات الاسفلتية:

يتم إنتاج الاسفلت المستخدم في الرصف (طرق ومطارات) في ثلاثة أشكال: الرابط الاسفلتي (البيتومين)، الكات باك، والمستحلب الاسفلتي.

أولاً- الرابط الاسفلتي (البيتومين): Asphalt Cement (AC) (Bitumen)

وهو اسفلت جامد في درجة حرارة الجو العادية، ولا يمكن استخدامه مباشرة دون تسخينه، وهو عبارة عن مزيج من روابط الفحوم الهيدروجينية ذات أوزان جزيئية مختلفة، بنسبة 75% كربون، و25% هيدروجين.
تعتمد خصائص الاسفلت على التركيب الكيميائي لروابط الفحوم الهيدروجينية، وكيفية توزع الأوزان الجزيئية فيها. كلما اتجه التوزع باتجاه الأوزان الجزيئية الأثقل، كلما أصبح الاسفلت أقسى وأكثر لزوجة.

يتميز الرابط الاسفلتي بخصائص لصق ممتازة، مما يجعله المادة الرابطة الأولى الأكثر شيوعًا المستخدمة في تطبيقات الرصف (طرق ومطارات).

❖ **الاختبارات التقليدية المستخدمة في توصيف الرابط الاسفلتي:**

- درجة الغرز Penetration Grade
- الليونة (الحلقة والكرة) Softening Point
- الاستطالة (اللدانة) Ductility
- نقطتي الوميض والاشتعال Flash & Fire Points
- اللزوجة المطلقة والحركية Absolute Viscosity, Kinematic Viscosity

❖ **تعاريف:**

درجة الغرز (Penetration Grade): هي مقدار الاختراق بواحدة (0.1 mm) الذي تحدثه إبرة قياسية قطرها (1 mm) تحت تأثير ثقلها (100g)، في عينة من البيتومين درجة حرارتها 25°C،خلال زمن مقداره (5sec).

درجة الليونة (Softening Point): هي درجة الحرارة التي يهبط عندها النموذج البيتومين مسافة مقدارها (2.5cm = 1") عند تسخينه بسرعة $5^{\circ}C/min$

درجة الاستطالة (Ductility): هي المسافة التي يستطيل بها النموذج البيتومين لحظة الانقطاع عندما يسحب بسرعة 5cm/min،في درجة حرارة $25^{\circ}C$.

نقطة الوميض (Flash Point): وهي درجة الحرارة الموافقة لظهور وميض على سطح البيتومين، عند امرار اللهب فوقه.
نقطة الاشتعال: وهي درجة الحرارة الموافقة لاشتعال البيتومين عند تمرير اللهب فوقه ويستمر اشتعاله لمدة (5 sec) على الأقل.

❖ **أنواع اللزوجة:**

هناك عدة أنواع لاختبارات اللزوجة ولكن الأكثر شيوعاً بينها نوعان وهما :

1- اختبار اللزوجة المطلقة (Absolut Viscosity) (ASTM D2171) :

وهي تتطلب تسخين الرابط الاسفلتي وسكبه في وعاء الجهاز، الموجود في حمام مائي أو زيتي بدرجة حرارة 60(°C). يحتوي جهاز اللزوجة هذا على أنبوب على شكل حرف U، في نهايته فتحة يخرج منها الاسفلت أثناء الاختبار، وجزء من الأنبوب له قطر معياري، ومزود بموقت زمني.

لإجراء اختبار اللزوجة المطلقة يطبق ضغط على احدى نهايتي الأنبوب، ثم يقاس الزمن اللازم لتدفق الاسفلت بين علامتين محددتين على أنبوب الجهاز. يقاس زمن التدفق بالثانية ثم يضرب هذا الزمن بعامل معايرة الجهاز للحصول على قيمة اللزوجة المطلقة بواحدة البواز، علماً أن: 1 Poise = 0.1 Pa.s

2- اختبار اللزوجة الحركية (Cinematic Viscosity): ASTM D2170

يجرى هذا الاختبار بشكل مشابه لاختبار اللزوجة المطلقة، باستثناء أن درجة الحرارة هنا هي 135(°C)، وبما أن لزوجة الاسفلت تكون منخفضة عند درجة الحرارة هذه، لذا فلا داعي لتطبيق ضغط في هذا الاختبار. الزمن الذي يستغرقه تدفق العينة الاسفلتية بين العلامتين المحددتين على الجهاز يضرب بعامل معايرة الجهاز للحصول على قيمة اللزوجة الحركية بواحدة السنتي ستوك (cSt)، حيث: 1 Stoke = 100 cSt, 1 stoke = cm^2/sec

❖ **تصنيف الرابط الاسفلتي (AC) وفق درجة الغرز:**

يبين الجدول (1) أصناف الرابط الاسفلتي وفق درجة الغرز، حيث توافق الأصناف مجال الغرز المسموح، أي مثلاً الصنف (40-50) يعني أن درجة غرز الرابط الاسفلتي لهذا النوع تتراوح قيمتها من 40 إلى 50، أي من 4 - 5 mm

جدول (1): درجات الرابط الاسفلتي حسب درجة الغرز

	Grade	Penetration min.	Penetration max.
صلب	40–50	40	50
نصف صلب	60–70	60	70
نصف مائع	85–100	85	100
مائع	120–150	120	150
مائع جداً	200–300	200	300

❖ **تصنيف الرابط الاسفلتي (AC) وفق اختبار اللزوجة المطلقة:**

يتم تصنيف الرابط الاسفلتي وفق اختبار اللزوجة المطلقة إلى ستة أصناف، كما هو مبين في الجدول (2)، حيث يشير رمز كل صنف إلى قيمة اللزوجة المطلقة مقدرة بالـ (بواز) لمنتصف مجال اللزوجة المسموح به لهذا الصنف، بعد ضربه بـ 100، مع ارتياب مسموح به بمقدار ($\frac{1}{5}$ قيمة اللزوجة) زيادة او نقصاناً، وبالتالي فإن اللزوجة العالية للرابط الاسفلتي تملك الرقم الأعلى في الترميز. **مثلاً**: (AC-5) يدل على أن قيمة اللزوجة المطلقة هي 500 بواز، مع ارتياب قيمته (±100) .

جدول (4): تصنيف الرابط الاسفلتي وفق اختبار اللزوجة

تصنيف البيتومين			
الصنف	حسب درجة الغرز	حسب اللزوجة	قيمة اللزوجة (بواز)
مائع جداً	200 - 300	AC - 2.5	250 ± 50
مائع	120 - 150	AC - 5	500 ± 100
نصف مائع	85 - 100	AC - 10	1000 ± 200
نصف صلب	60 - 70	AC - 20	2000 ± 400
-	-	AC - 30	3000 ± 600
صلب	40 - 50	AC - 40	4000 ± 800

ثانياً- الكات باك: Cut-Back

وهو اسفلت سائل في درجة حرارة الجو العادية، حيث يمكن استخدامه من دون تسخين. يتم إنتاج الكات باك عن طريق حل الرابط الاسفلتي في مُحّلات من روابط الفحوم الهيدروجينية ذات أوزان جزيئية أخف، مثل: (البنزين، الكيروسين، المازوت). عندما يتم رش الكات باك على الرصف أو عندما يخلط بالحصويات، يتبخر المُحّل (المذيب)، تاركًا مخلفات الاسفلت كمواد رابطة.

❖ **أنواع الكات - باك:**

استخدمت أنواع الكات باك في الماضي، على نطاق واسع في انشاء الطرق السريعة، نظراً لفعاليتها وإمكانية تطبيقها بسهولة في الحقل، ومع ذلك فقد كان لها ثلاثة عيوب حدت من استخدامها بشكل كبير وهي:

1- مع تصاعد تكاليف البترول، واستخدام المذيبات الغالية الثمن كعامل حل للرابط الاسفلتي، لم تعد فعالة من حيث التكلفة.
2- يعتبر الكات باك مادة خطرة بسبب تطاير المذيبات منها.
3- يؤدي استخدام الكات باك إلى إطلاق هيدروكربونات غير مقبولة بيئيًا في الغلاف الجوي.

في الواقع، فإن العديد من المناطق التي تعاني من مشاكل تلوث الهواء تحظر استخدام أي نوع من مواد الكات باك.

يتم إنتاج ثلاثة أنواع من الكات باك، اعتمادا على صلابة البقايا الاسفلتية ونوع المذيب المستخدم، وهي:

1- **الكات باك سريع التطاير:** Rapid curing (RC): ينتج عن طريق إذابة البقايا الاسفلتية الصلبة في مذيب شديد التطاير، مثل البنزين، حيث يتطاير خلال حوالي من 10-5 دقائق.
2- **الكات باك متوسط التطاير:** Medium Curing (MC): ينتج من إذابة البقايا الاسفلتية متوسطة الصلابة باستخدام مذيب متوسط التطاير، مثل الكيروسين، يحتاج إلى بضعة أيام ليتطاير.
3- **الكات باك بطئ التطاير:** Slow Curing (SC): ينتج عن طريق إذابة البقايا الاسفلتية اللينة باستخدام مذيب منخفض التطاير، مثل المازوت، يحتاج إلى بضعة أشهر ليتطاير.

يشير تطاير الكات باك إلى مدة تطاير المذيب من البقايا الاسفلتية.

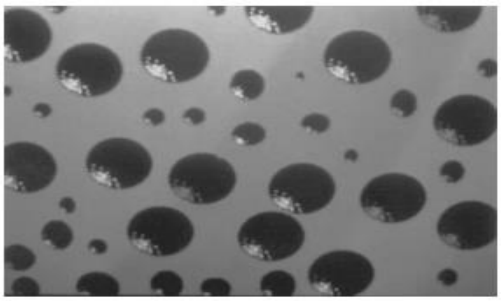
كما يتم تحديد عدة درجات للزوجة الحركية للكات باك عند درجة الحرارة (60 ^{o}C) .

يتم تصنيع الدرجات (30, 70, 250, 800, 3000) حيث يشير الرقم الأعلى إلى اللزوجة الأكبر.

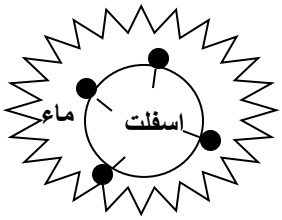
وهكذا يتم ترميز الكات باك الاسفلتي بأحد الأحرف التالية: (RC, MC, SC) معبرة عن النو ع، ومرفقاً برقم يدل على درجة اللزوجة، مثلاً: MC-800 يدل على كات باك متوسط التطاير درجة لزوجته 800.
يتم انتاج الدرجات المختلفة للزوجة الكات باك عن طريق تغيير كمية ونوعية المذيب والاسفلت الأساسي.

ثالثاً- المستحلب الاسفلتي: Asphalt Emulsion

وهو اسفلت سائل في درجة حرارة الجو العادية، وهو عبارة عن خليط من الاسفلت والماء، تم ايجاده كخيار بديل عن حل الاسفلت بالمذيب، وذلك عن طريق تجزئة الرابط الاسفلتي في الماء على شكل مستحلب كما هو موضح في الشكل (1).
في هذه العملية، يتم تجزئة الرابط الاسفلتي فيزيائياً إلى كريات بحجم ميكرون، يتم مزجها في ماء حاوي على عامل الاستحلاب.
تتألف المستحلبات الاسفلتية عادة من حوالي 60٪ إلى 70٪ من الرابط الاسفلتي، و30% إلى 40% ماء، وجزء من واحد بالمئة من عامل الاستحلاب. هناك العديد من أنواع عوامل الاستحلاب، والنوع الأساسي لها هو مادة الصابون.
يتألف جزيء عامل الاستحلاب من جزأين متميزين، الرأس الذي يحتوي على شحنة كهربائية ساكنة، والذيل الذي له قدرة كبيرة على الالتصاق بالاسفلت، عندما يتم إدخال الكريات الاسفلتية في الماء مع عامل الاستحلاب، فإن جزء الذيل من عامل الاستحلاب يعلق نفسه بالكرية الاسفلتية، تاركاً الرأس خارجها، كما هو مبين في الشكل (2)



شكل (1): المستحلب الاسفلتي



شكل (2): كيفية توضع عامل الاستحلاب على سطح كرية الاسفلت

تسبب الشحنة الكهربائية الساكنة للمستحلب قوة طاردة بين الكريات الاسفلتية، والتي تحافظ على تباعدها في الماء.
تكون الشحنة الكهربائية إيجابية لإنتاج مستحلب كاتيوني، أو سلبية لإنتاج مستحلب أنيوني.
بما أن الوزن النوعي للاسفلت قريب جداً من الوزن النوعي للماء، فإن الكريات لها طفو طبيعي، وبالتالي لا تميل إلى الطفو أو الغرق. عندما يخلط المستحلب مع الحصويات أو يرش على الرصف، فإن الماء يتبخر مما يسمح للكريات الاسفلتية بالتجمع معاً مشكلة المادة الرابطة.

يطلق على ظاهرة انفصال الماء عن الاسفلتي (Break Asphalt) باسم انفصال المستحلب، أو تجمد المستحلب (Emulsion Setting).
يمكن التحكم بمعدل تجمد المستحلب عن طريق تغيير نوع وكمية عامل الاستحلاب.
نظراً لأن معظم الحصويات تحمل على سطحها شحنات كهربائية ساكنة إما موجبة (مثل الحصويات الكلسية)، أو سالبة (مثل الحصويات السيليسية)، فإنها تميل إلى أن تكون متوافقة مع مستحلبات أنيونية أو كاتيونية، على التوالي، ومع ذلك يمكن لبعض الشركات المصنعة للمستحلبات أن تنتج مستحلبات لها القدرة على الالتصاق الجيد بأنواع معينة من الحصويات بغض النظر عن شحنتها السطحية.

على الرغم من أنه يمكن استخدام المستحلبات والكات باك لنفس التطبيقات، إلا أن استخدام المستحلبات تزايد بسبب أنها لا تحتوي على مواد حالّة خطرة أو مكلفة.

على الرغم من أن أنواع الاسفلت السائلة مناسبة، إلا أنها لا تنتج خرسانة اسفلتية بنفس الجودة التي ينتجها الاسفلت الذي يحتاج للتسخين عند مزجه مع الحصويات المختارة بعناية.

❖ **أنواع المستحلبات الاسفلتية:**

يتم إنتاج المستحلبات الاسفلتية في تركيبات متنوعة من الشحنات الكهربائية لعوامل الاستحلاب، ومعدل تجمد المستحلب، ولزوجته، وصلابة الرابط الاسفلتي.

يتم انتاج المستحلبات الأنيونية، والكاتيونية التي تملك شحنات سالبة وموجبة على التوالي، بناء على تركيز المستحلب، وزمن تجمد المستحلب الذي يتنوع من سريع إلى متوسط إلى بطئ التجمد.

1- المستحلب سريع التجمد Rapid Setting (RS): يتجمد خلال (5-10) دقائق
2- المستحلب متوسط التجمد Medium Setting (MS): يتجمد خلال بضعة ساعات.
3- المستحلب بطئ التجمد Slow Setting (SS): يتجمد خلال بضعة أشهر.

القطران:

مقدمة: يتم انتاج القطران بعملية التقطير المجزأ للفحم الحجري، أو من خلال تحطيم الأبخرة البترولية.

يتم استخدام القطران في الدرجة الأولى في أغشية العزل المائي، مثل الأسطح، كما يمكن أيضًا استخدام القطران في معالجات الرصف، خاصةً عندما يتسبب انسكاب الوقود في اذابة الرابط الاسفلتي ، مثل مواقف السيارات والمطارات.

تعريفه: وهو سائل أسود لزج ذو تركيب معقد ينتج من تقطير بعض المواد العضوية مثل (الفحم الحجري، الشيست، الليتيت، التورب).

❖ **أنواع القطران:**

تنتج كافة أنواع القطران كمنتج ثانوي عند تقطير الفحم الحجري، وذلك كما يلي:

1- القطران ذو الحرارة العالية (أو القطران النظامي): نحصل عليه عند تقطير الفحم الحجري في درجة حرارة تتراوح بين (1300-1000)^{0}م لصناعة غاز الاستصباح.
2- القطران ذو الحرارة المتوسطة: نحصل عليه عند تقطير الفحم الحجري في درجة حرارة لا تزيد على الـ (1000) ^{0}م بهدف تحسينه.
3- القطران ذو الحرارة المنخفضة: نحصل عليه عند تقطير الفحم الحجري في درجة حرارة أقل من (600) ^{0}م لصناعة الغاز المائي.

من الممكن تحضير مزيج متجانس من القطران والبيتومين بنسبة 20% كحد أعلى من القطران، حيث أن المواد الحصوية بتماسها مع هذا المزيج تتبلل تباعاً بطبقة من القطران، ومن ثم بطبقة من البيتومين الأمر الذي يؤدي الى إطالة عمر المزيج الرابط، ويجعل تماسكه والتصاقه مع المواد الحصوية التصاقاً جيداً، لأنه من المعروف أن تماسك البحص والرمل والحجر مع القطران أقوى من تماسكها مع البيتومين .

كما أن إضافة القطران الى البيتومين يساعد على تمييع البيتومين. وبالعكس يمكن زيادة لزوجة القطران بإضافة بيتومين إليه، الأمر الذي يؤدي بالضرورة الى تقليل حساسية هذا المزيج لتغييرات الحرارة، ويزيد من ديمومته .

❖ **تقطير القطران:**

عند إجراء تجربة تقطير القطران في معوجة نظامية في المخابر، نحصل على العناصر التالية :

الزيوت الخفيفة مثل البنزين عند درجة حرارة 170 ^{o}م.

الزيوت المتوسطة مثل النفتلين عند درجة حرارة من 170 – 230 ºم.
الزيوت الثقيلة والشحوم عند درجة حرارة من 230 – 270 ºم.
ويسمى ماتبقى من التقطير حتى الـدرجة 320 ºم بالراسب أو الحثالة.