النفط في الصناعات البتروكيميائية

د . جمال خالد الرفاعي

حققت الصناعة البتروكيميائية الأولية قفزة هائلة ، بسبب توفر النفط بكميات كبيرة. فأصبحت عمليات الصناعات البتروكيميائية تتم في مصانع ذات طاقة إنتاجية مرتفعة تتراوح بين ٢٠٠,٠٠٠ إلى ٦٥٠,٠٠٠ طن سنويا . وهذه المصانع تستخدم معظم موادها الأساس من منتجات تكرير النفط ، حتى أن ما يزيد عن ٩٥٪ من الصناعة الكيميائية العضوية اليوم تعد ذات منشأ نفطي ومن الغاز الطبيعي . وتعد النفثا والمازوت وغازات التكسير المحفز الناتجة عن تكرير النفط هي الأكثر أهمية كمواد أولية لإنتاج المواد البتروكيميائية .

كما يشكل النفط مصدرًا أساساً للإيثيلين ومشتقاته والبروبيلين ومشتقاته وللمواد الهيدروكربونية المكونة من أربع ذرات كربون (C_4) ومشتقاتها ، ولمشتقات غاز التصنيع ولمركبات عطرية.

تركيب النفط

يشكل النفط الخام بشكل رئيس مزيجاً شديد التعقيد لعدد كبير من المركبات الهيدروكربونية. وقد تم فصل ما يزيد عن ١٥٠ مركباً من هذه المركبات. وهي تتكون من البرافينات بأنواعها النظامية والمتفرعة والحلقية ، ومن نسب قليلة من المركبات العطرية. وتختلف نسب هذه المركبات في المادة النفطية تبعا لنوع النفط. فالخامات النفطية التي يغلب في تكوينها مركبات ذات أوزان جزيئية منخفضة تسمى خامات نفطية خفيفة ، أما تلك التي يغلب في تكوينها المركبات ذات الأوزان الجزيئية المرتفعة فتسمى خامات نفطية ثقيلة .

تتميز المكونات النفطية المكونة من ذرة إلى أربع ذرات كربون (C_1 إلى C_4) بأنها غازية تحت الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة ، أما التي تحتوي على تسع عشرة ذرة كربون فأكثر فإنها صلبة ، بينما تقع المكونات السائلة بين خمس إلى ثمان عشرة ذرة كربون ، وهي تشكل نسبة كبيرة من مكونات النفط. عليه يمكن القول أن النفط عبارة عن مزيج سائل يحتوي على مركبات غازية وصلبة ذائبة فيه.

تحتوي الأجزاء النفطية ذات درجة الغليان المرتفعة على مركبات هيدروكربونية يصعب تصنيفها مع أي من المجموعات السابقة الذكر تسمى بالمركبات الهيدروكربونية المعقدة لاحتواء جزيئاتها على سلاسل برافينية وحلقات عطرية ونفثينية في آن واحد ، ومن أمثلة هذه المركبات : ١-حلقي-بنتيل-٣-فينيل الأوكتان .

وتعد المركبات الهيدروكربونية المعقدة المكونات الرئيسة لأجزاء زيوت التزييت وبواقي عملية التقطير .

بالإضافة إلى ما تم ذكره يحتوي النفط الخام أيضا على كميات قليلة من الشوائب عبارة عن مركبات كبريتية ونيتروجينية وأكسجينية ومعدنية مثل الفناديوم والنيكل.

تصنيف النفط وأجزاؤه

تنبع أهمية تصنيف النفط من تعدد مجالات استخدامه الصناعية حسب مصنفاته لتنوع مركباته الهيدروكربونية. تتكون المركبات الهيدروكربونية المكونة للنفط من مجموعة واسعة من المركبات أبسطها غاز الميثان (CH_4) وأعلاها جزيئات الاسفلتينات التي يمكن أن يزيد وزنها الجزيئي عن (١٠,٠٠٠) . اضافة إلى ذلك فإن كثيراً من المكونات النفطية لها عدة متماكبات وعليه فإنه يصعب تحديد التركيب الدقيق لمزيج النفط بسبب العدد الكبير من المركبات التي يحتويها . وبصورة عامة تتألف مكونات النفط الخام التي تغلي حتى درجة ٢٠٠°م من كميات متفاوتة من البرافينات النظامية والمتفرعة ، و البرافينات والعطريات أحادية الحلقة . أما بالنسبة للأجزاء النفطية التي تزيد درجات غليانها عن ٢٠٠°م فقد تم التعرف بها فقط على بعض البرافينات النظامية والعطريات المتكثفة والنفثينات العطرية ، جدول (١) .

ويصنف النفط الخام حسب طريقة مكتب المناجم الأمريكي بتقطير العينة النفطية وأخذ الجزءين الناتجين في حالتين مختلفتين من ظروف درجة الحرارة والضغط ، ويطلق على المقطر الناتج في كل حالة إسم الجزء الدال وذلك كما يلي :-

- الجزء الدال الأول ويتم الحصول عليه عند ضغط ٧٦٠ مم زئبقي (واحد ضغط جوي) ، و درجة حرارة بين ٢٥٠ ـ ٢٧٥° م .
- الجزء الدال الثاني ويتم الحصول عليه عند ضغط ٤٠ مم زئبقي ، ودرجة حرارة بين ٢٧٥ ـ ٣٠٠° م .

تقاس كثافة كل جزء من هذه الأجزاء ويصنف النفط تبعا لكثافة أجزائه الدالة بعد مقارنته بجدول الكثافات القياسية ، جدول (٢) وتصنف على ضوئها الخامات .

وبصورة عامة يعطي النفط الخام بارافيني القاعدة أنواعا جيدة من وقود المصابيح وزيت الغاز وزيوت التزييت . أما النفط الخام نفثيني القاعدة فيعطي أنواعا جيدة من الجازولين والإسفلت ، وأنواعا من زيوت التزييت .

تحليل النفط ومنتجاته

بدأت عمليات تحليل النفط منذ عهود المصريين القدماء، وذلك بوساطة التقطير. وقد تطورت طرق التحليل في عصرنا هذا حتى ظهرت في الخمسينيات طريقة الكروماتوجرافيا الغازية (Gas chromatography) وغيرها من الطرق الأخرى ويمكننا حاليا التعرف على نوعية النفط من خلال التحاليل القياسية الآتية :-

● منحني الغليان

يعد منحنى الغليان (Boiling curve) من أهم القياسات المستخدمة لوصف نوعية النفط. ومنحنى الغليان هو الخط البياني الذي يظهر العلاقة بين حجم مقطرات النفط الخام بدلالة درجات الحرارة، وذلك عند تقطيره. ويعطي هذا المنحنى فكرة أولية عن تركيب النفط ونسب مختلف نواتج التقطير المتوقعة (من الجازولين حتى المازوت).

ويتم تعيين منحنى الغليان بطرق مختلفة منها طريقة انجلر (Engler) التي تعتمد على تقطير النفط الخام تحت الضغط الجوي وحتى درجة ٣٥٠°م، ويعطى منحنى الغليان الناتج بهذه الطريقة فكرة عن حجم الجازولين والكيروسين والمازوت في النفط. وهناك طريقة منحنى نقطة الغليان الحقيقي التي يبدأ فيها منحنى الغليان من درجة الصفر المئوي حيث يغلي البوتان. بينما يبدأ منحنى انجلر في الدرجة ٣٧°م. ويبين شكل (١) منحنى الغليان الحقيقي لأحد أنواع النفط الخام مع رسم جانبي يوضح أنواع الأجزاء المقطرة ونسبتها في النفط الخام. ويمكن معرفة شدة الفصل في برج التقطير من خلال منحنيات الغليان للأجزاء النفطية. فلو حددنا على هذه المنحنيات النقاط ٥٪ من الجزء الثقيل و ٩٥٪ من الجزء الأخف الذي يليه مباشرة، نلاحظ أن هناك تداخلاً ينتج عن رداءة في عملية الفصل (تعبر عنها المسافة أ)، أو أن هناك فجوة غليان تنتج عن فصل جيد للأجزاء (تعبر عنها المسافة ب)، شكل (٢).

المركبات / الأجزاء	نظامي وآيزو البرافينات	أحادي وثنائي حلقي البرافينات	متعدد حلقي البرافينات	أحادي العطريات	ثنائي العطريات	متعدد العطريات
غازات (كربون)	+	-	-	-	-	-
جازولين (٣٥ - ١٨٠°م)*	+	+	-	+	-	-
كيروسين (١٨٠ - ٢٣٠°م)*	+	+	+	+	+	-
مازوت (٢٣٠ - ٣٥٠°م)*	+	+	+	+	+	-
زيوت تزييت خفيفة (٣٠٥ - ٤٠٥°م)*	+	+	+	+	+	+
زيوت تزييت خفيفة (٤٠٥ - ٥١٥°م)*	+	+	+	+	+	+

* مدى درجات الغليان.

● جدول (١) مجموعات المركبات الهيدروكربونية في الأجزاء النفطية.

الصنف	كثافة الجزء الدال الأول عند ١٥°م (غ/مل)	كثافة الجزء الدال الثاني عند ١٥°م (غ/مل)
برافيني القاعدة	٠,٨٢٥١ أو أقل	٠,٨٧٦٢ أو أقل
برافيني القاعدة مختلط	٠,٨٢٥١ أو أقل	٠,٩٣٤٠ - ٠,٨٧٦٢
برافيني القاعدة - نفتيني القاعدة	٠,٨٢٥١ أو أقل	٠,٩٣٤٠ أو أكثر
مختلط القاعدة	٠,٨٢٥١ - ٠,٨٦٠٢	٠,٩٣٤٠ - ٠,٨٧٦٢
مختلط القاعدة - برافيني القاعدة	٠,٨٢٥١ - ٠,٨٦٠٢	٠,٨٧٦٢ أو أقل
مختلط القاعدة - نفتيني القاعدة	٠,٨٢٥١ - ٠,٨٦٠٢	٠,٩٣٤٠ أو أكثر
نفتيني القاعدة	٠,٨٦٠٢ أو أكثر	٠,٩٣٤٠ أو أكثر
نفتيني القاعدة - برافيني القاعدة	٠,٨٦٠٢ أو أكثر	٠,٨٧٦٢ أو أقل
نفتيني القاعدة - مختلط القاعدة	٠,٨٦٠٢ أو أكثر	٠,٩٣٤٠ - ٠,٨٧٦٢

● جدول (٢) تصنيف النفط تبعا لكثافة الأجزاء الدالة.

● محتوى الكبريت

يعد وجود الكبريت في المنتجات النفطية أمر غير مرغوب فيه، بسبب رائحته الكريهة وخصائص التآكل التي تميزه. ويتم تعيين كمية الكبريت الموجودة في العينة النفطية أو المنتج النفطي بطرق مختلفة تبعاً لنوع العينة منها ما يلي :-

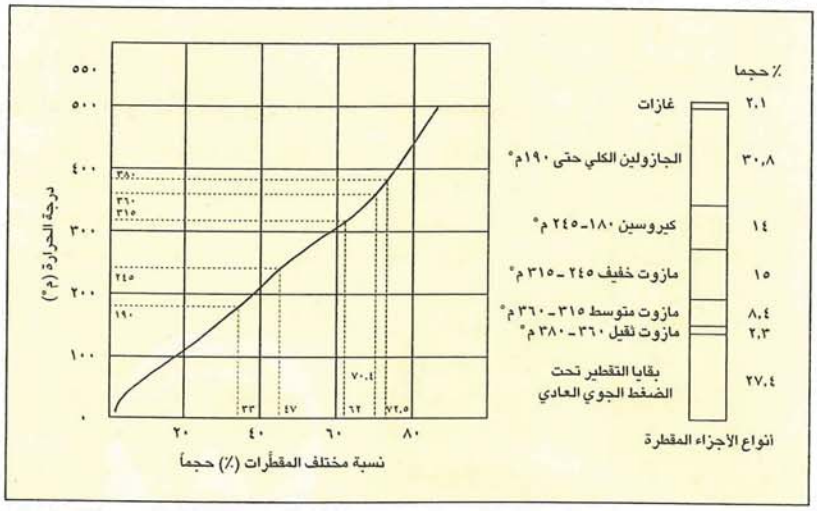
* **طريقة القنبلة (Bomb Method) :** وتطبق على أي منتج نفطي قليل التطاير (بحيث يمكن وزن العينة بدقة في حامل العينة المفتوح). وتعتمد هذه الطريقة على أكسدة العينة النفطية بحرقها في وعاء قنبلي حاو على غاز الأكسجين المضغوط. ويتم قياس الكبريت الموجود في العينة بالوزن بعد تحويل الكبريت إلى كبريتات الباريوم. وتستخدم هذه الطريقة عندما لا تقل نسبة الكبريت في النفط عن ٠,١٪ وزناً.

* طريقة الإحتراق الدورقي (Flask Combustion Method) : وتستخدم عندما تزيد كمية الكبريت الموجودة في النفط عن ٠,٢ ٪ ، وتتلخص الطريقة في امتصاص العينة النفطية بوساطة قرص مغلف بقصاصة من ورق الترشيح ، ثم تحرق بسرعة وبشكل تام في دورق مغلق مملوء بالأكسجين تحت الضغط الجوي العادي. يتم امتصاص نواتج الحرق بوساطة محلول الماء الأكسجيني (H_2O_2) ، وتحدد كمية حامض الكبريت بمعايرته مع محلول فوق كلورات الباريوم .

* طريقة وكبولد (Wickbold Oxy-hydrogen) : وهي تصلح بصورة خاصة عندما تقل نسبة الكبريت عن ٠,٠٣ ٪ ، وتتلخص هذه الطريقة في إذابة العينة في مذيب مناسب و حرقها بسرعة في حارق (Burner). ثم تؤخذ نواتج الحرق بوساطة محلول محدد من ماء الأكسجين حيث يتم معرفة نسبة الكبريت من معايرة الكبريتات في هذا المحلول .

● محتوى الماء والملح

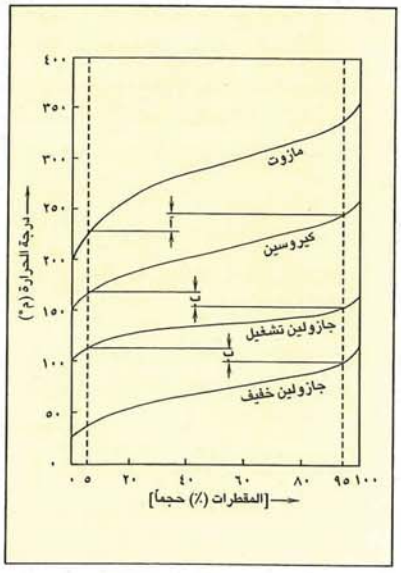
تعد المياه والأملاح الذائبة فيها من الشوائب غير المرغوبة في النفط لأنها تتسبب في تآكل ابراج التقطير وأنابيب ومعدات حمل النفط. ويمكن تحديد محتوى الماء في العينة النفطية بطريقتين هما :-



● شكل (١) منحنى الغليان الحقيقي لأحد أنواع النفط الخام .

* طريقة كارل فيشر (Karl Fisher) : ويتم تعيين محتوى الماء في هذه الطريقة عندما يتواجد في العينة نسبة ٠,٠٢ ٪ إلى ٢ ٪ من النفط الخام ، بشرط أن يحتوي الأخير على كميات من الكبريت تقل عن ٥٠٠ جزء من مليون على شكل مركبتان أو كبريتيد أو كلاهما. يحضر مزيج متجانس للعينة النفطية في مذيب ، وباستخدام كاشف كارل فيشر تتم معايرة هذا المزيج بإستخدام مقياس فرق الجهد الكهربائي .

* طريقة التقطير : وتعتمد على تسخين العينة في دورق ارتداد باستخدام مذيب لا يمتزج مع الماء المرافق للعينة لكنه يتقطر معه في نفس الوقت. ويتم فصل الماء عن المذيب باستخدام محبس (Trap) حيث يهبط الماء إلى القسم المدرج من المحبس ، ويعاد المذيب لدورق التقطير .



● شكل (٢) منحنيات غليان لأجزاء نفطية .

ويتعين المحتوى الكلي للأملاح في النفط الخام بطريقة الناقلية (Conductivity Method) وذلك ضمن مجال ٠,٠٠٠٥ - ٠,٠٣ ٪ وزناً يعبر عنها بكلوريد الصوديوم. وتجرى هذه الطريقة لإذابة النفط الخام في مذيب قطبي ، ثم قياس ناقلية المحلول بإستخدام جسر قياس الناقلية. ويتم الحصول على محتوى الأملاح بالإستعانة بمنحنى المعايرة (Calibration Curve) الذي يمثل الناقلية المأخوذة لمحاليل قياسية ملحية.

● تعيين الباقي الكربوني

وهو فحص هام من أجل زيوت التزييت ووقود الديزل وعمليات التكسير . وتوجد عدة طرق تعتمد على أخذ العينة وتقطيرها ومعرفة النسبة الوزنية للكربون المتبقى ، ومن هذه الطرق ما يلي:-

* طريقة كونرادسون (Conradson Method) : ويتم فيها أخذ عينة موزُونة من المادة النفطية، ووضعها في بوتقة حيث تُعَّرض لعملية تقطير إتلافي مما يجعل المتبقي يعاني من تفاعلات تكسير وتفحيم خلال فترة التسخين الشديد. تُبرد البوتقة الحاوية على المتبقي الحاوي على الفحم في مجفف ثم توزن، ويتم حساب المتخلف الباقي كنسبة مئوية من العينة الأصلية.

* طريقة رامسبوتوم (Ramsbottom Method) : ويتم فيها وزن العينة داخل حبابة زجاجية (Glass Bulb) خاصة ذات فتحة شعرية ، ثم وضعها في فرن معدني بدرجة حرارة مقدارها ٥٥٠°م تقريباً. تؤدي هذه الحرارة إلى تبخر كل المواد الطيَّارة الموجودة في العينة إلى خارج الحبابة ، بينما يتعرض المتبقي إلى تفاعلات تكسير وتفحيم . بعد انتهاء فترة التسخين المحددة بدقة ، تُبرد الحبابة في مجفف ثم توزن ويحسب المتبقي كنسبة مئوية من العينة الأصلية.

● نقطة الوميض

وهي أقل درجة حرارة تجعل تركيز بخار العينة النفطية في الهواء يبلغ الحد الأدنى للإنفجار إذا قرب منه لهب . ويمكن تعيين نقطة الوميض (Flash Point) بإحدى الطرق التالية :-

* طريقة مارتنز ــ بنسكي المغلقة : Closed Flash Point Pensky-Martens Method وتستخدم لزيوت الوقود وزيوت التزليق والمواد الصلبة المعلقة وللسوائل التي تميل

لتشكيل رقاقة (Film) سطحية تحت شروط الإختبار ولسوائل أخرى وتتم هذه الطريقة بتسخين العينة ببطء وبمعدل ثابت مع التحريك المستمر . يدخل لهب صغير مباشر داخل بوتقة الإختبار بحيث يبقى على مسافات منتظمة ، مع التوقف الآني للتحريك. وتقاس أقل درجة حرارة للعينة تجعل البخار الموجود فوقها يشتعل بتأثير اللهب .

* طريقة مارتنز – بنسكي المفتوحة Open Flash Point Pensky - Martens Method : وتختلف عن الطريقة السابقة في استبدال غطاء البوتقة بشبك يسمح بدخول الهواء. وعليه يعتمد اختبار نقطة الوميض على تسخين العينة النفطية في وعاء مفتوح أحياناً أو مغلق. ويتم التسخين بمعدل ١٠ درجات فهرنهيت/دقيقة في حالة اختبار الزيت الثقيل، و ٨ درجات فهرنهيت/دقيقة في حالة الزيوت الخفيفة ، بطريقة البوتقة المغلقة. يستمر التسخين حتى تتبخر كمية كافية من المادة الطيارة بحيث تشتعل أو تنفجر هذه الأبخرة عند دخول لهب الإختبار. وبمجرد حدوث هذا الإنفجار الخفيف تؤخذ درجة حرارة المنتج بإعتبارها نقطة الوميض .

وبصورة عامة ، يهدف استخدام نقطة الوميض (ونقطة الإحتراق) للإشارة إلى درجات الحرارة التي يمكن التعامل ضمنها مع منتج نفطي بعيداً عن خطر الإحتراق . كما تعطي نقطة الوميض فكرة عن الكمية النسبية للزيت منخفض درجة الغليان الموجود في عينة هيدروكربونية .

● نقطة الإحتراق

هي درجة الحرارة التي تنبعث عندها أبخرة عينة نفطية ، بسرعة كافية لجعل عملية الإحتراق مستمرة ، ولا يتم ذلك إلا بالحصول على لهب ثابت مع التسخين المستمر للمنتج النفطي . ويتم تعيين نقطة الإحتراق (Fire Point) للمنتجات النفطية بإستخدام طريقة مارتنز–بنسكي المفتوحة .

● عدد البروم وعدد اليود

يعطى عدد البروم واليود (Bromine & Iodine Value) فكرة عن نسبة المركبات غير المشبعة الموجودة في العينة النفطية . ويحسب عدد البروم على أساس جرام هالوجين لكل ١٠٠ جرام من العينة النفطية عندما تتفاعل معها تحت شروط معينة . وتتم هذه العملية بطريقة المعايرة بإستخدام كاشف لوني. ولا يعبر عدد البروم بالضرورة عن القيمة الحقيقية لعدم التشبع في العينة لأنه توجد مركبات كبريتية وبعض المركبات الهيدروكربونية متعددة الحلقات العطرية يمكنها أن تتفاعل مع البروم .

أما عدد اليود فيجري تعيينه بإضافة كمية معينة من محلول اليود إلى كمية معينة من العينة النفطية بحيث يتفاعل جزء من اليود مع المواد غير المشبعة في العينة. ويتم حساب الكمية غير المتفاعلة (المتبقية) من اليود بإستخدام محلول نظامي من ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) ، مع استخدام محلول النشاء ككاشف. وبذلك تحسب كمية اليود المتفاعلة المكافئة للمواد غير المشبعة في العينة .

● عدد التعادل و التصبن والإستر

يتم بوساطة عدد التعادل (Neutralization Number) والتصبن (Sponification Number) والإستر (Ester Number) . تحديد نسبة الأحماض المعدنية الحرة والأحماض العضوية الحرة والأحماض المرتبطة على شكل إسترات . يعرف عدد التعادل (Neutralization Number) بعدد ميليجرامات هيدروكسيدالبوتاسيوم (KOH) اللازم لتعديل الأحماض الحرة الموجودة في جرام واحد من العينة النفطية .

أما عدد التصبن (Sponification Number) فهو عدد ميليجرامات هيدروكسيد البوتاسيوم اللازمة لتعديل الأحماض الحرة ولتصبن الاستر الموجود في جرام واحد من العينة النفطية. ومما سبق نستنتج أن عدد الإستر هو عبارة عن الفرق بين عدد التصبن وعدد التعادل.

● نقطة التّغيُّم والأنصباب

يطلق على درجة الحرارة التي تتعكر عندها عينة نفطية لدى تبريدها ببطء ودون تحريك بنقطة التغيُّم (Cloud Point). ففي هذه الدرجة يبدأ شمع البرافين مع مواد أخرى ، موجودة في المادة النفطية ، بالتبلور والإنفصال عن الزيت خلال عملية التبريد.

وتعرف نقطة الإنصباب (Pour Point) بأنها درجة الحرارة التي تتوقف عندها المادة النفطية عن السيلان عند تبريدها ببطء. وتعطي هذه الإختبارات فكرة عن كمية شمع البرافين الموجودة في المنتجات النفطية.

● الرمـــاد

الرماد (Ashes) هو الناتج اللاعضوي المتبقي من المنتج النفطي بعد ترميده بإشعاله عند درجة حرارة ٦٥٠°م. وتتم هذه العملية بتكليس المنتج النفطي بتحميصه في بوتقة تمنع منها الأبخرة من الإحتراق ، ثم يرمد الباقي الكربوني بإستخدام لهب حار يهدف إلى حرق الكربون . وبعد تبريد وتجفيف المادة المتبقية ، يحصل على منتج يحتوي على مكونات معظمها أملاح معدنية غير طيارة. ويأتي الرماد من المواد المرافقة للنفط الخام ولزيت الوقود الثقيل ، حيث تحتوي هذه المواد في تركيبها على (V, Fe, Ni, Ca, Na) ، أو من إضافات زيوت التزليق الحاوية على (Ca, Ba, Zn, P) أو من الشوائب التي تدخل في المنتجات النفطية خلال التعامل معها .

● اللـــون

يستخدم اللون كوسيلة للتعرف على فعالية التجزئة والتقطير . وكما هو الحال بالنسبة للزيوت فإن اللون يرتبط بطريقة المعالجة للتكرير . فاللون الأصفر المائل للحمرة يدل على أجزاء برافينية . أما اللون الأزرق المخضر فيدل على الأجزاء النفتينية . وتشير المنتجات المقطرة التي تفقد لونها الأصلي إلى التفكك الحراري لمواد عاتمة اللون ذات طبيعة قطرانية .

● اللزوجـــة

هي مقاومة السائل للتشوه والتدفق. ويُعبر عن اللزوجة بعدة طرق منها :-

* **اللزوجة الديناميكية أو المطلقة (Dynamic Viscosity)** : ويُعبر عنها إما بوحدات بواز (Poises) وإما سنتيبواز (Centipoises). وتستخدم هذه الوحدات في النموذج (C. G. S) (سنتيمتر ، جرام ، ثانية).

١ بواز = ١ جرام/سم × ثانية

* **اللزوجة الكينماتيكية (Kenematic Viscosity)** : وهي حاصل قسمة اللزوجة الديناميكية على الكثافة في نفس درجة الحرارة ، وعلى ذلك فإن سيولة المادة تتناسب عكسياً مع لزوجتها .

ويتم تعيين اللزوجة الكينماتيكية عادة من خلال جريان مادة بين نقطتين في أنبوب شعري . وتعطي طريقة سايبولت (Saybolt) العالمية لقياس اللزوجة ، الزمن (بالثواني)

الذي يتطلبه جريان ٦٠سم٣ من زيت في أنبوب حامل، عند درجة حرارة ثابتة، عبر فتحة عيارية موجودة في قاعدة الأنبوب.

● عدد السيتان

يشبه عدد السيتان (Cetane Number) إلى حد كبير عدد الأوكتان في حالة محركات الجازولين، ويستخدم لقياس جودة زيت الوقود المستعمل في محركات الديزل. ويشير هذا العدد إلى النسبة المئوية للسيتان ($C_{16}H_{34}$) المحتواة في مزيج من السيتان وألفا ميثيل النفثالين.

ولتعيين عدد السيتان لوقود ديزل ما، يقاس التأخر في عملية الإحتراق من لحظة دخول الوقود لغرفة الإحتراق في محرك الديزل حتى احتراقه. وبالمقارنة، يعطى هذا الوقود عدد سيتان يكافىء عدد سيتان المزيج القياسي (سيتان + ألفاميثيل النفثالين) الذي له نفس خصائص الإشتعال.

يوضح جدول (٣) بعض خصائص أنواع مختلفة من النفط حسب مصدرها.

● عدد الأوكتان

تتعين الخاصية الأساس في الجازولين بمقاومته للخبط (Knoking) عندما يتم حرقه في محرك احتراق داخلي. ويعبر عن هذه المقاومة بعدد الأوكتان. وقد عرف عدد الأوكتان منذ عام ١٩٢٣ عندما أضيف للجازولين مادة رباعي ايثيل الرصاص كمادة مانعة للخبط. ويمكن تفسير ظاهرة الخبط من خلال آلية عمل المحرك، فعندما يتم حقن مزيج من بخار الجازولين مع الهواء داخل اسطوانة محرك سيارة فإن المكبس سوف يتحرك ليضغط هذا المزيج. وعندما يحصل الإنضغاط، فإن المزيج سوف يسخن إلى حد يمكن أن يجعل المزيج يشتعل تلقائيا دون استخدام شرارة شمعة الإشتعال. إذا حصل ذلك قبل أن يصل المكبس إلى نهاية الشوط، فإن المحرك سوف يصدر ضجيجا وخبطاً، وبالتالي فإن بعض الدفع سيحصل معاكسا للعمود المرفقي بدلا من أن يكون معه، ومن الواجب تجنب ظاهرة الخبط لسببين هما: ـ حصول عمل يعاكس الطاقة المحركة للمحرك ـ ولأن ذلك يضر بالأجزاء الميكانيكية.

المنتجات النهائية لمصافي النفط

تشمل المنتجات النهائية لمصافي النفط مايلي:ـ

● غازات المصافي

يتم الحصول عليها من وحدات فصل الغازات الملحقة بوحدات تقطير النفط الخام، ومن الوحدات المنتجة لها، مثل وحدات إعادة التشكيل المحفز والتكسير المحفز، ومن عمليات معالجة أخرى تخضع لها بعض منتجات التقطير مثل عملية الهدرجة.

وتتكون هذه الغازات بصورة رئيسة من مركبات هيدروكربونية C_3 و C_4 تتضمن نسباً متفاوتة من الأوليفينات تبعاً لمصدر هذه الغازات (تقطير نفط خام، أو منتجات تكسير، أو منتجات إعادة تشكيل ... إلخ). ففي عمليات تقطير النفط الخام يتم الحصول على غازات هيدروكربونية مختلفة مثل الإيثان والبروبان والبوتان. أما عمليات التكسير فينتج عنها غازات على قدر كبير من الأهمية، خاصة الأجزاء الغازية C_3 و C_4 المستخدمة في الصناعات البتروكيميائية على نطاق واسع. وتكون الغازات الناتجة عن عمليات التكسير الحراري غنية بالأجزاء C_1 و C_2، أما تلك الناتجة عن عمليات التكسير المحفز فتكون غنية بالأجزاء C_3 و C_4. ولا يتم تحويل الغازات C_3 و C_4 للصناعات البتروكيميائية إلاَّ بعد إخضاعها لعمليات تنقية شديدة من الغازات الشائبة. كما يمكن أيضاً استخدام غازات المصافي كوقود مناسب لأغراض مختلفة.

● غاز النفط المسيَّل (LPG)

ويتكون هذا الغاز من مجموعة من المركبات الهيدروكربونية الخفيفة الغازية ـ أهمها البروبان والبوتان ـ التي يتم تحويلها للحالة السائلة تحت ضغط مرتفع يصل الى ٢٥ جو في درجة الحرارة العادية. ويمكن التعرف على تركيب غاز النفط المسيل إما بوساطة جهاز الكروماتوجرافيا الغازية، أو بالتقطير تحت درجات حرارة منخفضة. ويستخدم هذا الغاز كمصدر للطاقة في المنازل.

● غازات التثبيت

هي غازات هيدروكربونية موجودة بصورة ذائبة في النفط الخام وفي الجازولين الطبيعي أو الناتج عن عمليات التكسير. تتكون هذه الغازات بصورة رئيسة من الميثان

نوع النفط الخام حسب مصدره	الوزن النوعي ٦٠° فهرنهيت	محتوى الكبريت (٪ وزناً)	اللزوجة الكينماتيكية ١٠٠° ف (CS)	نقطة الإنصباب (° ف)	نسبة الإسفلتينات (٪ وزناً)	نسبة الحموضة مغم KOH / غم	نسبة المتبقي ٧٠٠° ف (٪ وزناً) في النفط الخام	نقطة إنصباب المتبقي > ٧٠٠° ف (° ف)	الوزن النوعي للمتبقي > ٧٠٠° ف عند الدرجة ٦٠° ف
ليبي (برقة)	٠,٨٢٩	٠,٢١	٤,١٣	٤٥	٠,١٣	٠,١٩	٣٧,٥	١٠٠	٠,٩٢١
نيجيري خفيف	٠,٨٦٧	٠,١٩	٥,١٦	٥	٠,٠٥	٠,١٤	٣٥,٨	١١٠	٠,٩٤٥
إيراني خفيف	٠,٨٥٤	١,٣٣	٥,٦	٥ —	٠,٧	٠,٠٧	٤٢,٧	٨٠	٠,٩٥٧
إيراني ثقيل	٠,٨٦٩	١,٥٨	٨,٨٣	١٠	١,٩	٠,١٣	٤٧,٨	٨٠	٠,٩٧٤
عراقي (كركوك)	٠,٨٤٥	١,٨٨	٤,٧٥	٣٠ —	١,٣	٠,١٧	٣٩,٨	٨٠	٠,٩٦٥
كويتي	٠,٨٦٩	٢,٥	٩,٦	٢٥ —	١,٤	٠,١٥	٥١,٣	٧٠	٠,٩٧٥
فنزويلي	٠,٨٩٦	١,٥٤	٢٥	٣٠ —	٣,٠٥	٠,٤١	٥٧,٧	٥٠	٠,٩٧٤

● جدول (٣) بعض الخصائص حسب مصدرها لأنواع مختلفة من النفط الخام.

والإيثان والبروبان والبوتان ، ويتم فصلها بوساطة عملية التثبيت ثم تفصل المكونات C_3 و C_4 من غازات التثبيت المختلفة من أجل إستخدامها في الصناعات البتروكيميائية.

● الجازولين (Gasoline)

تستخدم منتجات تقطير النفط التي تغلي في مجال الجازولين ، في مجالات عديدة ومتنوعة . فمادة النفثا (Naphtha) ـ الجزء الثقيل من الجازولين ـ تستخدم كمادة أولية في صناعة غاز الإصطناع ($CO+H_2$) الهام جدا في الصناعات البتروكيميائية ، وكمادة أولية لعمليات التكسير الحراري لإنتاج الإيثيلين والأستيلين . ويستخدم ايثر النفط الذي يمثل الأجزاء الخفيفة من الجازولين (درجة غليانه بين ٢٥ ـ ٨٠ م) في عمليات الإستخلاص (Extraction) وللأغراض الطبية وفي مختبرات الكيمياء . وتستخدم الأجزاء التي تغلي بين ٦٠ـ١٤٠م لاستخلاص الزيوت النباتية ولتنظيف الملابس . أما الأجزاء التي تغلي بين ١٣٠ ـ ٢٢٠م فتستخدم كمواد مذيبة في صناعة الدهانات .

أما الجازولين المستخدم كوقود لمحركات السيارات ، فهو عبارة عن جازولين ذي مواصفات خاصة تتناسب وهذا النوع من الإستخدامات . فالجازولين الناتج عن عملية تقطير النفط لابد وأن يمر على مجموعة عمليات مثل إعادة التشكيل (التهذيب) والألكلة والتمكيب والبلمرة ، ثم تضاف إليه مواد معينة تؤدي لرفع عدد أوكتانه وتحسن من خصائصه . ويمكن الإشارة لهذه الإضافات على النحو التالي :ـ

* **مواد مانعة للخبط :** وتقوم هذه المواد بتثبيط الجذور الحرة المتشكلة في غرفة الإحتراق بالمحرك ، وبالتالي ابطال عملية الإشتعال الذاتي . ومن هذه المركبات المضافة رباعي ميثيل الرصاص ورباعي ايثيل الرصاص ، وبعض مركبات الحديد والمنجنيز ، ومانعات خبط عضوية مثل الأنيلين وميثيل ثالثي بوتيل ايثر (MTBE) ، وعلى ما يبدو فإن المركب الأخير هو الأنسب كبديل لمركبات الرصاص ذات السمية العالية والملوثة للبيئة ، وهناك خطط لجعله يحل محل مركبات الرصاص بصورة نهائية .

* **مواد إضافة أخرى :** و منها مواد إزالة الرواسب الرصاصية والمواد المانعة للتجمد ، ومثبطات الأكسدة التي تحول دون تماثر الجزيئات ثنائية الرابطة المضاعفة الموجودة وبالتالي منع حصول الترسبات الناتجة عن تشكلها ، ومواد مانعة لتآكل السطوح المعدنية للخزانات والأنابيب ، ومواد أخرى متعددة الوظيفة .

● وقود الطائرات

ينقسم وقود الطائرات إلى نوعين هما :ـ

* **جازولين الطائرات :** وهو جزء يغلي في مجال الجازولين بين ٤٥ ـ ١٥٠ م ، ويستخدم كوقود للطائرات ذات المحركات الإنفجارية . ويوجد عدة أنواع منه تبعا للمواصفات المطلوبة . وتعد مواصفاته أعلى بدرجة كبيرة من مواصفات جازولين السيارات حيث يصل عدد الأوكتان فيه الى (١٤٥) .

* **كيروسين الطائرات :** وهو جزء يغلي بين ١٨٠° ـ ٢٤٥° م ، ويستخدم كوقود للطائرات النفاثة . ويتم الحصول عليه من أجزاء كيروسين المصافي الحديثة التي تتم تنقيتها بشكل جيد ، والتي يجب أن يقتصر تكوينها على المركبات المشبعة . وهناك ثلاثة أنواع من كيروسين الطائرات هي Jet A و Jet A-1 و Jet B وتختلف هذه الأنواع عن بعضها البعض في مجال درجات غليانها ودرجات تبلورها . ويسمى الوقود Jet B في الولايات المتحدة وبريطانيا (جازولين عنفات الطائرات) .

● وقود الديزل

ينقسم وقود الديزل (Gasoil) إلى نوعين هما :ـ وقود الديزل المستخدم في المحركات السريعة ويحضر بمزج عدة أجزاء تقع درجة غليانها ضمن المجال ١٥٠ ـ ٣٧٠° م ، تبعا للمواصفات المطلوبة للمنتج النهائي . والزيوت الثقيلة التي تستخدم لتشغيل محركات الديزل الثقيلة . وهي عبارة عن بقايا تقطير النفط الخام تحت الضغط الجوي ، أو ناتج مزجها مع وقود الديزل .

● زيوت التزييت

زيوت التزييت عبارة عن مركبات هيدروكربونية يمكن الحصول عليها إما من نواتج تقطير تحت ضغط منخفض ، أو من بقايا التقطير . وتعد زيوت التزييت الناتجة عن التقطير تحت الضغط المنخفض ذات لزوجة منخفضة ، وذلك بسبب تكسر جزيئاتها الكبيرة أثناء التسخين . لذلك يمكن رفع لزوجة هذا الزيت بمزجه مع الزيت الناتج عن بقايا التقطير والذي يتميز بلزوجة مرتفعة . وتتم تنقية زيوت التزييت من الأسفلت والمواد الصمغية باستخدام المواد المذيبة مثل مذيب الميثيل إيثيل اسيتون .

وتكمن أهمية زيوت التزييت الناتجة عن النفط في اتساع استخداماتها حيث تستخدم في تزييت الآلات والمحركات ، وتزييت المغازل المستخدمة في صناعة النسيج ، وفي الصناعات الغذائية ، وفي تصنيع المعادن (القص والنشر والثقب) . ويختلف استخدام نوع خاص من زيوت التزييت عن غيره بمواصفاته المطلوبة ، وذلك من حيث اللزوجة والقدرة على التزليق ، ودرجة الثبات ضد الأكسدة وناقليته للحرارة و ...الخ .

ويحتاج الزيت في كثير من الأحيان لإضافات ترفع من قدرته لمواجهة المتطلبات الجديدة باستمرار ، مثل تحمل الضغوط ودرجات الحرارة المرتفعة والجهد الميكانيكي المتزايد .

● القطران والأسفلت

ويحصل على هذه المواد من بقايا تقطير النفط الخام . فالقطران (Bitumen) هو عبارة عن مزيج صلب لمركبات هيدروكربونية كبيرة الجزيئات ، وذات لون داكن قابلة للإنصهار . أما الاسفلت فهو مزيج مكون من القطران مع مواد معدنية . ويستخدم القطران والاسفلت ومزيجهما في تزفيت الشوارع . وتشكل نسبة القطران في الاسفلت ٣ ـ ٨٪ ، ويلعب دور المادة الرابطة في اسفلت الشوارع . ويستخدم القطران أيضا لأغراض العزل في المنازل وغيرها . كما يستخدم في صناعة ورق السقوف وأرضيات البيوت ، وفي صناعات أخرى كثيرة .