

البترول: معامل التكرير

المقدمة

تاريخ صناعة البترول

عرف البترول منذ آلاف السنين، وعرفته شعوب العالم ذات الحضارات القديمة، كمصر وبابل وسومر والصين وروسيا. وقد ورد ذكر البترول في الكتب المقدسة، وكذلك فيما كتبه الرحالة الأوائل، وقد جاء في التاريخ القديم أن فلك نوح عليه السلام قد عُطي من الداخل والخارج بالقطران .

وفي العصور الحديثة، وفي منتصف القرن التاسع عشر، أصبح للبترول مكانته الراسخة في الحضارة الإنسانية، وصار مصدرًا مهمًا من مصادر الحرارة والضوء، وكان الناس حتى ذلك الحين، يحصلون على حاجتهم من البترول من الكميات البسيطة التي يعثرون عليها على شكل رشح على سطح الأرض، أو على سطح مياه البحيرات والأنهار. فلما أوشكت هذه المقادير القليلة على النفاذ، أخذ الناس ينقبون عنه في باطن الأرض .

وكان نجاح " أدوين دريك " في حفر بئر البترول الأولى، في شمال غربي بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية في عام 1859م، إيذانًا بمولد صناعة البترول العالمية، التي لم تلبث أن أصبحت - في أقل من نصف قرن - إحدى الدعائم الرئيسية التي ترتكز عليها الحضارة الإنسانية. وفي مصر، لم يمض أكثر من تسع سنوات على قيام دريك بحفر بئرته الأولى، حتى عُثرَ على البترول في منطقة "جمسه" على الساحل الغربي لخليج السويس .

وقد أدى نجاح "أدوين دريك" إلى إقبال الشركات، فيما بعد، على حفر آلاف الآبار، بحثًا عن البترول في الولايات المتحدة الأمريكية وفي البلاد الأخرى .

ومع تزايد إنتاج هذه الشركات بسرعة، بذل رجال البترول جهودًا خارقة لتطوير مختلف مراحل الصناعة البترولية، بحيث تفي بمتطلبات هذا العالم المادي، ولعل ما تحقق في هذه الصناعة منذ حفر بئر دريك خير شاهد على ذلك .

ففي خلال الخمسينيات من القرن الماضي، كانت هناك نسبة ضئيلة فقط من كل الأعمال تنجز عن طريق الآلات، بينما كانت النسبة الباقية الأعظم تنجز بجهود الإنسان وحيوانات الجر. كما كان رجال الصناعة يعانون الخسائر التي تلحق بالماكينات، والآلات التجارية البسيطة الموجودة في ذلك الوقت، بسبب الافتقار إلى الزيوت والشحومات المناسبة. ولكن بعد اكتشاف البترول وإنتاجه، أصبح من الممكن تحقيق تنمية عالية سريعة وطويلة الأمد، كما أمكن إدخال تطورات مهمة مستمرة على الآلات البخارية وآلات الاحتراق الداخلي ومختلف الآلات، ونتيجة لذلك، تضاعف استخدام الطاقة الميكانيكية مئات المرات في خلال قرن من الزمان .

إن الآلات والماكينات التي تعتمد اليوم على البترول في كل احتياجاتها، من زيوت التزييت والتشحيم، وعلى الجانب الأعظم من احتياجاتها من الطاقة، تقوم بإنجاز معظم الأعمال في العالم. وبعد انقضاء أكثر من قرن من الزمان على حفر بئر البترول الأولى في الولايات المتحدة الأمريكية، أصبح استخدام الآلات التي تدار بالبترول يتيح إنتاج أضعاف ما كان يمكن إنتاجه في وقت مماثل قبل استخدام هذه الآلات، وبالتالي يتيح مضاعفة الدخل القومي عشرات المرات. وأتاحت ميكنة الزراعة في العديد من الدول توفير الغذاء لملايين من السكان في العالم مع تخفيض العمالة المطلوبة. وفي الوقت ذاته، فإن العامل نفسه أصبح يمتلك المزيد من الإمكانيات للاستمتاع بالمنتجات والخدمات التي أتاحتها صناعة البترول .

الفصل الأول

أصل البترول وتركيبه الكيميائي وأساليبه الكشف عنه

القسم الأول: أصل البترول وطرق الكشف عنه، وعمليات الحفر والإنتاج

أصل البترول

تكوّن البترول - الذي نستخدمه اليوم - منذ ملايين السنين، ولكن لا أحد يعلم تماماً كيف تكوّن هذا البترول، وما أصله. نحن نعلم أن البترول يوجد في قيعان البحار القديمة، ويستقر الكثير منه الآن بعيداً تحت سطح الأرض في المناطق البرية، أو تحت قيعان البحار والمحيطات .

وتقول إحدى النظريات الخاصة بأصل البترول :

إن الزيت قد تكوّن من النباتات الميتة، ومن أجسام مخلوقات دقيقة لا حصر لها. ومضمون هذه النظرية، أن مثل هذه البقايا ذات الأصل الحيواني أو النباتي، ترسبت في قيعان البحار القديمة، وترسبت فوقها المزيد من الصخور المحتوية على المواد العضوية نفسها، التي تحملها الأنهار لتصب في البحار. وقد شكلت هذه المواد العضوية، المختلطة بالطين والرمال، طبقة فوق طبقة استقرت على قاع البحار. ولأن الطبقات القديمة قد دفنت تحت أعماق أبعد وأبعد، فقد تحللت المواد العضوية بفعل الوزن والضغط القائم فوقها. وهذا الضغط الهائل يولد أيضاً الحرارة. ومن ثم فإنه بفعل الضغط والحرارة، فضلاً عن النشاط الإشعاعي والتمثيل الكيميائي والبكتيري كذلك، تحولت المادة العضوية إلى مكونات الهيدروجين والكربون، التي تتحول في النهاية إلى المادة التي نعرفها باسم البترول، ونستخدمها للطاقة. ومن المعتقد أن الطبقات العديدة المترابطة قد كونت الصخور الرسوبية المعروفة، مثل الصخور الجيرية والصخور الرملية والدولوميت، والصخور الأخرى التي تكونت من الجسيمات الرقيقة الهشة، التي التصقت في كتل صلبة بفعل الضغط الهائل الذي يتولد نتيجة تراكم هذه الصخور بعضها فوق بعض، وبعض هذه الصخور كثيف جداً لدرجة لا تسمح بنفذ الزيت والغاز. أما باقي الصخور، فهي مسامية، بحيث تسمح للبترول والغازات الطبيعية المصاحبة بأن ترشح من خلالها. ويوجد الزيت في باطن الأرض على شكل نقط دقيقة بين حبيبات الرمال والحجر الرملي وفي شقوق الحجر الجيري، وليس صحيحاً ذلك المفهوم الخاطيء أن البترول يوجد على شكل بحيرات أو أنهار أو ينابيع .

وهناك عدة أنواع من التراكيب الجيولوجية، تصلح لتجميع زيت البترول الخام. وهناك شرطان أساسيان لاحتجاز هذا الزيت في الخزان الجوفي وعدم تحركه وهما :

1. لا بد من وجود "مصيدة" تحتجز الزيت، وتمنع تحركه خلال الطبقة الحاملة له، وهذه المصيدة قد تكون واحدة من عدة أنواع سيرد ذكرها .
2. وجود حاجز من الصخور الصماء، يمنع هروب الزيت إلى طبقات أعلى، وتسبب الطبقات الصخرية التي تعلو التكوينات الحاملة للزيت ضغوطاً كبيرة تصل إلى آلاف الأرتال على البوصة المربعة، وتزيد من قوة هذا الضغط حركة انثناء الطبقات التي تصاحب تكوين التركيب الجيولوجي، والتي تكونت نتيجة للتحركات في القشرة الأرضية في الماضي السحيق، حيث حدثت انهيارات أو كسور في قيعان المحيطات بين الطبقات المسامية وغير المسامية .

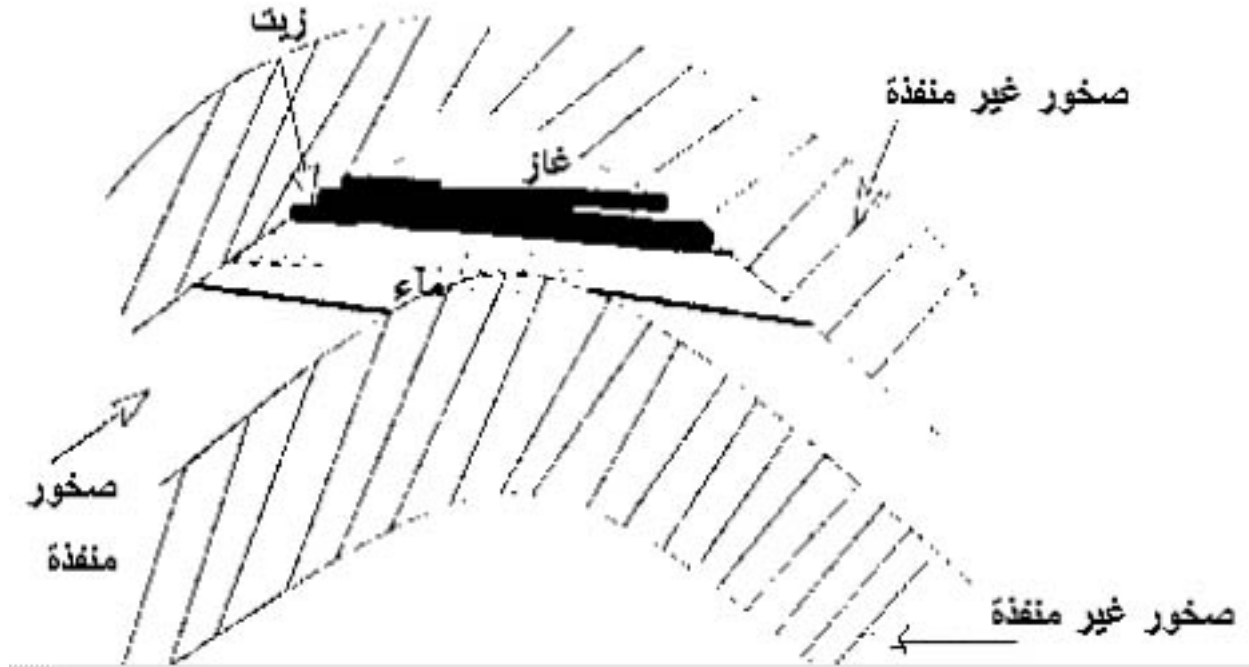
وتتسبب الضغوط الهائلة في تحرك الزيت والغاز إلى طبقات أكثر مسامية، مثل الحجر الرملي والحجر الجيري. ويستمر تحرك الزيت خلال الطبقات المسامية في التراكيب الجيولوجية، إلى أن يصادف طبقة من الصخور الصماء غير المسامية، ولا يستطيع النفاذ منها فيبقى مكانه. وفي مثل هذه الأماكن يتجمع الزيت والغاز والماء .

ونتيجة كل ذلك، تكونت "مصائد" مناسبة لاحتجاز الزيت والماء وتجميعهما. وهذه المصائد هي المصدر الرئيس لاحتياطات العالم اليوم من البترول والغاز الطبيعي، وهي عادة ما تكون على مسافات بعيدة الأعماق .

وأغلب الأنواع المعروفة من مصائد الزيت :

1.التكوين القبوي:(هي طية أو انثناء إلى أعلى، في أطوار نمو الأرض، تكون على شكل قوس).[الشكل الرقم 1](#)

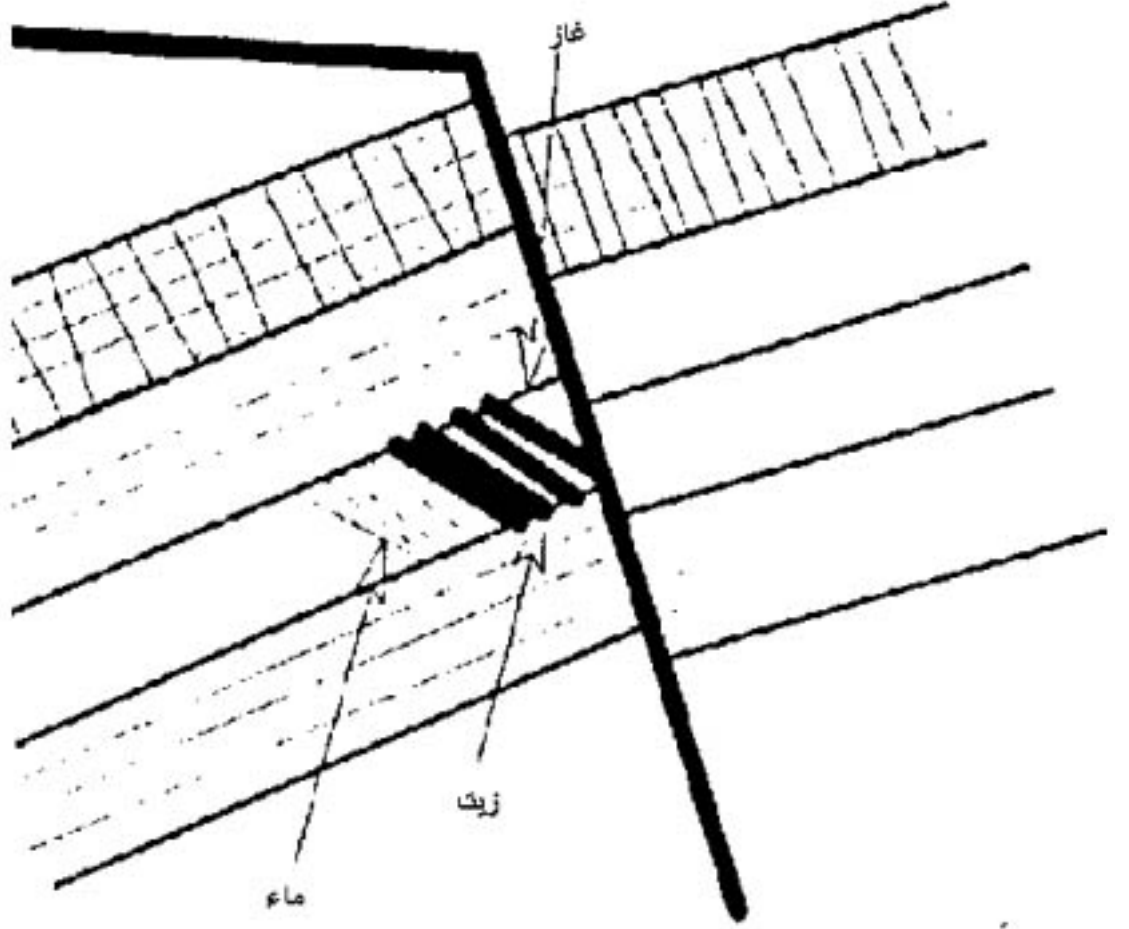
تكوين قبوى تقوس



2.الفالق أو الانكسار :

وينتج عن كسر في طبقات الأرض أو في القشرة الأرضية، يترتب عليه انزلاق طبقة على طبقة، فتواجه حافة إحدى الطبقات الصالحة لتجمع الزيت، طبقة أخرى صماء، فتتكون نتيجة لذلك مصيدة مناسبة لاحتجاز الزيت وتجمعه، والمصائد الناشئة عن حركات الانثناء والفالق تعد أمثلة للمصائد التركيبية) .[الشكل الرقم 2](#)

الفالق (الانكسار)



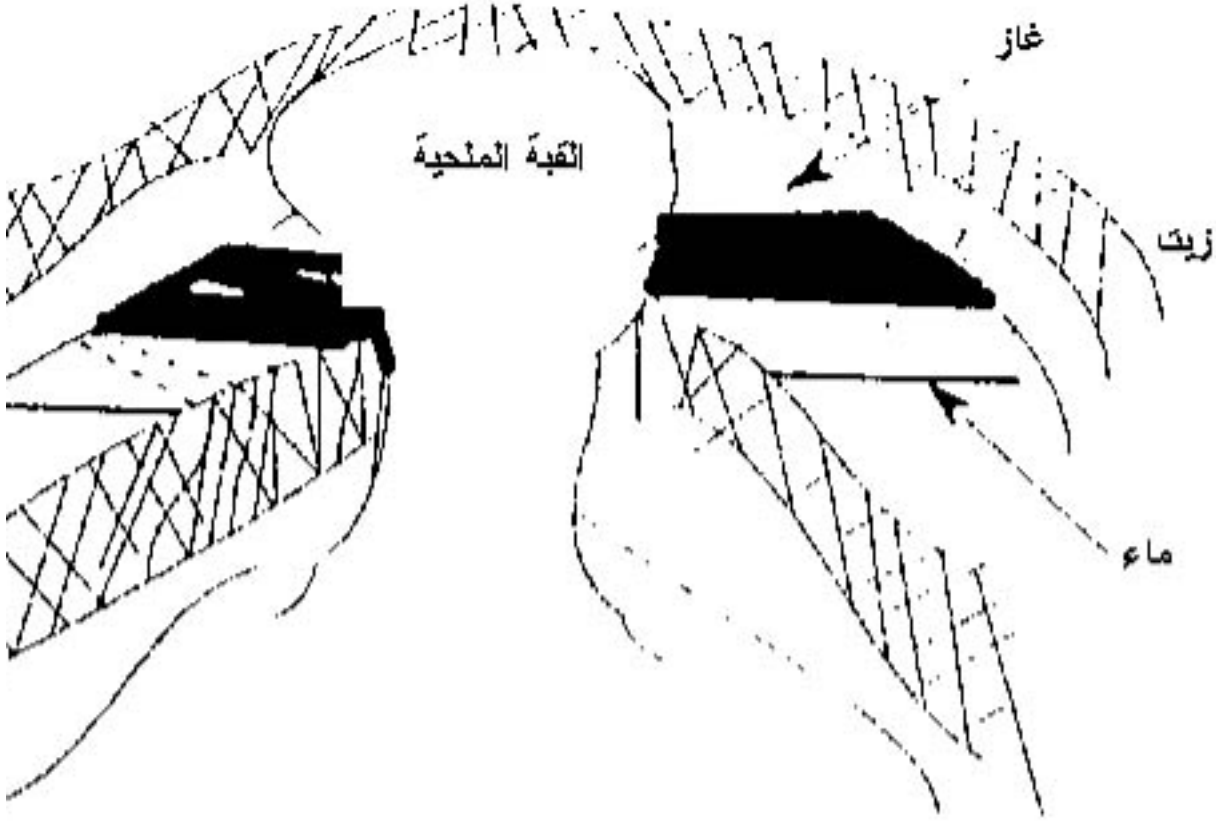
).

3. المصائد الطبقيّة :

لا تنتمي بصلة إلى الفالق ولا الانثناء، وإنما ترجع إلى تحول في طبيعة طبقات الأرض، فتصبح أقل مسامية، وأقل قابلية للنفاذ، والمصائد الطبقيّة هي تكوين تحبس فيه الطبقات المسامية بين الطبقات غير المسامية .

وفي مناطق كثيرة من العالم، هناك رواسب هائلة من الصخور الملحية التي تكون على هيئة نصف سائل، أو عجينة، نتيجة لضغط طبقات الصخور الأخرى ودرجة الحرارة، وتدفع خلال طبقات الصخور التي تكون بأعلاها فتحدث تقويساً لها فتكون المصيدة. والملح الموجود هذه الحالة لا يسمح بنفاذ البترول ويعمل كصخور مانعة لنفاذه. [الشكل الرقم 3](#)

القبة الملحية



وقد تكونت كل المصائد بسبب التحركات الجيولوجية، بمعنى أن البترول يتجمع في هذه المصائد بكميات قد تكون مناسبة واقتصادية، مما يستدعي القيام بعمليات البحث واستغلاله. ولاشك أن أسهل هذه المصائد من حيث إمكانية استكشافها وأسخاها عطاءً للبترول، هي المصائد من النوع القبوي .

الكشف وأساليبه

يبدأ البحث عن زيت البترول بمعرفة الجيولوجي، وهو لا يقوم بالحفر بحثاً عن الزيت، ولكنه يقوم بعمل مسح تمهيدي ليقرر أين "يحتمل" وجود الزيت؟

المسح الجيولوجي

وعند البحث عن الزيت في منطقة ما، يعمل الجيولوجي أولاً على معرفة ما إذا كانت الظروف في الحقبات الجيولوجية الماضية قد ساعدت على تكوّن البترول في منطقة البحث؟ ويقوم برسم خرائط في المناطق التي يقوم بمسحها، معتمداً على مشاهداته للصخور الظاهرة على سطح الأرض، ثم يبحث عن أي نشع من الزيت، إذ ربما يكون قد نضح على السطح. وقد يلجأ الجيولوجي إلى إحداث حفر في الأرض، ليحصل على البيانات التي يحتاجها من جدران هذه الحفر إذا لم تكن هناك صخور ظاهرة على السطح .

ولا تقتصر الخريطة الجيولوجية على بيان الميل والاتجاه، وإنما تحتوي، إلى جانب ذلك، على معلومات مفيدة عن طوبوغرافية "تضاريس" المنطقة، كما تبين الخريطة العصور الجيولوجية المختلفة التي تنتمي إليها الطبقات، كما تبين جميع الآبار، وأنواع الرشح، وطرق الصرف .

ورغم كل ذلك، فإن هذه البيانات لا تؤكد وجود البترول، إلا أنها تساعد الجيولوجي على معرفة الظروف الجيولوجية تحت سطح الأرض، بما يمكنه من تقرير الطبقات والأعماق التي "يحتمل" وجود البترول فيها، فإذا وجدت الظروف الجيولوجية ملائمة، يبدأ البحث عن تكوينات يحتمل أن يتجمع فيها الزيت .

ومن أهم الأساليب التي تعين الجيولوجي في هذا الأمر، التصوير الفوتوغرافي الجوي، حيث تطير الطائرة في اتجاه معين ثابت فوق المنطقة المزمع مسحها، وأثناء تحليقها يقوم جهاز التصوير الدقيق المثبت فيها، بالنقاط صور سريعة تغطي كل منها ثلثي الصور السابقة لها. وبهذا يمكن الاطلاع على معالم المنطقة جميعها بصورة مجسمة، وملاحظة انحدار الصخور، كما يسهل تمييز الانشعاقات والفوالق، وينقل هذه الظواهر من كل مجموعة من الصور وتجميعها معاً، يمكن الحصول على خريطة تفيد في مرحلة الكشف التالية .

المسح الجيوفيزيقي

وعادة ما تستخدم أساليب أخرى بخلاف الطرق الجيولوجية، وذلك إلى جانب رسم خريطة التكوينات الصخرية الموجودة تحت سطح الأرض، من سطح الأرض أو من الجو، وهي :

1. أسلوب قياس جاذبية الأرض :

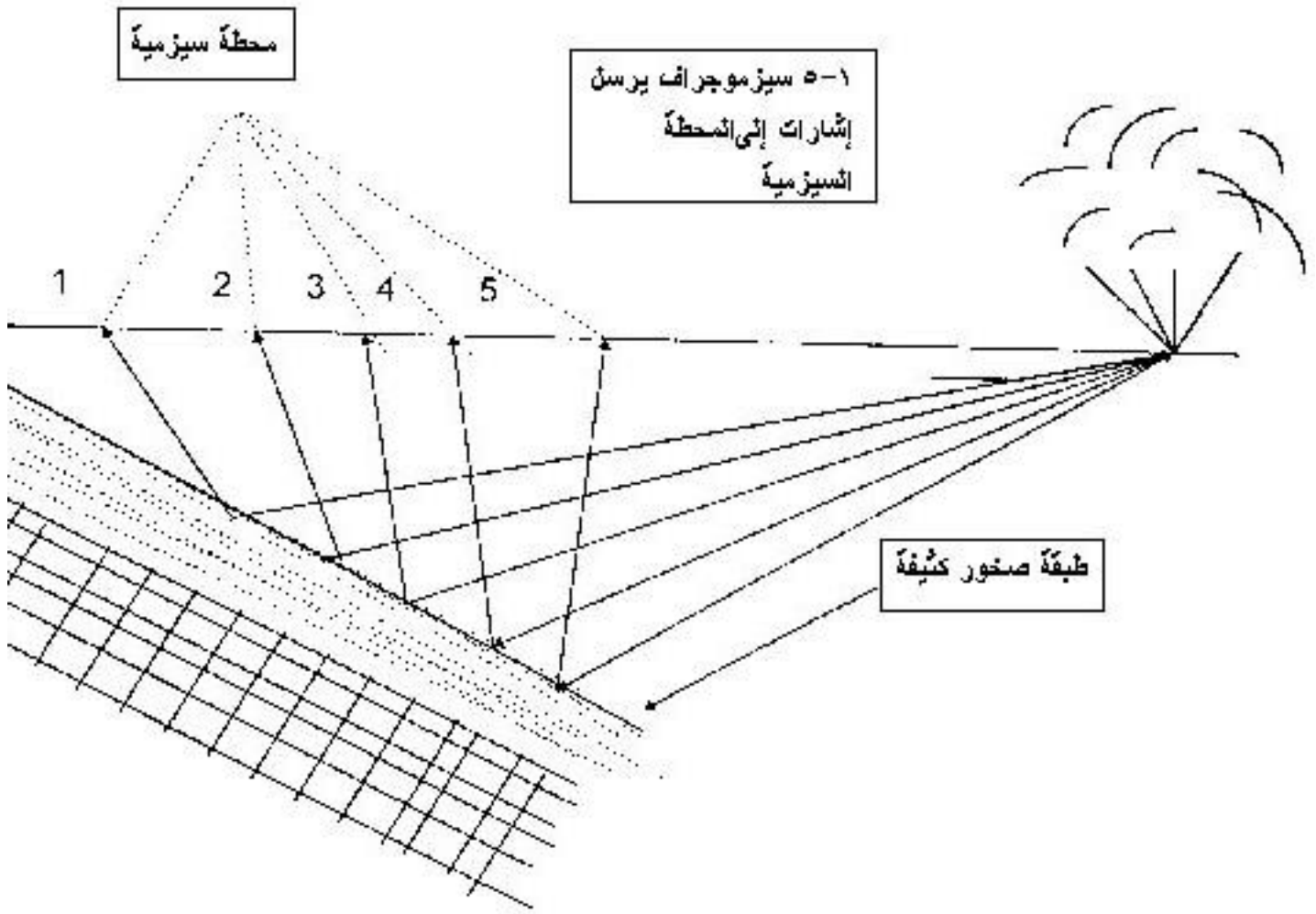
تستخدم أجهزة دقيقة جداً لقياس الاختلافات الطفيفة في قوة الجاذبية الأرضية على السطح، كالجرافيمتر "جهاز قياس الجاذبية". Gravimeter وهناك أربعة عوامل تؤثر في اختلاف شدة الجاذبية على سطح الأرض من مكان لآخر، وهي القوة المركزية الطاردة الناتجة عن دوران الأرض، وارتفاع المكان عن سطح البحر، وفرطحة الأرض عند القطبين، واختلاف كثافة الصخور بالقسمة الأرضية تحت نقطة المشاهدة، وتتأثر الاختلافات بكيفية توزيع الصخور ذات الكثافة المختلفة تحت سطح الأرض. وبهذه الطريقة يمكن الكشف عن أي شيء غير عادي بدقة. كوجود قمة جرانيتية مدفونة، أو تركيب قبوي رفع جزءاً من صخور قديمة كثيفة عن وضعها الطبيعي، أي يمكن بدقة التعرف على طبيعة التكوينات في الأعماق .

ويتركب الجرافيمتر من ميزان لولبي دقيق، ومرابا، وتلسكوب يساعد على القراءة الدقيقة داخل صندوق معزول ذي حرارة ثابتة .

2. أسلوب قياس الاهتزازات أو الزلازل :

يقوم هذا الأسلوب على أساس إحداث هزات أرضية صناعية، بتفجير شحنات من المواد المتفجرة، فيولد الانفجار موجات من الاهتزازات في القشرة الأرضية، فتتلقاها وتسجلها أجهزة غاية في الحساسية تسمى "السيزموجراف" "Seismograph" أو السيزوموميتر، أي مقياس الاهتزازات. وهذه الأجهزة تثبت بترتيب معين على أبعاد مختلفة من مكان الانفجار، في المنطقة التي يجري فيها الكشف ([الشكل الرقم 4](#))

المسح السيزمي (الاهتزازي)



ويعتمد هذا الأسلوب على القاعدة المعروفة . وهي أن سرعة سريان موجات الاهتزازات تختلف باختلاف أنواع الصخور، فهذه الموجات تنتقل خلال التكوينات الصلبة الكثيفة، بسرعة تفوق سرعة انتقالها خلال التكوينات الخفيفة والهشة منها. وبقياس سرعة الموجات، يمكن معرفة نوع الصخور التي اجتازتها، وتقدير عمقها .

وهناك أسلوب آخر يستخدم على نطاق واسع، وهو يعتمد على أن موجات الاهتزازات تحدث انعكاساً أو صدى عندما تصطدم برواسب صلبة كالحجر الجيري، فيقاس الوقت الذي يستغرقه انتقال الموجات من السطح إلى الطبقة العاكسة تحت الأرض، ثم الارتداد إلى السطح، فيمكن معرفة عمق الطبقة العاكسة. وتعد طريقة قياس الاهتزازات أنفع الأساليب الجيوفيزيائية التي توصل إليها العلم للحصول على معلومات مباشرة عن التركيبات الجيولوجية المختفية في باطن الأرض، وتعرف هذه الطريقة عادة بالطريقة السيزمية. وتفصيلاً لما سبق ذكره، يقوم الجيوفيزيائي بتحديد أماكن أجهزة السيزموجراف في المنطقة التي رسم حدودها مهندس المساحة، ثم يتم تجهيز حفرة في المنطقة توضع فيها شحنات متفجرة، ويقوم المكلف بالتفجير - لدى تلقيه الأمر من مهندس تشغيل السيزموجراف - بإشعال كبسولة الانفجار. ويسجل السيزموجراف، وقت الانفجار، موجات الاهتزازات المتتالية. ويظهر أولاً في الرسم البياني الذي يسجله السيزموجراف موجات الاهتزاز، التي تسري على سطح الأرض من نقط الانفجار، يتلوها ظهور عدد من الانعكاسات الزلزالية التي هي ارتداد موجات الاهتزاز إلى سطح الأرض، عند اصطدامها بتغيير في نوع الطبقات الصخرية والحجر الرملي إلى الحجر الجيري وغيره. وكلما زاد عمق الطبقة زاد الوقت الذي يستغرقه وصول موجات الاهتزاز إليها، ثم ارتدادها إلى السطح، وتسجل أجهزة السيزموجراف هذه الانعكاسات بترتيب وقت وصولها. ومن معرفة سرعة سريان موجات الاهتزاز في طبقات الأرض، ثم عودتها إلى السطح، وشدة الذبذبات التي تحدثها، يمكن استنتاج الأعماق التي تقع عليها مختلف الطبقات الصخرية في باطن الأرض وأنواعها. وبذلك يمكن للجولوجي تعيين موقع كل طبقة ونوعها .

3. أسلوب قياس المغناطيسية

يمكن معرفة توزيع الصخور ذات الخواص المغناطيسية المختلفة، من دراسة الاختلافات المحلية في كثافة المجال المغناطيسي للأرض واتجاهاته، ومن أسرع الطرق لتصوير منطقة واسعة، القيام بمسح مغناطيسي لها، بالاستعانة بألات الماجنيتوميتر Magnetometer التي تحملها الطائرات .

ويوضح جهاز الماجنيتوميتر الاختلافات في المجال المغناطيسي للأرض الناشئة عن التكوينات المختلفة الواقعة تحت سطح الأرض .وتدل المعلومات التي يحصل عليها هذا الجهاز على بعض التكوينات الجيولوجية، وهذا الجهاز يُعد صورة دقيقة حديثة للمسح الذي استخدمه الخبراء زمناً طويلاً في عمليات البحث عن خام الحديد، وقد استخدم في مسح مناطق شاسعة من سطح الأرض .

وبعد الحرب العالمية الثانية، تم اختراع جهاز قياس مغناطيسي جوي تحمله الطائرات، يساعد على مسح مناطق واسعة في زمن قصير، وهي أسرع وسيلة لمسح المناطق الشاسعة .

وهناك أهمية كبرى للتعرف على تكوينات تنتمي إلى عصر واحد. ولتحقيق ذلك، فإن الأسلوب الرئيس المتبع هو إعداد ثقب في الأرض، لاستخراج عينات صخرية، يتبعها مقارنة التركيبات التي تحت الأرض من ثقب إلى آخر من ناحيتي العمق والسك. وتتم دراسة نوع الحفريات والصخور التي يعثر عليها وطبيعتها وشكلها .

وفي أثناء البحث عن التكوينات الملائمة، يقوم الجيولوجيون والجيوفيزيقيون بفحص مناطق كثيرة من الأرض، وتستقر دراساتهم عادة على اختيار مناطق صغيرة، يرونها نموذجية لإجراء عمليات استكشاف مفصلة فيها. ولكن حتى بعد تصوير المناطق ودراستها دراسة تفصيلية، فإن وجود الزيت لا يمكن إثباته إلا بوسيلة واحدة وهي الحفر .

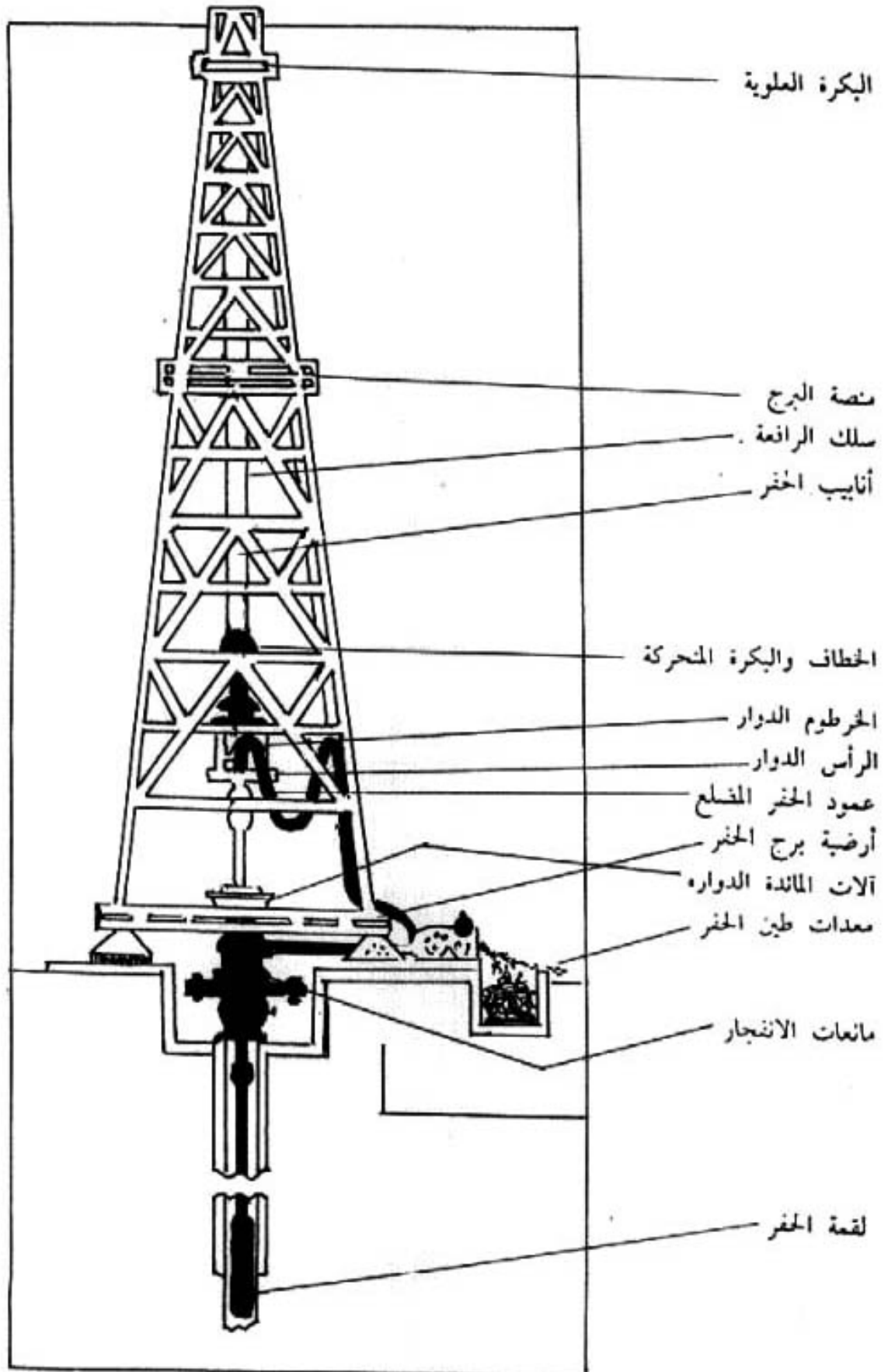
عمليات الحفر

هناك ثلاثة أساليب للحفر بحثاً عن الزيت وهي :

1. طريقة الدق THE CABLE TOOL
2. طريقة الدوران "الرحى" THE ROTARY DRILL
3. طريقة الحفر التوربيني TURBO DRILLING

وتتشابه الطريقتان الأولى والثانية، في أن كلاهما يحتاج إلى برج حفر ومحرك ومستودعات للتخزين، ومواسير فوق الأرض، وتختلفان فيما عدا ذلك، وطريقة الحفر الأولى هي الأقدم، وكانت السائدة خلال القرن التاسع عشر الميلادي، ومازالت مستعملة في بعض المناطق، ولكن يقتصر استعمالها على الأعماق القريبة، وعلى الآبار التي لا تخترق كثيراً من الطبقات الصلبة، وهي أرخص من طريقة الدوران، إذ لا تتطلب تبطين الحفرة بمواسير الصلب المرتفعة التكلفة تبطيناً كاملاً، كما هو الحال في طريقة الدوران "الرحى". وعلى كل، فإن طريقة الدوران هي الطريقة الشائعة الاستعمال في الوقت الحالي. أما الطريقة الثالثة "الحفر التوربيني" فطريقة مستحدثة يدار فيها المثقب بواسطة توربينات، يتم تحريكها بواسطة طين الحفر "الطفلة" . [الشكل الرقم 5](#)

برج الحفر



وبعد تحديد موقع الحفر، يبدأ العمل في إقامة جهاز الحفر الذي يتكون من برج قوي من الصلب، وآلات رافعة "أوناش"، والكثير من وصلات مواسير "أنابيب" الحفر والتغليف، وهي أنابيب فولاذية مجوفة يوصل بعضها ببعض الآخر بالقلاووظ، ويثبت في طرفها الأسفل دقاق "مثقاب" أو أداة قطع، وفي طرفها الأعلى حمالة متحركة أو رأس دوّار. ويضم محركات لإدارة مواسير الحفر، ومضخات لدفع سائل الحفر "الطفلة" داخل الأنابيب .

وعندما تبدأ فعلاً عملية الحفر، ترفع إحدى مواسير الحفر إلى داخل جهاز الحفر، ويركب في أسفلها مثقاب من القطر اللازم، ثم تركيب الماسورة في أسفل ماسورة الدوران التي ترتبط بمضخات الحفر بواسطة خرطوم ذي ضغط عال، بحيث يمكن ضخ طين الحفر "الطفلة" إلى داخل مواسير الحفر من خلال المثقاب، ثم صعوداً في الفراغ بين الماسورة والبنر، بحيث يبقى ثقب الحفر خالياً من الصخور المفتتة التي يكسرها المثقاب، وتدار ماسورة الحفر والمثقاب بواسطة "الرحى الدوارة" التي توجد على أرض هيكل الحفر، والتي تديرها بدورها سلسلة مرتبطة بالرافعة. وعندما تختفي ماسورة الحفر داخل الأرض تتركب عليها ماسورة أخرى بالطول ذاته وهكذا ...

وتخرج الطفلة في مستودعات تتصل بمضخات الحفر، بحيث يمكن ضخ الطفلة من مستودعها، فتمر خلال ماسورة الحفر والمثقاب. وعندما تعود إلى سطح الأرض ترجع إلى المستودع، ثم يعاد ضخها مرة أخرى... وهكذا. والطفلة العائدة إلى السطح، تمر قبل عودتها إلى المستودع على غربال هزاز، يحجز على سطحه قطع الصخور الصغيرة المفتتة وحببات الرمل الكبيرة، وهذه العملية تمكن من تنقية طفلة الحفر بحيث تتاح إعادة استخدامها، فضلاً عن أنها تتيح للجيولوجيين عينات من الصخور الموجودة في باطن الأرض، لفحصها والاستدلال على نوعها، وكذلك للحصول على المعلومات المتعلقة بطبقات الأرض، والتعرف على أية شواهد بترولية أو غازية. ولطينة الحفر "الطفلة" مزايا أخرى، بالإضافة إلى ما سبق فهي تؤدي إلى تثبيت جدران البئر فتمنعها من الانهيار، كما تبرد المثقاب الذي ترتفع درجة حرارته مع تقدم اختراقه للصخور. ومن مهامها أيضاً التحكم في الغازات التي قد يقابلها الحفر؛ ولذلك يقوم مهندس الطفلة، بصفة مستمرة، بقياس درجة لزوجة الطفلة وثقلها، لضمان أن يكون وزن عمود الطفلة في البئر أكبر دائماً من ضغط الغاز الموجود، وإلا اندفع الغاز خارج البئر، بل قد يؤدي إلى حوادث جسيمة. ولكي تحتفظ الطفلة بتركيبها تستخدم أنواع مختلفة من المواد الكيماوية. وأهمها مسحوق سلفات الباريوم، الذي يبلغ وزنه أربعة أضعاف وزن الماء، ويضاف المسحوق إلى الطفلة فيزيد من وزنها ليصل إلى الوزن المطلوب .

ويواصل الخبراء - أثناء عملية الحفر - التعرف على خواص الطبقات التي يخترقها الحفر بتحليل فئات الصخور التي تحملها الطفلة، وفحصها تحت الميكروسكوب، واختبار بعض الخواص الطبيعية للصخور باستخدام طريقة كهربائية خاصة، مثل درجة المسامية والمحتويات السائلة .

وعندما يستدل - من الطفلة الخارجة من البئر - على أن المثقاب قد أصاب طبقة محملة بالزيت أو رمالاً ندية بالزيت، تستمر أعمال الحفر حتى يتم تحديد سمكها بالضبط، ثم يتم تفكيك برج الحفر ونقله، ويبقى الزيت في قرار البئر بثقل الطفلة عليه. ثم تدلى في البئر أنابيب التغليف الأخيرة ذات قطر أصغر، وتثبت بالأسمنت لمنع تسلل المياه إلى البئر. ثم تدلى مصفاة أنبوبية إلى الطبقة المحملة بالزيت. لتكون مانعاً للرمال من أن تدخل مع الزيت والغاز، وبعد ذلك تدلى في البئر مواسير الإنتاج الضيقة إلى المصفاة، فيتدفق فيها الزيت والغاز إلى سطح الأرض. وآخر مرحلة قبل شروع البئر في الإنتاج هي التخلص من الطفلة الثقيلة، وذلك بإحلال الماء محلها. ويتم تركيب مجموعة من الصمامات على فوهة البئر يطلق عليها اسم شجرة عيد الميلاد Christmas Tree وذلك للتحكم في إنتاج البئر، ويمضي رجال البترول إلى موقع آخر في محاولة جديدة للبحث عن أهم مورد للطاقة .

الإنتاج

طالما كان الضغط الطبيعي في قاع البئر كافياً لدفع الزيت إلى السطح، فإن الزيت يتدفق من البئر تدفقاً طبيعياً، والماء والغاز هما اللذان يسببان هذا الضغط. وعادة ما يكون أحدهما ذا أثر أكبر من الآخر. وبالنسبة للآبار الحديثة العهد بالإنتاج، يتدفق الزيت تدفقاً طبيعياً لفترة ما، وكلما انخفض الضغط الطبيعي في الخزان الجوفي انخفضت كمية الزيت المنتجة تدريجياً، ويتلاشى الضغط ويتوقف الإنتاج، مما يستدعي اتباع طرق صناعية لرفع الضغط وعودة الإنتاج، وهناك طريقتان لتحقيق ذلك :

1. استخدام المضخات لسحب الزيت .
2. رفع الزيت بضغط الغاز والمياه التي يتم حقنها في البئر .

القسم الثاني: التركيب الكيميائي للبتترول، وتصنيفه ومعالجته

التركيب الكيميائي للبتترول

إن أيدروكربونات السلاسل البارافينية والنفتينية والأروماتية هي المركبات الأساسية الداخلة في تركيب البتترول 80 - 90%، كما توجد في البتترول، علاوة على ذلك، كميات ضئيلة نسبياً من المركبات الأوكسجينية والكيريتية والنتروجينية. وتتحدد خواص البتترول الفيزيائية والكيميائية بنسبة المركبات الداخلة في تركيبه. أما الأيدروكربونات غير المشبعة "الأوليفينات" فغالباً لا تتوفر في الخام، ولكن يمكن توفرها نتيجة لعمليات التكرير المختلفة.

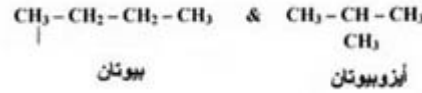
1. الأيدروكربونات الداخلة في تركيب البتترول

في البتترول أيدروكربونات غازية وسائلية وصلبة بتركيبات مختلفة ويمكن تقسيمها إلى :

أ. الأيدروكربونات البارافينية "الكانات"

الأيدروكربونات البارافينية الداخلة في تركيب البتترول عبارة عن غازات أو سوائل أو مواد صلبة عند درجة الحرارة العادية، وتحتوي سلسلة المركبات الغازية من 1 إلى 4 ذرات كربون (C₁ - C₄) ، وتدخل هذه المركبات في تركيب الغازات الطبيعية المصاحبة " associated gases الميثان، الإيثان، البروبان، البيوتان". أما المواد التي تحوي من 5 إلى 15 ذرة كربون (C₅ - C₁₅) ، فهي سوائل، تدخل في تركيب الجازولين والكيروسين ووقود آلات الديزل، وابتداءً من C₁₆H₃₄ مواد صلبة "شموع بارافينية".

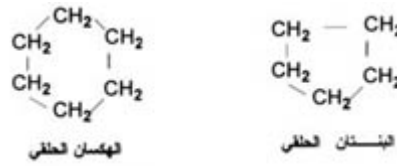
والأيدروكربونات سلسلة الميثان أيزومرات مختلفة، يزداد عددها ازدياداً كبيراً كلما زاد عدد ذرات الكربون في السلسلة الكربونية. وتؤدي هذه الخاصية إلى صعوبة فصل بارافينات منفصلة مفردة من القطفات البترولية، نتيجة لتقارب درجات غليان الأيزومرات. ويمكن أن يوجد البيوتان على شكلين كالآتي :



والأيدروكربونات ذات الصيغة الجزيئية C₁₃H₂₈ ، يمكن أن توجد في 802 أيزومر، وكذلك C₁₄H₃₀ له 1858 أيزومر، ولذلك نرى أن التركيب الكيميائي للبتترول معقد جداً. وأيزومرات الأيدروكربونات المتفرعة تختلف كلية في خواصها الكيميائية والفيزيائية، عن الأيدروكربونات المقابلة ذات السلسلة المستقيمة. وهذا الاختلاف ممكن أن يشاهد حتى بزيادة ذرة كربون واحدة في الجزيء. فنرى أن للهيبتان العادي (n-C₇H₁₆) رقم أكتان = صفر بينما أن للأيزو أكتان (iso-C₈H₁₈) رقم أكتان = 100. وتعتمد النسبة بين البارافينات العادية والمتفرعة على طبيعة الخام ذاته، فالبتترول ذو الكثافة الأقل يكون غنياً بالبارافينات العادية. والبارافينات العادية تؤدي إلى خفض الرقم الأوكتاني، بينما البارافينات المتفرعة تؤدي إلى رفع الخصائص المحركية لوقود الجازولين.

ب. الأيدروكربونات النفتينية "الألكانات الحلقية":

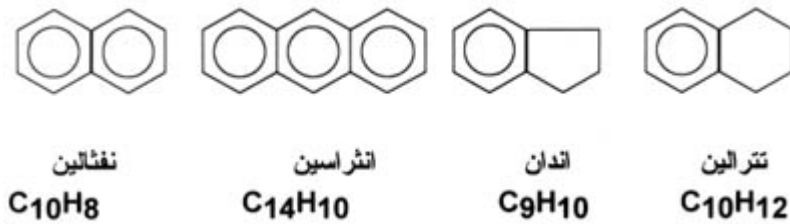
الصيغة الجزيئية العامة لها C_nH_{2n} ، وتختلف عن الأوليفينات بعدم وجود روابط ثنائية. وهي أكثر الأيدروكربونات الداخلة في تركيب البترول انتشارًا. وتوجد في قطرات البترول المنخفضة الغليان نفثينات خماسية و سداسية الحلقة "البنتان الحلقي والهكسان الحلقي "



وتوجد كميات كبيرة من الأيدروكربونات النفثينية في القطرات التي تتبخر عند درجة حرارة أعلى من 400م. وفي بعض أنواع البترول الغنية بالبارافينات، تحتوي على القطرات التي تتبخر عند درجة 400 - 550م على 70 - 80 % من الأيدروكربونات النفثينية. وتتميز نفثينات القطرات البترولية العالية بتركيب متعدد الحلقات، أي أنها تحتوي على حلقة واحدة أو عدة حلقات ذات سلاسل بارافينية جانبية طويلة .

ج. الأيدروكربونات الأروماتية :

تدخل الأيدروكربونات الأروماتية، من سلسلة البترول والتولوين والنفثالين وغيرها، في تركيب جميع قطرات البترول. وقد تم فصل البنزول والتولوين من قطرات الجازولين. وتحتوي قطرات الكيروسين على أيدروكربونات أروماتية أحادية الحلقة، وقد ثبت وجود مشتقات ثنائي الفينيل والنفثالين وغيرهما، وكذلك مشتقات البنزول ذات السلاسل الأليفاتية الجانبية الطويلة والقصيرة في القطرات التي تغلي عند درجات حرارة أعلى. والقطرات العالية الغليان تحتوي كقاعدة على نسبة من الأيدروكربونات الأروماتية أكبر مما تحتويه القطرات المنخفضة الغليان. وعلى هذا فإن في الجازولين الذي يحتوي على كمية كبيرة من الأيدروكربونات النفثينية، كمية صغيرة من الأيدروكربونات الأروماتية، وبالعكس فالقطرات الغنية بالأيدروكربونات البارافينية تحتوي على كمية كبيرة من الأيدروكربونات الأروماتية، وقد اكتشف وجود أيدروكربونات تحتوي على حلقات أروماتية و نفثينية في الوقت نفسه، وذلك في القطرات البترولية الزيتية العالية الغليان .



2.المكونات غير الأيدروكربونية في البترول :

أ.المركبات الكبريتية :

تتوفر المركبات الكبريتية في جميع أنواع البترول بكميات مختلفة 0,5 % الى 3 % ويمكن أن تصل إلى 7 %، ويُعدّ الخام المحتوي على أقل من 0,5 % كبريت خامًا منخفض الكبريت، وأعلى من ذلك يعدّ خامًا عالي الكبريت .

ويدخل الكبريت في تركيب مركبات مختلفة، منها غاز كبريتييد الأيدروجين H_2S ، والمركبات RSH والكبريتيدات $R-S-R$ وثنائي الكبريتيدات $R-S-S-R$ والكبريتيدات الحلقية .



ويتوزع الكبريت في القطافات البترولية، بحيث تزداد نسبة وجوده مع ارتفاع درجة الغليان .

ب. المركبات النتروجينية :

توجد المركبات النتروجينية في البترول بكميات صغيرة "من 0.03 إلى 0.3%"، وتزداد نسبة النتروجين في البترول بزيادة الوزن النوعي، ونسبة المواد الراتنجية، ويوجد النتروجين في الغالب على صورة مركبات ذات طابع عضوي، وتتركز المركبات النتروجينية أثناء التقطير بصورة أساسية في المتبقي بعد عملية التقطير الأولى وهو المازوت .

ج. المركبات الأكسجينية :

لا تزيد نسبة الأكسجين في البترول عن 1%، وتنتمي إلى الأحماض النفثينية والفينولات وكذلك المركبات الأسفلتية الراتنجية . والأحماض النفثينية من ناحية التركيب الكيميائي هي مركبات حلقية تحتوي على مجموعة الكربوكسيل .

د. الشوائب المعدنية :

إن دراسة رماد البترول تقودنا إلى أن البترول يحتوي - علاوة على الأزوت N والكبريت S - على عناصر أخرى مثل الفاناديوم V والفسفور P والبوتاسيوم K والنيكل Ni واليود I وغيرها .

هـ. المواد الأسفلتية والراتنجية :

تنضم إلى طائفة المركبات العديدة الحلقات، ذات الوزن الجزيئي الهائل المتعادلة والمحتوية على الكبريت، علاوة على الأكسجين وتتركز في المتبقي بعد التقطير .

والمواد الراتنجية والأسفلتية تكسب المنتجات البترولية لوناَ غامقاَ، ويساعد توفر كميات كبيرة من هذه المواد في الوقود، على تكوين فحم الكوك والقشور في أسطوانات المحرك .

وتنقسم المواد الراتنجية والأسفلتية، طبقاً للتصنيف المعمول به، إلى راتنجات متعادلة تذوب في الجازولين الخفيف، وأسفلتينات" نواتج بلمرة الراتنجات المتعادلة مع الأحماض الأيدروكسيلية" لا تذوب في الجازولين الخفيف، ولكنها تذوب في البنزول والكلوروفورم، وكبريتيد الكربون، وأحماض بولينفثينية وانهيدريداتها؛ وهي ذات طابع حمضي، ولا تذوب في الجازولين الخفيف ولكنها تذوب في الكحول .

تصنيف خام البترول

لنظام تصنيف البترول أهمية كبيرة، إذ يسمح بتحديد اتجاه تكرير البترول، وقائمة أنواع المنتجات وجودتها .

ويتخذ التركيب الأيدروكربوني أساساً للتصنيف الكيميائي للبتروول، فبعض أنواع الخام تحتوي على نسب عالية من البارافينات، ومنها الشموع البارافينية الصلبة، وأنواع أخرى تحتوي على النفثينات. وبالتالي فالمنتجات غير القابلة للتقطير "المتبقي" تختلف من خام إلى خام آخر .

ويصنف البتروول الخام بطريقة عامة إلى ثلاثة أصناف :

1.البتروول ذو الأساس البارافيني :

يحتوي على الشموع البارافينية، وقد يحتوي على كميات ضئيلة من المواد الأسفلتية، ويحتوي عموماً على الأيدروكربونات البارافينية، وغالباً ما يعطي كميات جيدة من الشمع البارافيني وزيت التزبييت عالية الجودة .

2.البتروول ذو الأساس الإسفلتي :

يحتوي على المواد الإسفلتية بكميات كبيرة، أما الشمع البارافيني فلا يتوفر أو يتوفر بكمية ضئيلة، الأيدروكربونات تكون غالباً من النوع النفثيني "الحلقي". وتحتاج زيوت التزبييت المنتجة من هذا الخام إلى نوع من المعالجة لتكون في كفاءة الزيوت المنتجة من الخامات ذات الأساس البارافيني .

3.الخام ذو الأساس المختلط :

يحتوي على كل من الشمع البارافيني وكذلك المواد الإسفلتية بالتساوي، وبه الأيدروكربونات البارافينية والنفثينية، وكذلك بعض النسب من الأيدروكربونات الأروماتية .

الخواص الفيزيائية للبتروول ومنتجاته :

عرفنا أن البتروول هو خليط معقد من المركبات الأيدروكربونية؛ ولذلك فإن الخواص الفيزيائية التي يتم تعيينها هي في الواقع متوسطات للقيم المفردة لهذه المركبات .

1.الوزن النوعي النسبي ودرجة API:

يعدّ الوزن النوعي والكثافة من أهم الخصائص المستخدمة عند دراسة البتروول والمنتجات البتروولية. ولهاتين الخاصيتين أهمية خاصة عند حساب وزن المنتجات البتروولية وكتلتها في الحالات التي يعين فيها حجم هذه المنتجات بالقياس المباشر .

ويطلق اصطلاح الوزن النوعي للسائل أو الغاز، على وزن وحدة حجمه، ويطلق اصطلاح كثافة السائل أو الغاز، على كمية المادة الموجودة في وحدة الحجم، ولتعيين الوزن النوعي لمادة ما، يجب قسمة وزن جسم منها G على حجمه V: $V: G/V$

ولتعيين كثافة مادة ما، يجب قسمة كتلة جسم منها m على حجمه V

$$P = \frac{m}{V} \text{ Kg/m}^3$$

أما الوزن النوعي النسبي "الكثافة النسبية"، فهي كمية غير مميزة، وتساوي نسبة كثافة المادة المختبرة إلى كثافة الماء النقي عند درجات الحرارة القياسية "4م للماء و+20م للمنتجات البتروولية" ويرمز له بالرمز d420 والكثافة النسبية والوزن النوعي النسبي كميّتان متساويتان عددياً. وتقاس كثافة الماء عند درجة 4 م، إذ أن أعلى كثافة للماء تكون عند هذه الدرجة. وهناك طريقة أخرى للتعبير عن كثافة السوائل وهي درجة American Petroleum Institute API

وهي مقلوب الوزن النوعي النسبي، ويعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$DegreeAPI = \frac{141.5}{Sp.gr.60 / 60^{\circ}F} - 131.5$$

$$F^{\circ} = C^{\circ} \times \frac{9}{5} + 32$$

$$C^{\circ} = (F^{\circ} - 32) \frac{5}{9}$$

وتعين كثافة المنتجات البترولية بواسطة الهيدروميتر أو بالميزان الأيدروستاتي، وكذلك بواسطة قنينة الكثافة .

وتقل كثافة المنتجات البترولية بارتفاع درجة الحرارة. كذلك هناك تأثير بسيط للضغط على كثافة السوائل. وهناك جداول شاملة تبين تغير الكثافة أو الوزن النوعي مع التغير في درجة الحرارة والضغط .

ودرجة API تبدأ غالباً من 10 إلى API50 ، ولكن لمعظم أنواع خام البترول تنحصر القيمة بين 20 إلى 45 API.

وتستخدم قيم الكثافة والوزن النوعي مرشداً لمعرفة التركيب الكيميائي للخام، فعموماً الأيدروكربونات البارافينية تكون كثافتها قليلة، والأيدروكربونات النفثينية والأوليغينية لها كثافات متوسطة، أما الأيدروكربونات الأروماتيه فلها قيم كبيرة للكثافة .

2. اللزوجة "الاحتكاك الداخلي للسائل "

" وهي مقاومة السائل لإزاحة إحدى طبقاته بالنسبة لطبقة أخرى تحت تأثير قوة خارجية"، ويتم التمييز بين اللزوجة الدينامية والكينماتية والنسبية .

اللزوجة الدينامية (n) وتقاس بالباسكال ثانية (Pa.s)

واللزوجة الكينماتية (v) وهي النسبة بين اللزوجة الدينامية والكثافة النسبية للسائل d عند درجة الحرارة نفسها، وتقاس بالمتر المربع على الثانية .

اللزوجة النسبية هي النسبة بين زمن تدفق 200 ملل من المنتج البترولي عند درجة حرارة الاختبار، وبين زمن تدفق حجم الماء المقطر نفسه عند درجة 20 م .

مقياس اللزوجة البسيط

Simple Viscometer

يتم تعيين الزمن الذي يأخذه السائل من الانتفاخ I للوصول إلى الانتفاخ 2 من خلال الأنبوبة C

تتغير لزوجة المنتجات البترولية مع التغير في درجة الحرارة، فتقل بارتفاع درجة الحرارة، وتزداد بانخفاضها. وبالنسبة لزيت التزييت، لا بد من تعيين التغير في اللزوجة خلال معدل درجات التشغيل العادية .

ومن هذه الطرق دليل اصطلاحي افتراضي يطلق عليه اسم دليل اللزوجة (VI Viscosity Index) ، ويعين بواسطة مخططات بيانية خاصة، على أساس معرفة مقدار اللزوجة عند 100 م، 50 م؛ وذلك لزيت قياسية، والمقارنة بينها حيث يعطي الزيت الذي تتأثر لزوجته تأثراً كبيراً بالتغير في درجة الحرارة = VI صفر، أما الزيت الذي له خواص لزوجة جيدة

وذلك بتغير الحرارة بين هاتين الدرجتين فيعطي $VI = 100$ وتقارن زيوت التزيت بهذا الدليل. فدليل الزوجة العالي القيمة يدل على زيت متأثر لزوجته تأثرًا طفيفًا مع التغير في درجة الحرارة .

3.الوزن الجزيئي :

يتوقف الوزن الجزيئي للبتروول والقطفات البترولية على الوزن الجزيئي للمركبات الداخلة فيها وعلى النسبة بينها. وغالبًا ما يتراوح للخام من 250 إلى 300. ويزداد الوزن الجزيئي للقطفات البترولية بارتفاع درجة غليانها. والتركيب الأيدروكربوني للقطفات المتماثلة من الأنواع المختلفة للبتروول مختلف، ونتيجة لذلك تكون أوزانها الجزيئية غير متساوية .

وعند درجات الغليان نفسها، تتميز قطفات الأنواع البارافينية من البتروول بأكبر وزن جزيئي، وقطفات الأنواع النفثينية الأروماتية بأقل وزن جزيئي، وتشغل قطفات البتروول ذات القاعدة النفثينية مكانًا وسطًا .

4.درجة الوميض والاشتعال والاشتعال الذاتي :

يحكم على قابلية المنتجات البترولية الخفيفة للاشتعال "الالتهابية" *inflammability* بدرجة وميضها .

يطلق اسم درجة الوميض *flash point* على درجة الحرارة التي تومض عندها أبخرة المنتج البتروولي المسخن في ظروف محددة عند تقريب لهب منها .

وتتميز درجة الوميض بأن اللهب ينطفئ في الحال. وإذا رفعت بعد ذلك درجة حرارة السائل، فعند الوصول إلى درجة حرارة معينة، وتقريب اللهب، تشتعل الأبخرة مرة أخرى، ولكنها لا تنطفئ. ويطلق على درجة الحرارة هذه "درجة الاشتعال للمنتجات *Ignition point*" ودرجة الاشتعال أعلى دائمًا من درجة الوميض .

ولكي يتم وميض الأبخرة القابلة للاشتعال، يجب أن تقع نسبة تركيزها في الهواء في حدود معينة، ويفرق بين الحد الأعلى والحد الأدنى لتركيز الأبخرة. والحد الأدنى هو أقل نسبة لتركيز الأبخرة في الهواء يلاحظ عندها الوميض عند تقريب اللهب، أما الحد الأعلى فهو تلك القيمة لتركيز الأبخرة التي لا يحدث الوميض بعدها لعدم كفاية الأكسجين. والحد الأدنى لتركيز الأبخرة البترولية هو الذي يؤخذ في الاعتبار عند تعيين درجة الوميض. وكلما خف المنتج البتروولي كانت هذه الدرجة أقل. فدرجة وميض الجازولين أقل من صفرا، والكيروسين 30 - 50 م، ووقود الديزل المختلف الأنواع من 30 إلى 90 م، وزيوت التزيت من 130 إلى 320 م .

ويحكم في الظروف الصناعية على وجود القطفات الخفيفة في المنتجات بدرجة الوميض، فتدل مثلًا درجة الوميض المنخفضة للمازوت، المتبقي بعد تقطير البتروول، على أن المنتجات البترولية الخفيفة لم تفصل جيدًا منه .

وعلاوة على درجة الوميض ودرجة الاشتعال اللتين يجري عند تعيينهما اشتعال الأبخرة البترولية بتقريب لهب إليها، تعرف أيضًا ظاهرة "الاشتعال الذاتي *Self Ignition*"، أي الظاهرة التي يجري عندها اشتعال المنتج المسخن عند التلامس مع الهواء بدون تقريب اللهب إليه. ويطلق اسم درجة الاشتعال الذاتي "العفوي" على درجة الحرارة التي عندها يشتعل المنتج البتروولي ذاتيًا عند ملامسة الهواء. وتعتمد درجة الاشتعال الذاتي على ثبات المنتج لتأثير الأكسجين. وأكثر المنتجات تعرضًا للاشتعال الذاتي هي متبقيات تكرير البتروول الثقيلة "الفار والسناج وغيرها". فدرجة الاشتعال الذاتي للمنتجات البترولية المنخفضة الغليان أعلى من درجة الاشتعال الذاتي للمنتجات العالية الغليان. وتبلغ درجة الاشتعال الذاتي للمتبقيات البترولية 300م - 350م، وللكيروسين أعلى من 400م، وللجازولين أعلى من 500م .

أما درجة وميض الجازولين، فهي أقل من - 18م، معنى ذلك أنه في درجات الحرارة العادية يكون تركيز بخار الجازولين أعلى بكثير من تركيز الهواء في حيز مغلق، وبالتالي لن يشتعل الجازولين. أما المنتجات البترولية التي تتراوح درجة وميضها بين 30 و 60 م، فيجب الاحتياط من خطورة اشتعالها، حيث إنه في خلال هذا المدى من درجات الحرارة يتم إنتاج هذه المنتجات ونقلها وتخزينها .

5.معامل الانكسار.

تتغير سرعة الأشعة الضوئية واتجاهها عند انتقالها من وسط إلى آخر، وتسمى هذه الظاهرة بـ "انكسار الشعاع". ويطلق اسم "معامل الانكسار" على النسبة بين زاوية سقوط الشعاع وزاوية الانكسار. ويدخل في تركيب البتروول والمنتجات البترولية طوائف أيدروكربونية مختلفة ذات معاملات مختلفة للانكسار. فأيدروكربونات السلسلة البارافينية ذات معامل انكسار قليل يليها

الأيدروكربونات النفثينية ثم الأروماتية، ويزداد معامل الانكسار بازدياد الوزن الجزيئي للأيدروكربونات. ويستخدم جهاز خاص لتعيين معامل الانكسار يطلق عليه اسم "مقياس انكسار الأشعة" (refractometer) "

معالجة البترول

يصاحب البترول أثناء خروجه من البئر غازات وأملاح ومياه وشوائب ميكانيكية "رمال وطين"، ولذا يجب فصل هذه الأشياء جزئياً في الحقل، و كلياً بعد ذلك في معمل التكرير .

ويتم فصل الغازات المصاحبة في حقول البترول في أجهزة خاصة "مصايد"، ثم تدفع إلى وحدة الجازولين لفصل المكثفات الخفيفة، التي تكون غالباً مصاحبه للغازات، والتي يتم فصلها بتكثيفها وتسمى "الجازولين الطبيعي". ثم يدفع الخام بعد ذلك إلى مستودعات ترسيب، حيث يتم فصل الشوائب الميكانيكية بالترسيب. بعد ذلك يتم نزع الأملاح من البترول عن طريق غسل الأملاح بالماء العذب، ثم ينزع الماء بعد ذلك من البترول. ويعالج البترول المحتوي على نسبة كبيرة من الأملاح بواسطة

10 - 15% من الماء مرتين أو ثلاث مرات. ويفصل الماء من البترول في بعض الأحيان بسهولة نسبياً. ولكن غالباً ما يكون مستحلبات ثابتة مع البترول صعبة الفصل، خصوصاً خلال عمليات الضخ والنقل في أنابيب بسرعة كبيرة مما يصعب التخلص منه.

إعداد البترول للتكرير

1. طرد الغازات وتثبيت البترول في الحقول

إنّ الغاز الذي يصاحب البترول أثناء خروجه من البئر، يجب فصله عن البترول. ويتم هذا الفصل في حقول البترول في أجهزة خاصة "مصايد"، وذلك بواسطة خفض سرعة حركة مخلوط البترول والغاز. وتستخدم طريقة فصل الغاز على عدة مراحل في حالة وجود ضغط عال في البئر .

ولا يكفي فصل الغاز فقط من البترول، إذ يتبقى بعد الفصل كثير من القطفات الخفيفة التي قد تتبخر أثناء التخزين في المستودعات وصب البترول في الصهاريج... إلخ. ولذلك فمن المستحسن تثبيت البترول في الحقول، وخاصة إذا كان البترول المستخرج يحتوي على كثير من القطفات الخفيفة، ويراد نقله لمسافات بعيدة .

ويتلخص تثبيت البترول في فصل القطفات الخفيفة والغازات الذائبة عن الخام. وتوجه لهذا الغرض أبخرة القطفات الخفيفة والغاز بعد مرورها خلال مكثف إلى فاصل الغاز gas separator ، حيث يفصل الغاز ويدفع بواسطة مضخة إلى شبكة الغاز أو إلى مصانع معالجة الغاز. ويوجه البترول المثبت إلى المصانع للتكرير .

ويتضح مما سبق أن البترول بعد الحصول عليه من الآبار، يجب أن يخضع لمعالجة إعدادية لتوفير درجة نقاوته المطلوبة .

3. المستحلبات البترولية :

هناك نوعان من المستحلبات البترولية: "الماء في البترول"، مستحلبات أيروفوبية hydrophobic ، و "البترول في الماء"، مستحلبات أيروفيلية hydrophilic.

ومستحلبات النوع الأول أكثر انتشاراً من النوع الثاني. وفي مستحلبات النوع الأول يوجد الماء في البترول على صورة كمية لا حصر لها من القطرات المتناهية في الصغر. أما في مستحلبات النوع الثاني فيكون البترول على صورة قطرات مفردة معلقة في الماء .

وتتلخص عملية تكوين المستحلبات في الآتي: على الحد الفاصل بين سائلين لا يختلط بعضهما ببعض، وأحدهما مشتت في الآخر على صورة جسيمات صغيرة جداً، تتراكم مادة ثالثة ضرورية لتكوين المستحلب وتسمى بالعامل المستحلب أو مثبت المستحلب. ويذوب العامل المستحلب في أحد السائلين مكوناً ما يشبه الغشاء. ويحجب هذا الغشاء قطرات المادة المشتتة ويمنع اندماجها. وهذه العوامل المستحلبة في البترول هي الراتنجيات والأسفلتينات وصابون الأحماض النفطية والأملاح. وعلاوة على المواد المذكورة، تؤثر الشوائب الصلبة المختلفة المشتتة في أحد الأطوار على ثبات المستحلب .

والعوامل المستحلبة إما أيروفيلية أو أيروفوبية. وتعدّ المواد الراتنجية الأسفلتية والأحماض النفطية الموجودة في البترول مركبات طبيعية وعوامل مستحلبة أيروفوبية. أما الصوابين الصوديومية والبوتاسيومية التي تتكوّن أساساً من تفاعل الأحماض النفطية الموجودة في البترول مع أملاح المعادن الذائبة في ماء الحفر، فهي عوامل مستحلبة أيروفيلية. وتتمتع نفثينات Ca, Al, Fe, Mg بخواص أيروفوبية. والمعلقات الصلبة عديمة النشاط السطحي، إلا أن تراكمها على السطح البيني، interface، بين البترول والماء يجعل الغشاء أكثر متانة والمستحلب أكثر ثباتاً. ويعتمد تكوين المستحلبات من النوعين المذكورين أعلاه على وجود هذا النوع أو ذلك من العوامل المستحلبة والمثبتة .

ويكون المستحلب المتكون من خلط الماء والبترول ذا طابع "بترول في الماء" إذا كان المثبت يذوب في الماء. أما إذا كان المثبت يذوب في الوسط الأيدروكربوني فيتكون المستحلب من نوع "ماء في البترول".

4. الطرق الصناعية لإزالة استحلاب البترول :

هناك نوعان من المستحلبات البترولية "الماء في البترول" و "البترول في الماء"، يتضح مما تقدم أن سبب ثبات المستحلب البترولي يكمن في وجود غشاء متين واق على سطح القطرات. ويتلخص هدم المستحلبات في تحطيم الأغشية التي تمنع اندماج القطرات، والسبب الآخر لثبات المستحلبات هو تراكم شحنات الكهرباء الاستاتيكية على سطح قطرات الماء والمعلقات الصلبة. فتحث تأثير شحنات الكهرباء الإستاتيكية يحدث تنافر متبادل يمنع اندماج قطرات الماء. تتلخص عملية إزالة الاستحلاب في تحطيم المستحلب. وفي أغلب الأحوال، يمكن تقسيم هذه العملية إلى مرحلتين :

أ. تحطيم الأغشية الواقية واندماج قطرات الماء المعلقة إلى الحجم الذي يسمح بترسبها فيما بعد.

ب. ترسب القطرات الموحدة وفصل الماء عن البترول.

ويُزال استحلاب البترول في الظروف الصناعية تحت تأثير المواد المانعة للاستحلاب ودرجات الحرارة والمجال الكهربائي، كما يمكن استخدام التأثير المشترك لهذه العوامل. وهناك أيضاً طرق أخرى لتحطيم المستحلبات، مثل الطرد المركزي "الترشيح" واستخدام الإلكتروليتات. ولا تستخدم هذه الطرق على نطاق واسع؛ نظراً لقلّة فعاليتها أو لصعوبة تحقيقها .

وتُزال الاستحلابات بالطرق الآتية :

أ. الطرق الميكانيكية :

وتتم بالترويق أو الطرد المركزي أو الترشيح، ولكن لا تستخدم هذه الطرق على نطاق واسع .

ب. الطرق الحرارية :

تتم بتسخين المستحلب، وخلال ذلك تتمدد الطبقة المثبتة للمستحلب، وتتكسر، وبالتالي تتجمع قطرات الماء وتتدمج. وتتخلص الطريقة الحرارية لنزع الماء في تسخين البترول وترويقه في الخزانات. وتستخدم هذه الطريقة لمعالجة المستحلبات غير الثابتة فقط، وهي تؤدي إلى فقد كمية كبيرة من قطرات البترول الخفيفة في حالة الإحكام غير الكافي .

ج. الطرق الكيميائية :

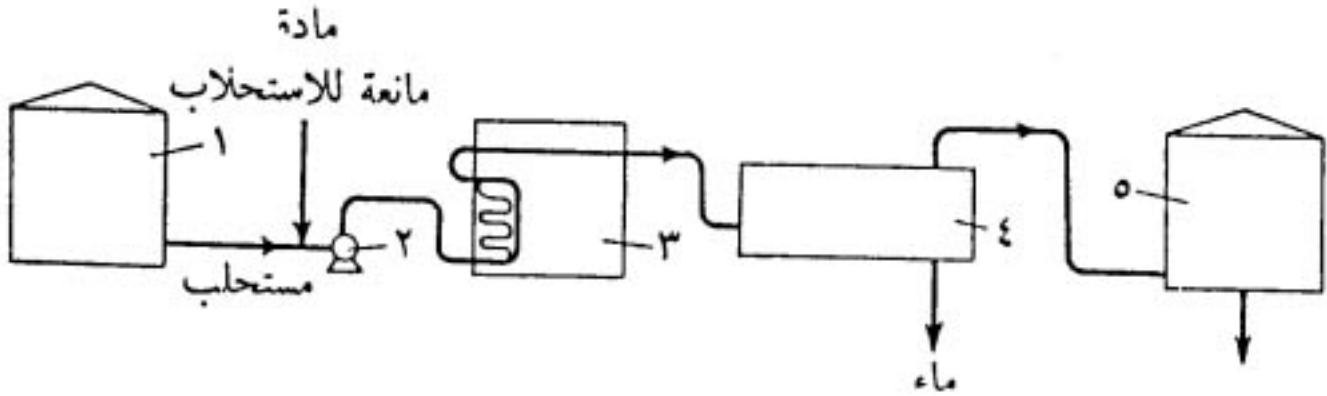
باستخدام مواد كيميائية مانعة للاستحلاب تكون رخيصة وذات فعالية كافية، وهذه المواد تضعف الغشاء المغلف لقطرات الماء .

د. الطرق الكيميائية الحرارية :

وفيها تستخدم مواد كيميائية مانعة للاستحلاب، وذلك خلال عملية تسخين المستحلب البترولي. ويمكن استخدام الطريقة الكيميائية الحرارية لإزالة الاستحلاب بنجاح، إذا وجدت مادة مانعة للاستحلاب تكون رخيصة وذات فعالية كافية، ويسهل الحصول عليها ونقلها، ولا تسبب التحات الكيميائي للأجهزة. كما يجب، علاوة على ذلك، أن تختلط المادة المانعة للاستحلاب بالسائل الذي توضع فيه، لكي تتم الطريقة الكيميائية الحرارية لإزالة الاستحلاب كالآتي :

يخلط المستحلب البترولي مع المادة المانعة للاستحلاب مباشرة، في مضخة طاردة مركزية، تضخ الخام إلى وحدة إزالة الاستحلاب. وتدفع المادة المانعة للاستحلاب بواسطة مضخات مجزئة إلى خط سحب مضخات الخام. ويسخن المخلوط في مبادلات حرارية أو في فرن أنبوبي بواسطة البخار، أو تيار من المنتج البترولي الساخن، أو بواسطة النار إلى درجة 70-75°م. ويؤدي التلامس بين المادة المانعة للاستحلاب وبين المستحلب، أثناء تحركهما في الأنابيب، إلى تحطيم الأغشية الواقية. ويدخل المستحلب المحطم بعد ذلك في وعاء نزع الماء أو في خزان حيث يفصل الماء عن البترول. ويوضح (الشكل الرقم 7) (الرسم التخطيطي لعملية إزالة الاستحلاب .

مخطط عملية إزالة الاستحلاب بالطرق الكيميائية الحرارية



١ ، ٥ - خزانات ، ٢ - مضخة ، ٣ - فرن ، ٤ - مروق .

وعيوب الطريقة المذكورة لإزالة الاستحلاب هي :

أ . استهلاك كمية كبيرة من المواد المانعة للاستحلاب.

ب. فقد قطرات البنزين الخفيفة.

ج. ضرورة استخدام عدد كبير من الخزانات.

د. تلويث المياه الصناعية المستهلكة بأملح السلفا... إلخ.

ولإقلال من زمن الترويق واستهلاك المادة المانعة للاستحلاب، يدفع المستحلب في مستودع به وسادة من الماء المفصول من المستحلب، والذي يحتوي على كمية من المادة المانعة للاستحلاب .

وقد انتشر استخدام طريقة كيميائية حرارية أكثر تطوراً لنزع الماء من البترول، وهي تسمح بالإقلال من الفاقد. ويتم الترويق في هذه الطريقة في أجهزة محكمة (أوعية خاصة لنزع الماء تعمل تحت الضغط).

ويسخن البترول الاستحلابي في حالة الترويق في أجهزة محكمة إلى درجة 150-155°م في مبادلات حرارية أو في أفران، ثم يدخل بعد ذلك في أوعية نزع الماء حيث يحفظ الضغط مساوياً لـ 8 ضغط جوي .

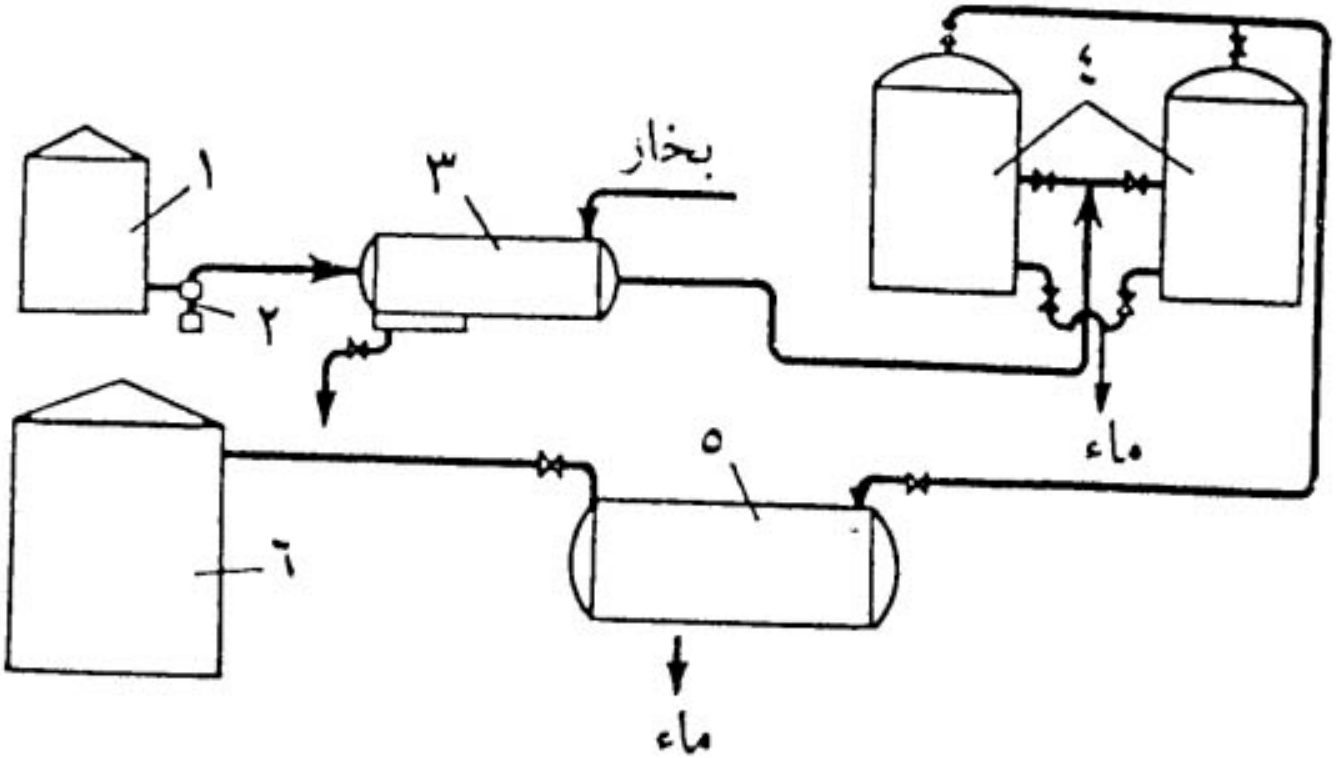
ويتم في أوعية نزع الماء انفصال البترول عن الماء وإبعاد الأخير. ويمر البترول المنزوع منه الماء خلال مبادلات حرارية حيث يبرد إلى درجة 80-90°م بواسطة تيار مضاد من البترول الاستحلابي البارد. وتستخدم هذه الطريقة الكيميائية الحرارية المطورة لإزالة استحلاب البترول، عند تحطيم المستحلبات الثابتة للخامات البترولية الثقيلة .

هـ. الطرق الكهربائية :

وتطبق حالياً على نطاق واسع لنزع الماء والأملاح من البترول. وفي هذه الطريقة يؤثر في المستحلب مجال كهربائي ذو جهد عال وتردد صناعي، فتتحرك قطرات الماء المشحونة تحت تأثير هذا المجال وتنتج إلى الإلكتروادات. ويتغير اتجاه حركة القطرات مع تردد المجال، الأمر الذي يؤدي إلى تصادم القطرات بالإلكتروادات مما يساعد على اندماجها .

ويوضح (الشكل الرقم 8

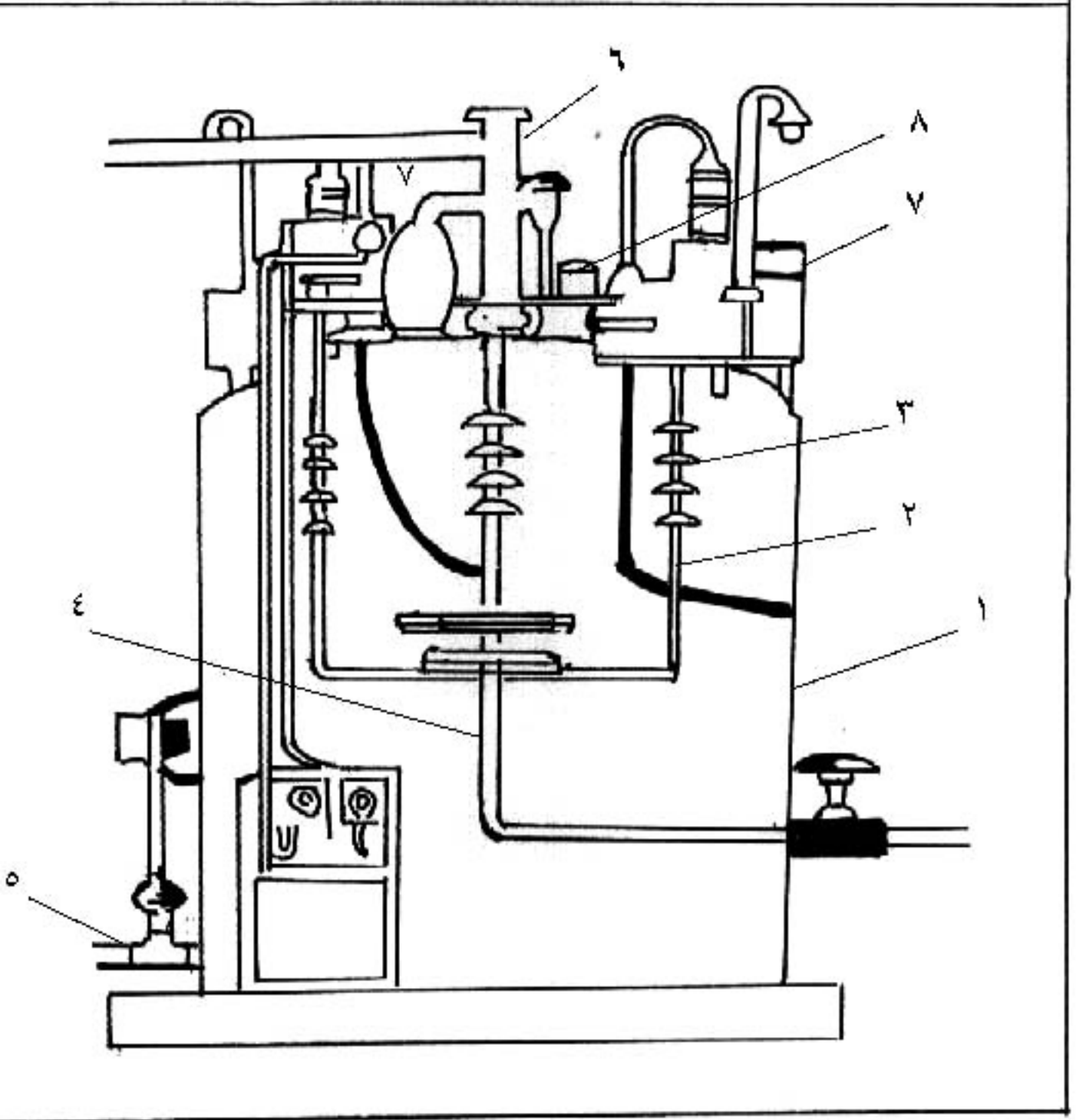
مخطط وحدة لازالة استحلاب البترول ونزع أملاحه



(، الرسم التخطيطي لوحدة إزالة الاستحلاب. يسحب المستحلب من خزان الخام 1 ، بواسطة المضخة 2، ويدفع إلى المبادل الحراري 3، حيث يسخن بالبخار "أو إلى فرن أنبوبي حيث يتم التسخين بواسطة النار" ثم يدخل في أوعية نزع الماء بالكهرباء

4، وتعمل هذه الأوعية على التوازي. ويحدد عدد أوعية نزع الماء بالكهرباء وفقاً لإنتاجية الوحدة. ويصرف الماء المفصول في أوعية نزع الماء بالكهرباء إلى مجاري التصريف عن طريق خط التصريف. ويدخل البترول المفصول عن الماء وعاء الترويق الإضافي 5، ثم في المستودع 6. ويوضح ([الشكل الرقم 9](#))

وعاء نزع الماء بالكهرباء



1- جسم وعاء نزع الماء ، 2- الاكترودات ، 3- العوازل

4- أنبوبة التغذية ، 5- مخرج الماء ، 6- منظم بعوامة

7- محول ، 8- صمام أمان

تركيب جهاز نزع الماء بالكهرباء. وهذا الجهاز وعاء أسطواني رأسي تعلق فيه الإلكتروودات أفقياً على عوازل خزفية. وتتكون هذه الإلكتروودات من حلقات من الصلب متحدة المركز. ويمكن عند الضرورة تغيير المسافة بين الإلكتروودات .

ويدخل المستحلب الساخن خلال الأنابيب ويتجه خلال رأس التوزيع إلى الفراغ بين الإلكتروودات حيث يتم تحطيم المستحلب .

وتنظم التغذية بالمستحلب عن طريق تغيير الخلوص رأس التوزيع بواسطة صاحب معدني موضوع خارج وعاء نزع الماء .

وتتصل الإلكتروودات بالملفات الثانوية لمحول موضوع على سقف الجهاز بواسطة سلك خلال مادة عازلة. ويصرف الماء المفصول عن البترول عن طريق أنبوبة، ويصفي البترول في الجزء العلوي من الجهاز ويسحب خلال أنبوب استصفاء بواسطة منظم أتوماتي بعوامة. ويتصل المنظم ذو العوامة بمفتاح كهربائي، يقطع التيار حالة انخفاض منسوب السائل. وفي الجزء العلوي من الجهاز صمام أمان للتخلص من الضغط الزائد .

والجهاز يعمل تحت ضغط 25 ضغط جوي ودرجة 68-80°م. وتستخدم هذه الوحدات معالجة المستحلبات البترولية التي تزيد نسبة الماء فيها عن 20 %.

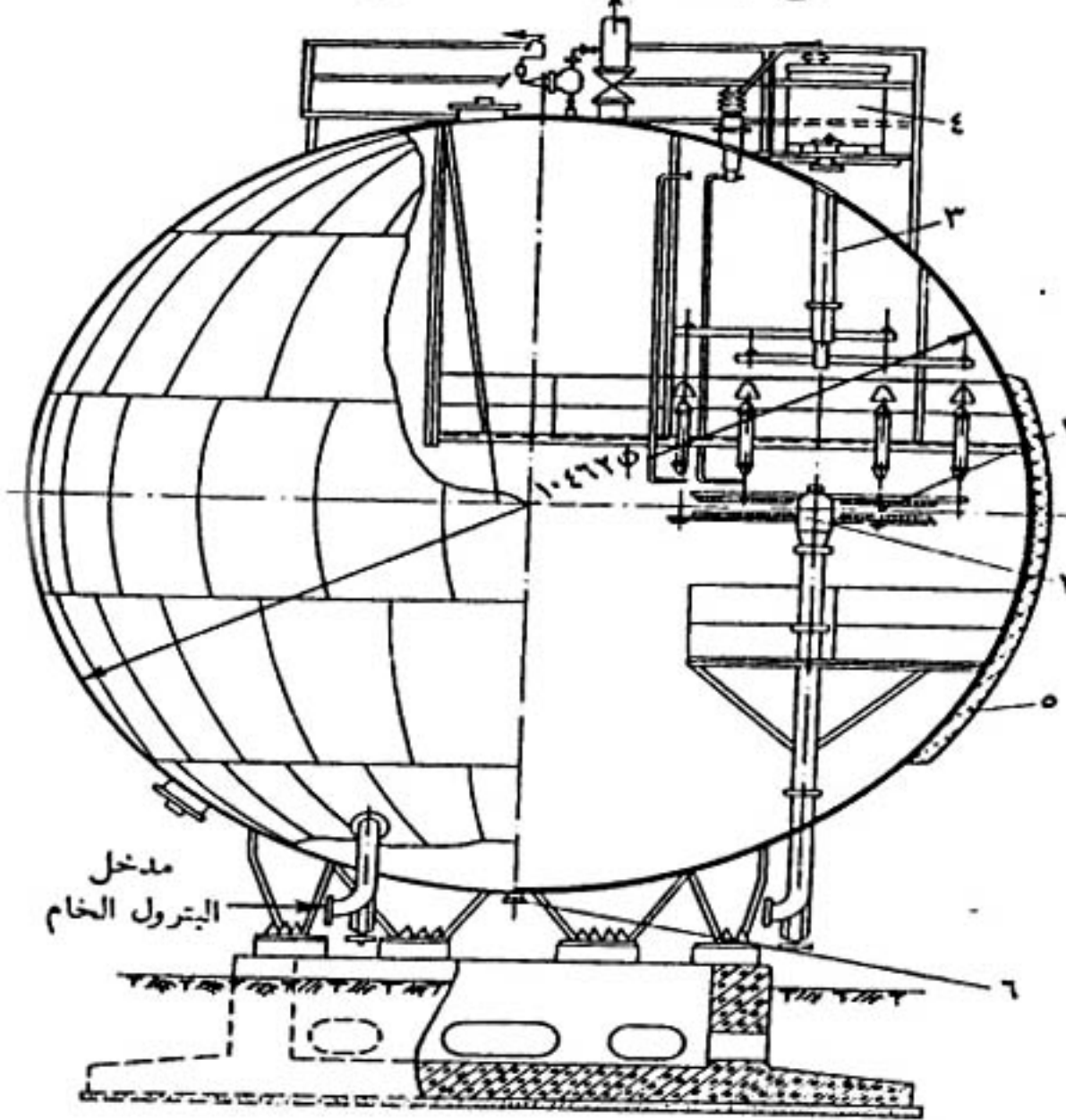
وأهم عيوب وحدات نزع الماء بالكهرباء هي :

1. انخفاض إنتاجيتها وخاصة إذا كان المستحلب يحتوي على كمية كبيرة من الماء .
2. صعوبة المحافظة على نظام التشغيل في حالة تغير نسبة الماء في المستحلب .

ويستخدم الوعاء الكروي لنزع الماء بالكهرباء، والذي تبلغ سعته 600 م³ في الوحدات الحديثة الضخمة لنزع الأملاح بالكهرباء. وتزيد إنتاجية هذه الأجهزة كثيراً عن إنتاجية الأجهزة السابقة. وطبقاً للمعلومات الموجودة، يستطيع الوعاء الواحد من هذا النوع من أوعية نزع الماء بالكهرباء معالجة 6500 - 6000 طن من الخام في اليوم .

الوعاء الكروي لنزع الماء بالكهرباء

منخرج البترول المنزوعة منه الاملاح



١ - الاكترودات ، ٢ - رأس التوزيع ، ٣ - جهاز لضبط المسافة بين الالك
٤ - محول ، ٥ - عازل حرارى ، ٦ - انبوب الصرف .

(مخطط الوعاء الكروي لنزع الماء بالكهرباء . ويوضح)

5. إزالة الأملاح :

التسخين بواسطة البخار المنصرف. ويتجه البترول الخارج من المسخن إلى مروق نزع الأملاح بالطريقة الكيميائية الحرارية. وتضاف مادة مانعة للاستحلاب إلى البترول الساخن قبل دخوله إلى المروق، ويمر كل تيار بصمام خلط لتوفير التلامس التام بين المادة المانعة للاستحلاب وبين البترول. ويدخل تيارا البترول الخارج من مرويقي نزع الأملاح بالطريقة الكيميائية الحرارية في المجمع الأول لنزع الأملاح بالكهرباء، ويدفع إلى كل من التيارين ماء قلوي مسخن إلى درجة 70 - 80 م لغسل الأملاح. يتحد البترول الخارج من المجمع في تيار واحد، لينتج إلى المرحلة الأولى لأجهزة نزع الماء بالكهرباء، ثم إلى المرحلة الثانية. ويدفع ماء قلوي في البترول المنزوعة منه الأملاح جزئياً قبل الدخول في المرحلة الثانية لأجهزة نزع الماء بالكهرباء. ويتجه البترول - بعد المرحلة الثانية لنزع الأملاح بالكهرباء - إلى وعاء تجميع .

وقد انتشر في العالم في السنوات الأخيرة استخدام الأوعية الأفقية لنزع الماء بالكهرباء التي تعمل عند درجة 135 - 150 م وتحت ضغط يبلغ 20 - 24 كجم/سم². وتتميز هذه الأجهزة بإمكانية المحافظة على ضغوط ودرجات حرارة عالية، وكذلك بصغر ارتفاع الفصل؛ مما يوفر فصلاً أحسن للماء عن البترول بالمقارنة مع الأوعية الكروية لنزع الماء .

تستطيع أن تتفاعل بسهولة مع الغشاء الواقي لقطرات الماء .

لفصل الثاني

عمليات تكرير البترول

زيت البترول الخام، كما يخرج من باطن الأرض، هو خليط من العديد من المكونات الأيدروكربونية المختلفة، وكل من هذه المكونات يمكن حرقها، ولهذا كان زيت البترول الخام مصدراً رائعاً للوقود، وبالإضافة إلى ذلك، فإن هذه المكونات - في الوقت نفسه - هي مصدر كل احتياجاتنا تقريباً من زيوت التزيت، ناهيك عن آلاف المنتجات الأخرى، ابتداء من مستحضرات التجميل إلى الألياف الصناعية والمطاط الصناعي والبلاستيك وغير ذلك. وبصفة إجمالية، تعرف العمليات المختلفة، التي يتم بواسطتها إنتاج معظم هذه المنتجات باسم عمليات التكرير .

فالتكرير هو العمليات الضرورية التي يمكن بها معالجة الزيت الخام، واستخلاص المركبات العديدة المرغوب فيها منه، وتحويلها إلى منتجات صالحة للاستهلاك، إذ ليس من الممكن استعمال زيت البترول الخام بالصورة التي يوجد بها باطن الأرض. والمقصود بالتكرير تكسير الزيت الخام إلى مكوناته وجزئياته الأصلية المكونة من الأيدروجين والكربون، وإعادة ترتيبها لتكون مجموعات تختلف عن الموجودة في الزيت الخام، أي تصنيعها إلى منتجات نهائية صالحة للاستخدام. ويختلف تأثير التسخين على الأجزاء المتعددة للأيدروكربونات، فبعضها إذا فصل من الزيت الخام، يصير غازياً، وبعضها يصبح سائلاً والبعض الآخر صلباً. ولكل منها درجة غليان مختلفة، وتستعمل هذه الخاصية في التكرير .

وهناك ثلاث عمليات رئيسة للتكرير، هي :

1. العمليات الفيزيائية "الفصل Separation"
2. العمليات الكيميائية "التحويل Conversion"
3. المعالجة أو التنقية Treatment

القسم الثالث: العمليات الفيزيائية "الفصل Separation"

عمليات الفصل الأكثر شيوعاً هي :

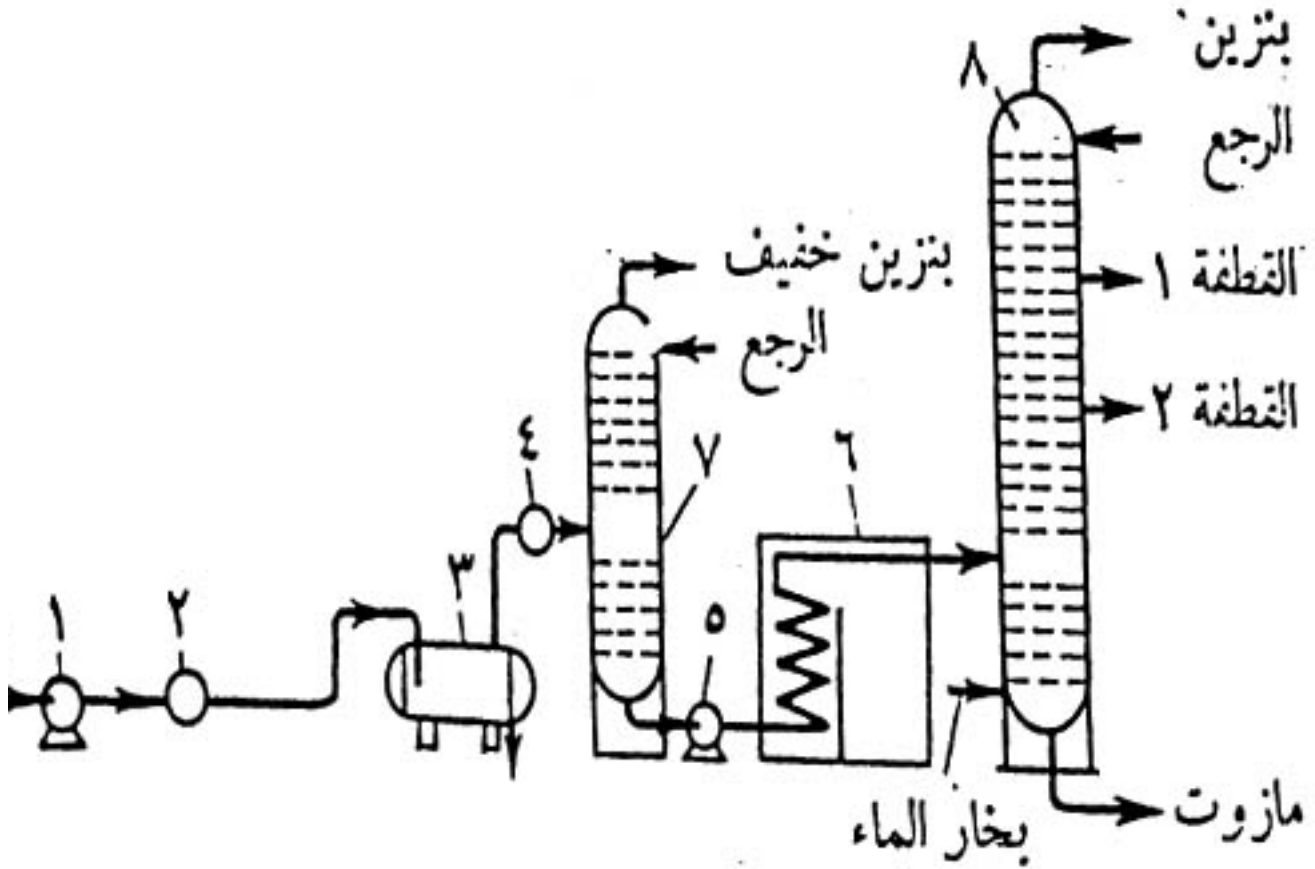
1. التقطير، وفيها تفصل الجزيئات الأخف ذات درجات الغليان المنخفضة - بواسطة الغليان والتكثيف .
2. الاستخلاص بالمذيبات، وفيها تفصل أنواع مختلفة من مواد خليط من بعضها، باستخدام مذيب يمكن فصل بعضها دون الأخرى .
3. التبريد، وفيه يتسبب تبريد الخليط في تصلب أجزاء معينة من المواد، وانفصالها من السائل .

التقطير .

يتم التقطير بواسطة أجهزة التقطير وهي نوعان :

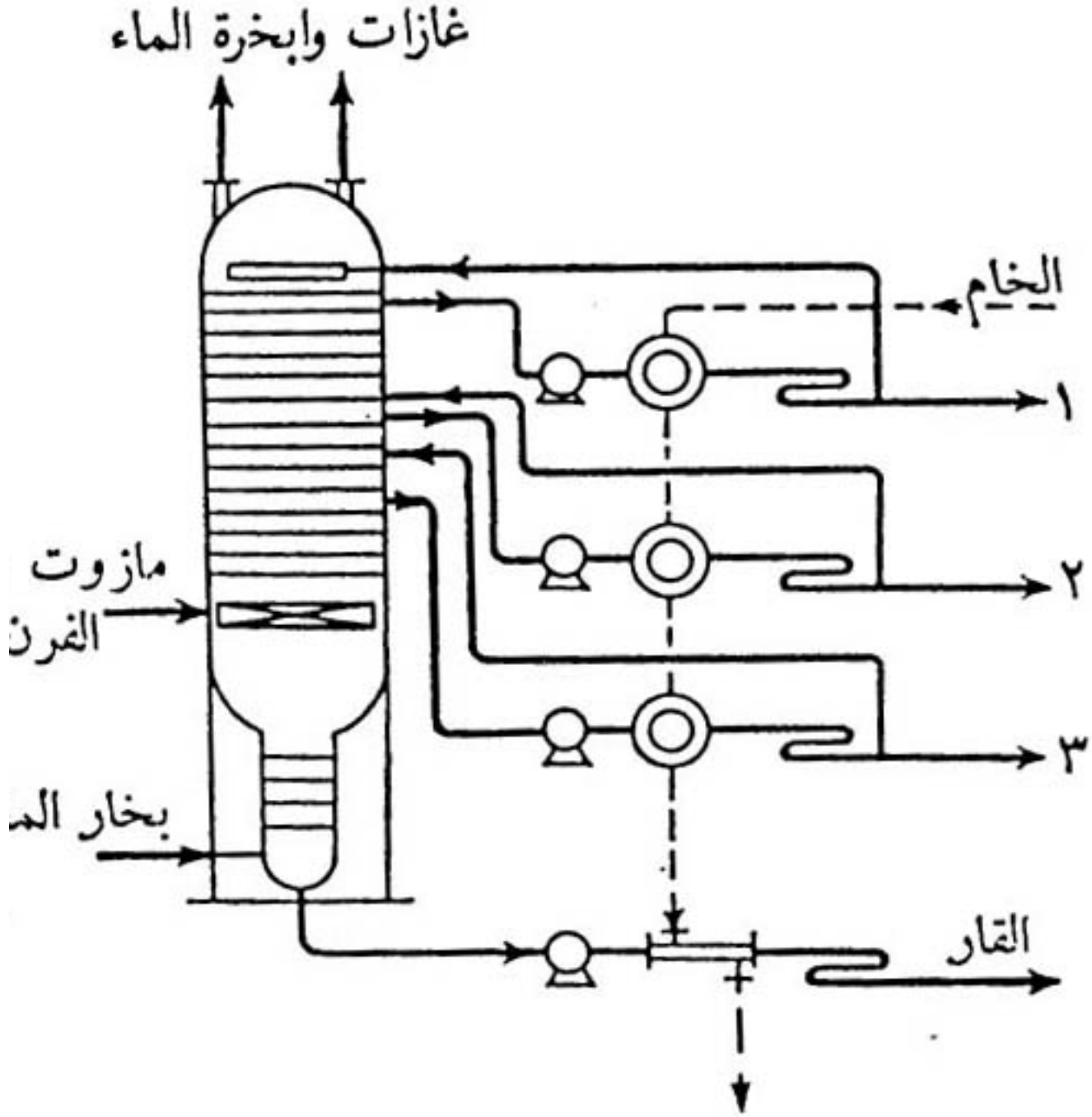
*أجهزة التقطير الابتدائي أو الجوي (الشكل الرقم 12).

التقطير الابتدائي (الجوي)



*أجهزة التقطير تحت ضغط مخلخل "تفريغي" (.الشكل الرقم 13).

التقطير تحت ضغط مخلخل (تفريغي)



وفي أجهزة التقطير الابتدائي، تتم عمليتا التبخير والتكثيف في أبراج التجزئة تحت ضغط مساو للضغط الجوي أو أعلى قليلا. وتعطينا هذه الأجهزة ستة منتجات رئيسة هي: البوتاجاز، والجازولين، والكيروسين، والسولار، والديزل، والمازوت. أما في أجهزة التقطير تحت الضغط المنخفض أو المخلخل، فتتم عمليتا التبخر والتكثيف تحت ضغط يقل عن الضغط الجوي، وأهم منتجاتها الإسفلت، وزيت التزييت والشحومات .

1. التقطير الابتدائي :

يغلي الماء في درجة معينة تعرف بـ"نقطة الغليان" ويغلي خليط من سائلين قابلين للامتزاج عند درجة تقع بين نقطتي غليان كل منهما. ولكن السائل ذو درجة الغليان المنخفضة يتبخر أسرع من السائل الآخر، وبالتالي تكون نسبته المئوية في البخار أكثر من نسبته المئوية في المزيج السائل. وعند تكثيف بخار الخليط ينتج مزيج تزد فيه نسبة السائل ذي نقطي الغليان المنخفضة. وباستمرار عملية غليان المزيج، تنقص فيه نسبة السائل ذي نقطة الغليان المنخفضة تدريجياً. وعندئذ ترتفع نقطة غليان المزيج حتى يكاد البخار لا يحتوي إلا على السائل ذي نقطة الغليان المرتفعة.

وهذه العملية نطلق عليها "التقطير" وبواسطتها يمكن تقسيم المزيج تقريباً إلى المادتين اللتين يتكون منهما. وهذه هي الطريقة التي تتبع في التقطير الابتدائي للزيت الخام بهدف فصله إلى المجموعات الأيدروكربونية التي يتكون منها.

وتعد هذه العمليات الخطوة الأولى التي تستخدم في معاملة تكرير البترول لفصل الزيت الخام إلى مكوناته الأساسية الستة السابق ذكرها.

ولكل مجموعة من المواد الهيدروكربونية مدى غليان محدد. ونظراً لأن الزيت الخام يتكون من جزيئات هيدروكربونية بعضها صغير ذو درجات غليان منخفضة، والبعض الآخر كبير ذو درجات غليان مرتفعة، فإنه يمكن تجزئه الزيت الخام إلى "قطفات"، تكون كل منها مجموعة مكونات أيدروكربونية، وذلك بتسخينه. وتتم عملية التقطير الابتدائي على النحو التالي:

أ. يرفع زيت البترول الخام بالمضخات من مستودعاته إلى فرن، فيتبخر تبخراً جزئياً. ويمر البخار إلى برج التجزئة، ويرتفع تدريجياً خلال صواني البرج، وكلما ارتفع البخار انخفضت درجة حرارته، وتكثف جزء منه على كل "صينية" من "الصواني" التي يتكون منها برج التجزئة. فإذا ما امتلأت إحدى الصواني، فاض ما عليها من سائل زائد، وسقط على الصينية التي تليها. وتكون كل صينية، عادة، أقل حرارة من التي تحتها، أي أنه كلما كان موقع الصينية مرتفعاً كانت المواد المتجمعة عليها أقل كثافة، وكلما اخترقت فقاعات البخار سائلاً على إحدى هذه الصواني، من خلال حاجز الفقايغ، تكثف من البخار ذلك الجزء الذي له مدى غليان السائل الموجود على هذه الصينية نفسه، أما المواد الخفيفة التي قد تكون مختلطة بالسائل فإنها تنفصل على شكل مرة أخرى، وتنتقل إلى الصينية التي تعلوها.

ب. ويمكن التحكم في درجة حرارة برج التجزئة بتمرير السائل الموجود في أسفل البرج، في فرن لجليه من جديد، كما يمكن التحكم في درجة الحرارة أعلى البرج بإعادة دفع جزء معين من المنتج الذي يخرج من هذه المنطقة بعد تكثيفه، وتسمى هذه العملية "الارتداد"، ومع أنه يتجمع على كل صينية من صواني برج التجزئة سائل له مدى غليان يختلف قليلاً، فإن جزءاً معيناً من المنتج سوف يكثف، رغم أن مدى غليانه أقل من مدى غليان معظم السائل المتجمع على الصينية. وعندئذ يتم سحب السائل من صواني خاصة إلى أعلى أبراج جانبية. وفي هذه الأبراج يفيض السائل مجتازاً عدداً قليلاً من الصواني، بينما تطرد الأبخرة المتصاعدة المواد الأقل كثافة. وبذلك يتحدد مدى غليان السائل المنتج، وتعود الهيدروكربونات التي تطرد بالغليان إلى البرج الرئيس. وباستخدام أبراج التنقية الجانبية، يمكن الحصول على الجازولين والكيروسين والسولار من الزيت الخام بدون الحاجة إلى تقطير آخر.

ج. والمنتجات الرئيسية التي تؤخذ من برج التقطير تحت الضغط الجوي هي: الغازات البترولية الخفيفة، التي تستخدم في صناعة الأسمدة، والبوتاجاز والجازولين الذي يستخدم في إنتاج بنزين السيارات، والكيروسين ووقود النفاثات، والسولار، والديزل، وزيت الوقود "المازوت" الذي يستخدم وقوداً أو تغذية لعملية التقطير تحت الضغط المخلخل.

2. منتجات التقطير الابتدائي:

أ. الغازات البترولية المسالة (L.P.G.) : Liquefied Petroleum gases

هي خليط من غازي البروبان والبيوتان، اللذان يمكن تحويلهما إلى سائل تحت الضغط. ويمكن الحصول عليهما من الغاز الطبيعي، أو من وحدة الجازولين الطبيعي، وكذلك من وحدة التقطير الابتدائي. وهي تعتبر وقوداً منزلياً مهماً البوتاجاز"، وكذلك تستخدم مواد وسيطة في الصناعة البترولية. ويجب الاهتمام بإزالة غاز كبريتيد الأيدروجين منها؛ حيث إنه يسبب مشكلات التآكل. ويتم الحصول من أجهزة التقطير أيضاً على غازي الميثان والأيثان. وهي غازات غير قابلة للتكثيف تحت الضغط الجوي، وتستعمل صناعة الأسمدة.

ب. الجازولين "البنزين": Gasoline

هي القطفة البترولية التي يصل مدى غليانها حتى 150 م، وهي خليط من الأيدروكربونات من C_4 حتى C_{12} ، والجازولين غني بالبارافينات العادية والمتفرعة، وكذلك النافثينات وحيدة الحلقة، التي من الممكن أن تكون لها سلاسل جانبية صغيرة، كذلك توجد الأيدروكربونات الأروماتية "العطرية" مثل البنزول والتولوين والزيلين، وأيضاً يوجد إيثيل البنزول. أما بالنسبة لمركبات الكبريت، فتوجد المركبتانات بصفة رئيسية وأحادي الكبريتيد. كذلك يوجد في الجازولين الأحماض الأليفاتية القصيرة والفينولات. وفصل مركب مفرد من الجازولين عملية صعبة وغير ممكنة نظراً لكثرة عدد الأيزومرات .

ج. الكيروسين: Kerosine

هو المنتج الرئيس لعملية التكرير من حيث حجم الإنتاج، ويستخدم في الإضاءة وكذلك يستخدم وقوداً منزلياً للطبخ والتدفئة، ومكوناً أساسياً لوقود النفاثات. ويشمل القطفة البترولية ذات مدى الغليان من 150 - 250 م، ويحتوي على البارافينات من C_{12} حتى C_{16} ، كذلك النافثينات ثنائية الحلقة والأيدروكربونات العطرية أحادية الحلقة ذات السلسلة الجانبية الطويلة، مع العطريات ثنائية الحلقة والمركبتانات الحلقية، وتوجد الأحماض النفثينية مع الأحماض الأليفاتية في الكيروسين .

د. السولار "وقود الغاز (solar Gas Oil)"

هو القطفة البترولية التي تغلي من 250 م حتى 350 م، وتحتوي على البارافينات من ذرة الكربون 17 حتى الكربون 20 ($C_{17}-C_{20}$)، والنافثينات ثنائية الحلقة مع العطريات أحادية الحلقة، التي بها عدد كبير من السلاسل الألكيلية الجانبية، وكذلك العطريات ثنائية الحلقة. وتوجد الأنواع المختلفة من المركبات الكبريتية. كذلك المركبات النتروجينية القاعدية وغير القاعدية، وكذلك أمكن استخلاص الأحماض الدهنية من السولار. ويمكن الحصول على وقود محركات الديزل المختلفة من مقطرات الكيروسين والسولار مدى غليان 180 م حتى 360 م غالباً، وهي قطفات ذات مدى غليان ضيق حسب نوع محرك الديزل .

3. التقطير تحت الضغط المخلخل "التفريغ VACUUM DISTILLATION"

وتستخدم هذه الطريقة لتجزئة زيت الوقود الثقيل "المازوت" الناتج من عملية التقطير الابتدائي إلى بيتومين "إسفلت" ومواد أخرى "سولار ومقطرات شمعية"، وتستخدم أساساً في إنتاج زيوت التزيت والشحومات، كما يمكن استخدامها في عمليات التكسير الحراري أو بالعوامل المساعدة التي سيرد ذكرها فيما بعد .

والتقطير تحت الضغط المخلخل "التفريغ" يتيح خفض درجة الحرارة اللازمة لتبخير أكبر جزء من زيت الوقود الثقيل "المازوت" للحصول على الإسفلت؛ ذلك لأن درجة الحرارة التي يغلي عندها السائل ترتبط بالضغط الواقع عليه. إذ يمكن تخفيض نقطة غليان السائل بتخفيض الضغط الواقع عليه. وهذه العملية لتفادي عملية التكسير لو تم التقطير تحت الضغط الجوي، إذ إن درجة حرارة زيت الوقود الثقيل "المازوت" إذا ما ارتفعت إلى الدرجات العالية التي يتطلبها تقطيره تحت الضغط الجوي العادي، فإنه لن يتبخر فحسب، بل ينكسر إلى مكونات لها خواص مختلفة تماماً عن المنتج المطلوب. وتحقق هذه الطريقة خفضاً ملحوظاً في التكاليف .

وفي هذه الطريقة تستخدم أجهزة أو مضخات التفريغ Vacuum Pumps للاحتفاظ بضغط منخفض. كما تستخدم مضخات لرفع الزيت خلال فرن إلى برج التقطير تحت الضغط المنخفض، إذ إن التفريغ يحول دون سحب الزيت بالتدفق الطبيعي. ويتحول الزيت إلى بخار وينساب البيتومين "الإسفلت" إلى القاع، حيث يقابله بخار ماء ذو درجة حرارة عالية، يتسبب في دفع ما قد يكون عالماً بالإسفلت من مواد زيتية قليلة الكثافة إلى أعلى البرج .

وتخرج الأجزاء ذات الكثافة المنخفضة من أعلى البرج على شكل بخار مختلط ببخار الماء، ليمر على مكثف يكثفهما معاً، ثم يدخل المزيج من السولار والبخار المتكثفين إلى برج الاسترجاع، فترد الأبخرة بسحبها بالمضخات إلى أعلى صينية من صواني برج التجزئة. ويسحب الباقي باعتباره أحد المنتجات النهائية، ويتم سحب الغاز غير المتكثف من أعلى البرج بواسطة مضخات التفريغ .

وتسحب السوائل من برج التقطير على أبعاد مختلفة، ويمرر كل سائل برج تثبيت STABILIZER، لفصل المواد الخفيفة بالاستعانة ببخار الماء وإعادتها إلى البرج. أما الباقي فيبرد على حدة، وهو أساساً السولار والمقطرات الشمعية التي تصبح المادة الخام لصناعة زيوت التزيت والشحومات، كما يمكن استخدامها في عمليات التكسير بالعوامل المساعدة، ويتبقى البيتومين "الإسفلت" في قاع البرج .

وفي عملية التقطير تحت الضغط المنخفض، يمكن الاحتفاظ بالتوزيع الصحيح للحرارة بضبط درجة حرارة المازوت الداخل، كذلك بضبط كميات السولار المرتد الذي تعيده المضخات من برج الاسترجاع إلى البرج، أي يتم تسخين برج التقطير من أسفل إلى أعلى بواسطة المازوت، ويتم تبريده من أعلى إلى أسفل بتأثير الزيت المرتد الذي يسيل من صينية إلى أخرى .

4.نواتج التقطير تحت التفريغ :

أ. زيوت التزييت Lubricating Oils :

توجد في القطفة التي تغلي من 350 حتى 500 م، ويمكن تقسيمها إلى زيوت خفيفة تغلي في المدى 350 - 400 م، وزيوت متوسطة من 400 م إلى 450 م، وزيوت ثقيلة تغلي من 450 حتى 500 م .

وهذه القطفات تحتوي على خليط من الزيوت والشموع والإسفلت، وتختلف نسب هذه المركبات في زيوت التزييت حسب نوع الخام. فالخام ذو القاعدة البارافينية غالبًا لا يحتوي على الإسفلت، والخام ذو القاعدة الإسفلتية لا يحتوي غالبًا على الشموع. والبارافينات في زيوت التزييت تصل عدد ذرات الكربون بها حتى 42 ذرة كربون. والنافثينات ذات حلقات رباعية وخماسية، أما العطريات فهي وحيدة الحلقة حتى ثلاث حلقات، وبها سلاسل جانبية قصيرة. كذلك يمكن تواجد خمسة حلقات في المركبات العليا. وتوجد المركبات الكبريتية ذات الوزن الجزيئي الكبير في زيوت التزييت، كذلك توجد مشتقات الأحماض الكربوكسيلية .

ب. البيتومين "الإسفلت"

وهو المتبقي من عملية التقطير تحت التفريغ في الخام ذو القاعدة الإسفلتية .

الاستخلاص بالمذيبات Solvent Extraction:

يتم فصل مكونات الخام في عملية التقطير حسب درجة غليان كل قطفة، وحسب حجم الجزيئات، وليس حسب نوعها، أما في عملية الاستخلاص بالمذيبات، فيتم الفصل حسب النوع الكيميائي للجزيئات، مثل بارافينات أو عطريات أو نافثينات .

يدخل في نطاق عملية الاستخلاص بالمذيبات - التي تعد واحدة من عمليات الفصل المستخدمة في معامل تكرير البترول - عملية إنتاج زيوت التزييت وفيما يلي شرح مبسط لها :

سبق ذكر أن المقطرات الشمعية الناتجة من عمليات التقطير تحت الضغط المخلخل "التفريغي"، التي يمكن الحصول عليها من مستويات مختلفة من البرج، يمكن معالجتها لإنتاج زيوت التزييت. وكذلك بالنسبة للمتبقي في قاع البرج، وكل ذلك يتم في حالة معالجة الخامات البارافينية، فهذه المقطرات الشمعية تشكل المواد الأولية اللازمة لإنتاج زيوت التزييت الخفيفة والمتوسطة والثقيلة، كما يعد المتبقي في قاع البرج المادة الأولية اللازمة لإنتاج الزيوت المتبقية BRIGHT STOCKS ، ومن الضروري أن تكون هذه الزيوت على درجة عالية من النقاء، وأن تتوفر فيها المواصفات القياسية العالمية نظرًا لدورها الخطير في كافة الاستخدامات. ولتحقيق ذلك، يلزم معالجة المقطرات الشمعية والمتبقي، باستخدام مذيبات خاصة، لاستخلاص الشوائب من زيوت التزييت. ومن هذه المذيبات :

1. يستخدم البروبان لإزالة المواد الإسفلتية من المتبقي الثقيل في قاع البرج .
2. يستخدم مذيب الفورفورال ومذيب الفينول وغيرهما لتنقية المواد الخام من المركبات العطرية .
3. يستخدم مذيب البنزول والتولوين والميثيل أيثيل كيتون وغيرهما، لتخليص الزيوت من الشموع العالقة بها ويجري فصل الشموع من المستخلص بالتبريد .
4. تستخدم أنواع عديدة من الطفلة الطبيعية أو الصناعية، لتنقية الزيوت من الشوائب والألوان... إلخ، ويمكن الاستعاضة عن هذه العملية بالتنقية عن طريق المعالجة بالأيدروجين، وهو الاتجاه العالمي الآن .
5. للحصول على القطفات المطلوبة، تتم عمليات تقطير لكل من هذه المنتجات، وكذلك عمليات إضافة بعض القطفات لبعضها .
6. يتم إضافة إضافات معينة لكل نوع من الزيوت، لتحسين مواصفاته أو لمنع الأكسدة، وذلك قبل طرح الزيوت في الأسواق .
7. تتم تعبئة الزيوت في عبوات خاصة مختلفة الحجم .

التبريد :

1. فصل " فرز" الغازات - عملية تثبيت البنزين :

يدخل في نطاق عمليات التبريد - التي تعد واحدة من عمليات الفصل المستخدمة في صناعة التكرير - عملية فصل "فرز" الغازات الناتجة من عمليتي التكسير الحراري والتكسير بالعوامل المساعدة في معامل التكرير. وتعد هذه الغازات من أهم المصادر والمواد الأولية اللازمة للصناعة البتروكيماوية، والمصدر الآخر هو الغاز الطبيعي الذي يستخرج من بعض الآبار. وتشمل عملية فصل الغازات تبريد الغاز تبريداً عميقاً .

كان الغاز الطبيعي في الماضي يحرق باعتباره عديم الفائدة، وكانت كميات قليلة منه تستخدم في تصنيع أسود الكربون، Carbon Black، أو وقوداً في حقول البترول. وبعد ذلك أمكن فصل الغازات الطبيعية إلى نوعين من الغازات .

أ. الغاز الرطب :

وهو غاز يحتوي على مركبات هيدروكربونية أثقل من الغاز، وأمکن استخلاص البنزين الطبيعي الجيد منه لمزجه بالبنزين .

ب. الغاز الجاف :

ويتخلف بعد استخلاص البنزين الطبيعي، وهو يتكون من الميثان والأيثان، ويمكن فصلهما لاستخدامهما مادة خام لصناعة البتروكيماويات، أو وقوداً في حقول البترول، أو في الأغراض الصناعية، بعد نقلهما بالأنابيب من الحقول إلى مصانع الغاز، أو في صناعة الأسمدة بإنتاج الهيدروجين اللازم لصنع النشادر منهما. وباقي المكونات التي يجري فصلها هي البروبان والبيوتان، اللذان يستخدمان وقوداً في المنازل بعد تعبئتهما في أسطوانات .

وكانت الغازات الناتجة عن عملية التكسير تحرق في أول الأمر وقوداً في معامل التكرير. ولكن منذ عام 1930م، بدأ استخدام بعض أنواع المواد الهيدروكربونية الموجودة في هذه الغازات "الأوليفينات" وهي: الهيدروكربونات غير المشبعة في إنتاج المواد البتروكيماوية لما تتميز به من قدرة على سرعة الاتحاد بجزئيات أخرى لإنتاج العديد من هذه المواد .

2. تثبيت البنزين :

يؤدي تخزين البنزين في الأجواء الحارة إلى تبخر البروبان والبيوتان اللذين يحتويهما البنزين، وذلك لانخفاض درجة حرارتهما، فضلاً على أن هذين الغازين يمتنعان استخدام البنزين بكفاءة في ماكينات الاحتراق الداخلي، ويعرقلان تشغيل المحركات .

ولمواجهة هذه المشكلات ولتحقيق الانتفاع بغازي البروبان والبيوتان، يتم فصل هذين الغازين وتعبئتهما في أسطوانات تحت ضغط مرتفع، بحيث يتم الاحتفاظ بهما في شكل سائل، ويستخدم البيوتان وقوداً في الأجهزة المنزلية، ويسمى تجارياً "بالبوتاجاز". وتسمى عملية فصل غازي البروبان والبيوتان من البنزين بعملية "تثبيت البنزين" وهي تتم في أبراج تعمل بطريقة تشبه تماماً أي برج آخر للتجزئة، إلا أنها تعمل تحت ضغوط عالية لكي يبقى السائل المرتد في حالة السيولة دائماً .

العدد الأوكتاني للبنزين "الجازولين" ;

1. تُعدّ الخواص المانعة للخبث أو الثبات التفجيري أحد البارامترات الأساسية التي تحدد جودة الوقود الناتج من البترول، والمخصص لمحركات الاحتراق الداخلي بالشرارة الكهربائية .

فعند عمل آلة الاحتراق الداخلي، يتم دفع خليط من بخار البنزين والهواء إلى الماكينة عن طريق المكربن. هذا الخليط يتم ضغطه داخل المكبس، حيث يتم إشعاله بواسطة شرارة كهربائية من شمعة الاحتراق. والغازات الناتجة من الاحتراق داخل المكبس تحدث ضغطاً على المكبس؛ مما يؤدي إلى حركته، وتكون سرعة انتشار اللهب العادية حوالي 25 - 30 م/ث. ولكن قد يحدث مع الوقود ذي الجودة المنخفضة أن بعض الهيدروكربونات داخل المكبس يتم اشتعالها بفرقة احتراق لحظي تفجيري، نتيجة للانضغاط وليس بواسطة الشرارة الكهربائية. وتصل سرعة اللهب عند

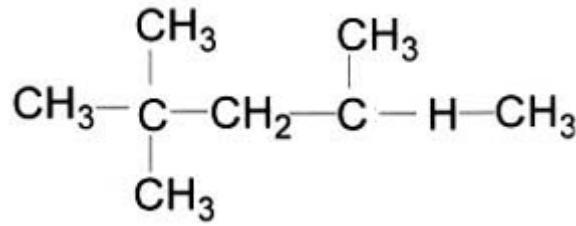
الاحتراق اللحظي إلى 2500 - 2000 م/ث فتتكون نتيجة لذلك كمية كبيرة من الحرارة، ويسبب الاحتراق التفجيري هبوط قدرة المحرك، ويصاحب ذلك الخبط الموتور، مما يؤدي إلى سرعة البري والتآكل في الآلة .

2. وظاهرة الاشتعال التفجيري غير مرغوب فيها، وهي خاصية من خواص الجازولين الناتج مباشرة من التقطير والمحتوي على نسبة عالية من البارافينات العادية، ومن ناحية أخرى، فإن الجازولين، المحتوي على نسبة عالية من البارافينات المنفرعة، يحترق بدون تفجير .

ويطلق اسم العدد الأوكتاني للوقود على دليل ثباته التفجيري وخواصه المانعة للخطب Antinock Resistance، ويجري تقدير الخواص التفجيرية للوقود في المحرك بواسطة مقارنة الوقود المطلوب دراسته مع وقود آخر قياسي .

والوقودان القياسيان هما :

الأيزواوكتان (2-2-4 ثلاثي ميثيل بنتان)



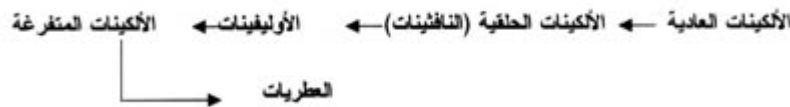
3. وقد اصطلح على اعتبار عدده الأوكتاني مساوياً 100، وذلك لأنه قليل التفجير وله خواص مانعة للخطب جيدة جداً .

الهيبتان العادي السهل التفجر و عدده الأوكتاني يساوي صفراً، والعدد الأوكتاني لمخاليط من الأيزواوكتان والهيبتان العادي يكون مده من صفر إلى 100، حسب نسبة الأيزواوكتان الموجود في الخليط .

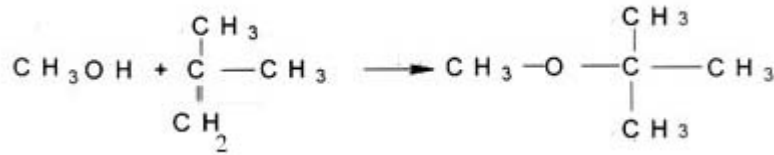
ويقارن الوقود المراد اختباره مع هذه المخاليط المختلفة تحت ظروف قياسية .

العدد الأوكتاني للوقود :

1. يساوي عددًا النسبة المئوية "بالحجم" للأيزواوكتان في مخلوطه مع الهيبتان العادي، التي يكون عندها الثبات التفجيري "أو الخواص المانعة للخطب" لهذا المخلوط مساوياً للثبات التفجيري "الخواص المانعة للخطب" للوقود الجاري اختباره .
2. وتتوقف مناعة الوقود ضد الخطب "ثباته التفجيري" أساساً على تركيبه الكيميائي. فالبارافينات العادية تتمتع بثبات تفجيري منخفض. أما الأيزوبارافينات والأيدروكربونات الأروماتية فتتفجر بصعوبة، وتشغل النفثينات والأوليفينات مكاناً وسطاً. ويرتفع العدد الأوكتاني تصاعدياً كالاتي :



3. والجازولين الناتج من التقطير الأولي مباشرة يكون له عادة رقم أوكتاني منخفض يتراوح بين 50 و 70. ورفع العدد الأوكتاني للوقود يتم إما بخلطه مع وقود له رقم أوكتاني عال، أو بإضافة مواد ترفع العدد الأوكتاني مثل رابع إيثيل الرصاص $Pb(C_2H_5)_4$ ، وهو سائل عديم اللون يتم تخفيفه بواسطة بعض هاليدات الألكيل مثل ثنائي بروم الأيثان أو بروميد الأيثيل وغيرهما، وتسمى بذلك السائل الأيثيلي، فمثلاً يكفي إضافة 2 إلى 4 سم من هذا السائل الأيثيلي/ لكل لتر من الوقود لرفع درجة الأوكتان من 70 حتى 85. وإيثيل الرصاص شديد السمية. ويجب الاحتياط في التعامل به، وازدياد استخدامه يؤدي إلى تلوث الهواء بالعدام المحتوي على أول أكسيد الكربون مخلوطاً بمركبات الرصاص، التي تؤدي إلى أضرار خطيرة بصحة الإنسان، والعديد من دول العالم الآن تحاول منع استخدام هذه المركبات السامة في المدن الكبرى. وحديثاً ترفع درجة الأوكتان للبنزين الخالي من الرصاص، بواسطة مركب آخر جديد غير ضار هو (ميثيل ثالثي بيوتيل الأثير)، الذي له درجة أوكتان عالية 98 وينتج من تفاعل الميثانول مع الأيزوبيوتيلين :

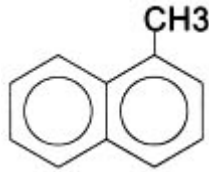


ميثيل ثالثي بيوتيل الأثير

العدد السيتاني لوقود الديزل

1. يشتعل الوقود في ماكينات الديزل بالانضغاط، وليس بالشرارة الكهربائية، ويستخدم لها قطرات من وقود الديزل مدى غليانه من 180 حتى 360 م، ويعد العدد السيتاني هو الدليل الذي يبين ميل وقود الديزل إلى الاشتعال العفوي "بالانضغاط"، عن طريق مقارنة اشتعالية الوقود المختبر باشتعالية مخلوط من وقودين قياسييين هما :

السيتان: أيدركربون سلسلة البارافينات ذو تركيب عادي $n-C_{16}H_{34}$ ، ويعد عدده السيتاني مساوياً 100. وأيدروكربون أروماتي "1- ميثيل نفتالين" ويعد عدده السيتاني مساوياً للصفـر .



2. ويعرف العدد السيتاني بأنه النسبة المئوية "بالحجم" للسيتان في مخلوط السيتان و1- ميثيل نفتالين الذي تطابق اشتعاليتها الذاتية اشتعالية الوقود المطلوب اختباره. وتتم المقارنة تحت ظروف قياسية .

ولذلك فإن الشروط المطلوبة بالنسبة للتركيب الكيميائي لوقود محركات الشرارة ومحركات الديزل تقع على طرفي نقيض؛ لأن الخواص المحركية لوقود الديزل عكس الخواص المحركية لوقود البنزين. فالألكانات ذات السلاسل الطويلة مثل الستان العادي تشتعل بسهولة بواسطة الانضغاط، بينما تشتعل الأيدروكربونات الأروماتية مثل 1- ميثيل نفتالين ببطء أشد كثيراً وغير مقبولة للاستخدام في محركات الديزل .

القسم الرابع: العمليات الكيميائية "التحويل" Conversion

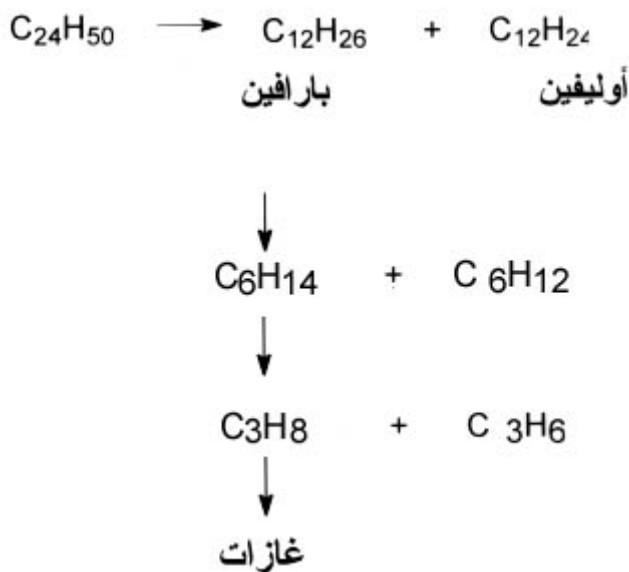
تختلف العمليات التحويلية عن عمليات التقطير الجوي والتقطير تحت التفريغ، التي يتم بواسطتها الحصول على المنتجات البترولية بطرق الفصل الفيزيائي للبتترول، إلى قطفات تختلف درجات غليانها، فالعمليات التحويلية هي عملية كيميائية، تجري تحت تأثير الحرارة والضغط أو بالعوامل المساعدة، والهدف منها زيادة كمية وقود السيارات والنفاثات وجودته، حيث يتم فيها تغير جزيئات الأيدروكربونات الموجودة في البترول، وتشمل هذه العمليات التحويلية: التكسير الحراري، أو التكسير بالعامل المساعد، وإصلاح البنزين، والألكلة، والأزمنة والبلمرة .

1.العمليات التحويلية الحرارية :

أ. التكسير الحراري: THERMAL CRACKING

تعد عملية التكسير في جوهرها من عمليات التأثير الحراري، حيث تستخدم الحرارة العالية في تقسيم جزيئات الزيت الثقيلة أو الكبيرة، بعد ترتيبها إلى جزيئات صغيرة، ويمكن عن طريق تكسير المازوت المتخلف من عملية التقطير الابتدائي للزيت الخام، الحصول على بنزين إضافي من نوع جيد. وقد استخدمت طريقة التكسير على نطاق تجاري للمرة الأولى في عام 1913م، فبتعرض الزيت الخام إلى درجات حرارة مرتفعة، وتحت ضغوط عالية، تحدث عملية تكسير الجزيئات الهيدروكربونية الكبيرة إلى جزيئات أصغر. وبهذه الطريقة، أمكن تحويل المنتجات الثقيلة إلى منتجات خفيفة مثل البنزين. وأمکن بهذا الاكتشاف زيادة كميات البنزين المنتجة، فضلاً عن إدخال تحسين مهم من حيث النوع، إذ إن البنزين الناتج من عمليات التكسير الحراري كان أحسن بكثير من حيث مميزات منع الخبط "السقف" في محركات الاحتراق الداخلي، بالمقارنة بالبنزين الناتج من عمليات التقطير العادية .

وبتعرض جزيئات البارافينات إلى الحرارة العالية والضغط يتم تكسير الجزيء إلى بارافين وأوليفين .



أما الأوليفينات الناتجة فتكون غير مستقرة وتحدث فيها التفاعلات الآتية :

1. مزيد من التكسير إلى أوليفينات صغيرة .
2. بلمرة الأوليفينات الصغيرة المتكونة .
3. الأوليفينات الكبيرة تتحول إلى أيدروكربونات حلقة "نافثينية" .
4. نزع الأيدروجين من النافثينات وتكوين العطريات .
5. تكاثف العطريات؛ مما يؤدي في النهاية إلى تكوين الكوك .

ب. التفحيم COKING

تتم عملية تفحيم المازوت المتبقي عند درجات حرارة عالية، وذلك لإنتاج فحم كوك بترولي. وبالاعتماد على نوعية المواد الأولية وظروف العملية يمكن أن تنتج 15-38% كوك تجاري، 49-77% منتجات سائلة، منها 7-17% قطفة بنزين، وكذلك 5-12% غازات حتى ذرة كربون 4. وقد تطورت عملية التفحيم لمقابلة الطلب على إنتاج الكوك المستخدم في أقطاب التحليل الكهربائي .

ج. البيروليز PYROLYSIS

تتم عملية البيروليز على الغازات مثل الإيثان وحتى البيوتان، وكذلك على المقطرات الخفيفة مثل البنزين منخفض الأوكتان "النافتا" . وغالبًا ما تتم عند درجة حرارة عالية تصل إلى 850 م، والهدف الرئيس منها إنتاج غازات الإيثيلين والبروبيلين والبيوتيلين، وهي المواد الأولية لصناعة البتروكيماويات، وكذلك إنتاج العطريات مثل البنزول والبولين والزيلين .

2. عملية التكسير بالعامل المساعد Catalytic cracking

استخدمت طريقة التكسير بالعوامل المساعدة للمرة الأولى على أساس تجاري في عام 1936م. وهذه الطريقة تمتاز بمميزات كثيرة على طريقة التكسير بالحرارة، فهي تنتج بنزينًا من نوع أجود مما ينتج في التكسير الحراري، وبدون الحاجة إلى ضغط عال، ويتحقق ذلك باستخدام عامل حفاز "عامل مساعد" هو مادة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائي، دون أن تتعرض لأي تغيير كيميائي .

وهناك نوعان من التكسير بالعامل المساعد، الأولى يستخدم فيها العامل المساعد فقط، والثانية تستخدم العامل المساعد في وجود غاز الأيدروجين، الذي ينتج بطريقة رخيصة بوصفه منتجًا ثانويًا في العمليات البترولية، تحت ضغط يصل إلى 30 جوي، ودرجة حرارة منخفضة، وتسمى التكسير الأيدروجيني Hydrocracking. وأهم عامل مساعد يستخدم في هذه الطرق هو نوع من ألومينو سيليكات المخلقة "الزبوليت"، المكون من 12% ألومينا 88% سيليكات. ومن أكثر طرق التكسير بالعامل المساعد استخدامًا طريقة التكسير بالعامل المساعد في طبقة مميعة، وفيها يكون العامل المساعد المستخدم مسحوقًا دقيقًا يصير شبيهًا بالسائل عند تعرضه لتيار هواء، حيث إنه عند ترسب الكربون على العامل المساعد، يقلل من كفاءته ويفقد تأثيره "تسمم العامل المساعد"، فيتم سحب العامل المستهلك وينفخ فيه تيار هواء ساخن، فيعيد العامل المساعد إلى غرفة تجديده، وفيها يحرق

الكربون ويعود العامل المساعد صالحاً للاستخدام مرة أخرى. واستخدام العامل المساعد في عمليات التكسير ليس فقط لزيادة سرعة التفاعل، ولكنه يؤدي إلى تحسين خواص المنتج كذلك، ويقلل من تكوين الأيدروكربونات عديمة الفائدة. وجودة البنزين الناتج تأتي من تكمقارنة بين التكسير الحراري والتكسير بالعامل المساعد

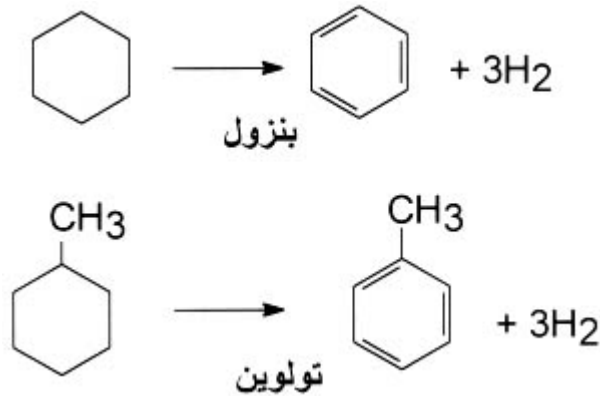
التكسير بالعامل المساعد	التكسير الحراري
- يتم التكسير باستخدام حرارة منخفضة في وجود عامل مساعد	- يتم التكسير باستخدام الحرارة العالية
- تتم في الطور السائل فقط	- تتم في الطور السائل والطور الغازي
- تستخدم على نطاق إنتاجي كبير	- لا تستخدم على نطاق إنتاجي كبير؛ لأنها تحتاج إلى معدات مكلفة
- البنزين الناتج يحتوي على كمية أقل من الأوليفينات والكوك	- البنزين الناتج يحتوي على الأوليفينات والكوك

3. الإصلاح الحفزي للبنزين Reforming

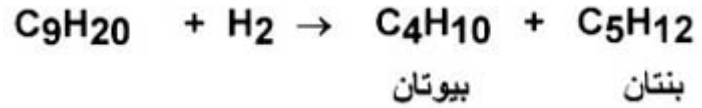
يسمح الإصلاح بالحفز "بالعامل المساعد" بتحويل البنزين ذي العدد الأوكتاني المنخفض الناتج من التقطير، أو من التكسير الحراري، أو التكسير بالعامل المساعد، إلى بنزين ذي عدد أوكتاني مرتفع. وإلى جانب ذلك، يمكن الحصول على الأيدروكربونات الأروماتية "البنزول والبولوين والزيلينات والأيثيل بنزول" التي تعد خامات مهمة في الصناعة البتروكيمياوية. ولذلك أصبحت هذه العملية إحدى العمليات المهمة في صناعة معالجة البترول .

وتتم بتعرض البنزين إلى معالجة حرارية "في وجود عامل مساعد" تشبه عملية التكسير، ولكن في زمن قليل جداً. ويجري الإصلاح بالحفز "العامل المساعد" في الصناعة باستخدام البلاتين أو الموليبدنم عاملاً مساعداً محملاً على الألومينا أو الألومينا والسيليكا. والإصلاح بالبلاتين Platforming يستخدم بكثرة، وينتج منها بنزين عالي الأوكتان يصل حتى 98 أوكتان، بدون إضافة السائل الأيثيلي للخصائص. وتتم العملية كذلك تحت تأثير إعادة دورة الغاز المتكون في العملية والمحتوي على 80% إيدروجين، وهذا الغاز يعدّ مصدرًا رخيصاً للأيدروجين، لذلك يستخدم في جميع العمليات البترولية وخصوصاً عملية المعالجة بالأيدروجين وعملية التكسير بالأيدروجين، والتفاعلات الكيميائية التي تحدث في عملية الإصلاح الحفزي هي :

أ. نزع الأيدروجين من النافثينات "الأيدروكربونات الحلقية المشبع:"

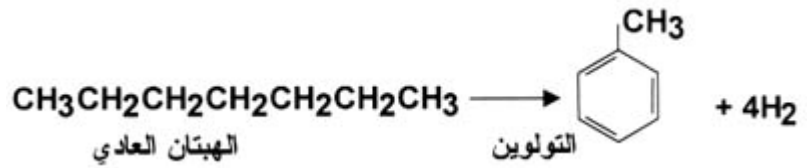


ب - التكسير بالأيدروجين :



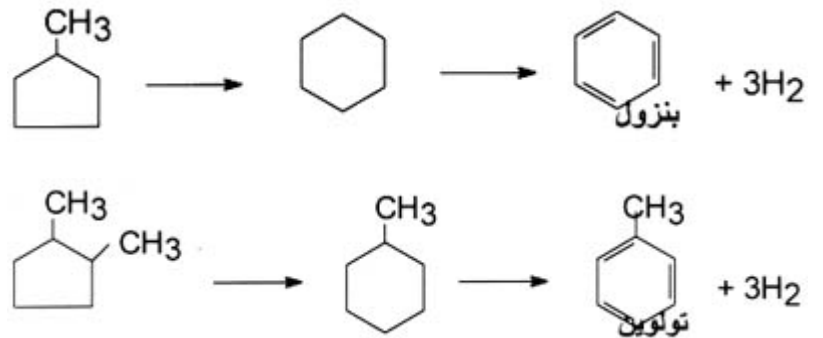
و عملية الأزمرة ملازمة لعملية التكسير بالأيدروجين لتكوين بارافينات متفرعة .

ج. تكوين المركبات الحلقية من الأيدروكربونات البارافينية مع نزع الأيدروجين :

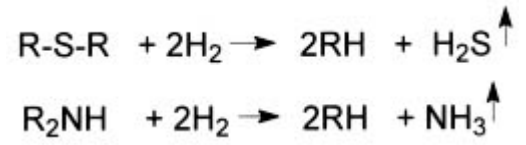


د. تفاعلات الأزمرة :

وتتم للأيدروكربونات البارافينية ذات الوزن الجزيئي المنخفض، مثل تحول البيوتان العادي والبنتان العادي إلى الأيزوبيوتان والأيزوبنتان. كذلك أزمرة النفثينات الحلقية ذات الحلقة الخماسية إلى الحلقة السداسية مثل :



بالإضافة إلى التفاعلات السابقة تجري أيضاً، أثناء عملية الإصلاح الحفزي، تفاعلات هدرجة المركبات الكبريتية والنتروجينية



وهذه المركبات الكبريتية والنتروجينية تسبب تسمماً "إقلال كفاءة العامل المساعد"، لذلك تجري هذه العملية "المعالجة بالأيدروجين" لإزالة المركبات الكبريتية والنتروجينية منفصلة قبل عملية الإصلاح .

والبنزين الناتج من عملية الإصلاح الحفزي "البنزين المحسن"، يكون غنياً بالأيدروكربونات المتفرعة وكذلك الأروماتية، وهذا هو السبب في ارتفاع رقمه الأوكتاني، وغالباً لا يحتوي على الكبريت؛ وبذلك تكون له خواص جيدة مانعة للخبث .

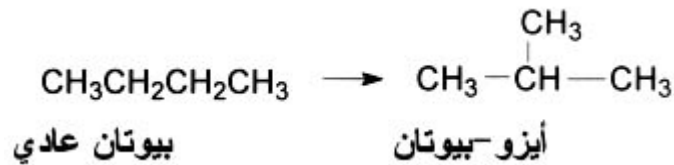
4. عمليات باستخدام الغازات البترولية

تستخدم قطرات غازات "البروبان -جروبيلين" و"البيوتان - بيوتيلين" الناتجة من تجزئ الغازات البترولية في إنتاج بنزين عالي الأوكتان؛ وذلك بعمليات البلمرة والأكله :

أ. عمليات الأزمره للبارافينات الخفيفة

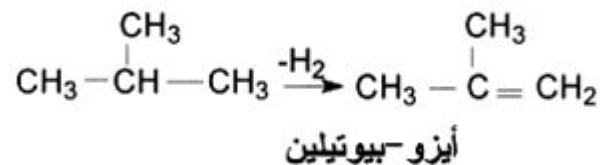
تستخدم عملية الأزمره لتحويل الأيدروكربونات ذات التركيب العادي إلى أيدروكربونات ذات بناء متفرع .

ومن أمثلة ذلك أزمره البيوتان العادي "قليل النشاط" إلى الأيزوبيوتان



والأيزوبيوتان الناتج يستخدم، بعد ذلك، في عملية الأكله والبلمرة، ومن أهم العوامل الحفازة المستخدمة في عمليات الأزمره كلوريد الألمنيوم، مع منشط مثل غاز كلوريد الأيدروجين .

بعد ذلك، يتم نزع الأيدروجين بالعوامل الحفازة، مثل أكاسيد بعض الفلزات، من الأيزوبيوتان لإنتاج الأيزوبيوتيلين



ب. عمليات البلمرة Polymerization

ين البارافينات المتفرعة، وكذلك الأيدروكربونات العطرية ذات رقم الأوكتان العالي .

القسم الخامس: المعالجة والتنقية

تهدف عمليات المعالجة لإزالة الشوائب غير المرغوب فيها في المنتجات البترولية أو تحويلها. فمن المعروف أن زيت البترول الخام يحتوي على بعض الشوائب تتراوح نسبتها بين 1-4% وفقاً لنوع الخام ومصدره، وتتكون هذه الشوائب، عادة، من المركبات الكبريتية والأزوتية والأوكسجينية .

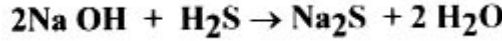
وتبذل معامل تكرير البترول جهوداً كبيرة لتنقية المنتجات البترولية من الشوائب، قبل تسويقها وذلك للتغلب على مشكلات تآكل الأجهزة وتلوث الهواء، والوفاء باحتياجات الاستهلاك المحلي، وللتغلب على المنافسة في مجال التصدير .

والمنتجات البترولية الناتجة من عمليات التقطير والتكسير تحتوي على الأوفينات ومركبات كبريتية وأكسجينية، وهي تسبب عدم ثبات المنتجات، وكذلك تكوين رواسب كربونية داخل آلات الاحتراق، وتعطي للمنتجات ألواناً وروائح غير مرغوب فيها. فعمليات التنقية هي العمليات النهائية للمنتجات البترولية، وهي إما كيميائية أو فيزيائية، والكيمائيات المستخدمة في عمليات التنقية كثيرة، منها محلول الصودا الكاوية الذي يستخدم في تنقية البوتاجاز والبنزين من كبريتيد الأيدروجين ومركبات المركبتان، وحامض الكبريتيك المركز الذي يستخدم في تنقية الكيروسين من المواد الكبريتية والعطرية التي تسبب تصاعد الدخان الأسود، كما يستخدم في تنقية وقود النفاثات وغيره، كذلك يستخدم غاز الأيدروجين في إزالة عديد من الشوائب .

1. إزالة كبريتيد الأيدروجين :

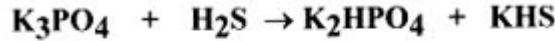
الغازات والمقطرات الخفيفة "الغازات البترولية والمسالة والبنزين والكيروسين" غالباً ما تحتوي على كبريتيد الأيدروجين، وهو موجود أساساً في الخام أو تكون من تحلل المركبات الكبريتية خلال العمليات المختلفة. وهو غير مرغوب فيه بسبب رائحته الكريهة، وكذلك تحوله بسهولة إلى كبريت؛ مما يسبب تآكل في الآلات والمعدات. وهناك طريقتان لإزالة H₂S حسب نسبته .

أ. إذا كانت النسبة ضئيلة يستخدم محلول الصودا الكاوية.



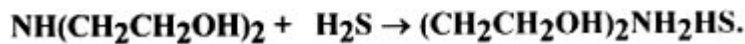
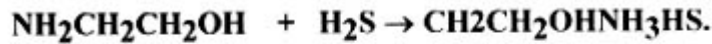
ب. أما إذا كانت النسبة عالية فيستخدم سائل مناسب لامتصاص غاز كبريتيد الأيدروجين، وبعد ذلك يستخدم السائل مرة أخرى بعد التخلص من الغاز، ويوجد لذلك طريقتان تقليديتان.

1. طريقة "شل فوسفات"، وفيها يستخدم فوسفات ثلاثي البوتاسيوم



فوسفات ثلاثي البوتاسيوم

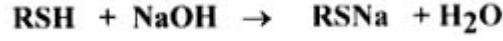
2. أما الطريقة الثانية فتتم باستخدام الأمينات العضوية مثل أحادي الإيثانول أمين أو ثنائي الإيثانول أمين



2. إزالة مركبات المركبتان :

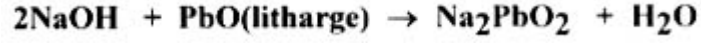
المركبتانات الموجودة في المنتجات البترولية غير مرغوب فيها؛ نظراً لرائحتها الكريهة، فتعالج هذه المنتجات للتخلص منها أو تحويلها إلى مركبات أقل ضرراً أو مقبولة .

والمركبتانات الموجودة في المنتجات التي تغلي حتى أقل من 100 م، يمكن التخلص منها بالمعالجة بواسطة محلول الصودا الكاوية التي تكون مركبات مذابة في الصودا الكاوية .



أما المركبتانات الثقيلة الموجودة في المقطرات العالية التي تغلي أعلى من 100 م، فهي لا تذوب في الصودا الكاوية .

عملية التحلية " Sweetening طريقة " Doctor treatment



بلومبات الصوديوم أكسيد الرصاص



مركبتايد الرصاص



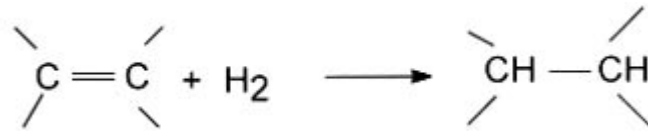
ثنائي الكبريتيد
الذائب
راسب
الكبريتيد
كمية محسوبة
بغناية

تحول فيها المركبتانات الضارة إلى ثنائي الكبريتيد الأقل ضرراً أو المقبولة والمسموح بوجودها في المنتجات. فبالرغم من أن الكبريت لم تتم إزالته، إلا أن المنتج خضع لعملية تحلية بتحويل المركبتان إلى ثنائي الكبريتيد. وذلك باستخدام محلول الصودا الكاوية مع أكسيد الرصاص وبإضافة كمية محسوبة بغناية من الكبريت .

3. التنقية بالأيروجين

تطورت في السنوات الأخيرة عملية تنقية المنتجات البترولية بواسطة الأيدروجين تطوراً كبيراً، وذلك مع توافر غاز الأيدروجين بوصفه منتجاً ثانوياً رخيصاً ناتجاً من عمليات الإصلاح الحفزي، حيث إن الغاز الناتج من هذه العمليات يحتوي على 80% أيدروجين. ولذلك نجد أن عمليات التكسير والإصلاح والمعالجة تتم في وجود الأيدروجين، وتنقسم العمليات المستخدمة فيها الأيدروجين إلى التكسير بالأيدروجين وتنقية بالأيدروجين. وتستخدم التنقية بالأيدروجين الآن تجارياً على نطاق واسع، نظراً لأنها عملية متعددة الوظائف، فهي تزيل المواد الكبريتية المحدثة للتآكل بتحويلها إلى كبريتيد أيدروجين، بالإضافة إلى ذلك عملية التنقية بالأيدروجين تؤدي إلى إزالة المواد النتروجينية والأكسجينية والهالوجينية .

كذلك إزالة الشوائب المعدنية الموجودة في الزيت، كما يتم تشبع الأوليفيات؛ مما يؤدي إلى ثبات المنتجات .



أ. الهدرجة مع إزالة الكبريت

1- للمركبتانات



