

## الباب الثانى

البترول الخام [ النفط الخام ]



## الباب الثانى

### البتروال الخام (النفط الخام)

#### المقدمة :

البتروال الخام عبارة عن مزيج من مجموعة كبيرة من المركبات الهيدروكربونية ويتواجد فى الطبيعة متجمعاً فى باطن الأرض وعلى أعماق مختلفة. وقد تكون منذ أمد بعيد نتيجة تحلل المخلفات الحيوانية والنباتية بفعل الضغط والحرارة . والهيدروكربونات مركبات كيميائية تحتوى على عنصرى الهيدروجين والكربون فقط ، وقد تكون سوائل أو غازات أو جوامد فى درجة الحرارة والضغط العاديتين وفقاً لما يكون تركيب جزئياتها من تعقيد . وكذلك التجمعات الطبيعية قد تكون فى حالة غازية أو سائلة أو جامدة حسب التناسب بين مختلف المواد الهيدروكربونية الموجودة فى هذا المزيج أو ذاك . وتطلق كلمة البتروال عند استعمالها فى أوسع معانيها على جميع الهيدروكربونات التى تتكون فى باطن الأرض بصورة طبيعية ولكن الكلمة بمعناها التجارى الضيق تقتصر عادة على التجمعات السائلة ، أى النفط الخام ، بينما يطلق على التجمعات الغازية اسم "الغاز الطبيعى" وعلى التجمعات الجامدة اسم "الاسفلت" أو "الشمع" حسب طبيعة تركيبها .

وتحتوى معظم انواع البتروال الخام السائل على هيدروكربونات غازية أو صلبة ذائبة فى السائل . وتتحرر الغازات من المحلول السائل عند تقليل الضغط فى عمليات استخراج البتروال الخام أو خلال المراحل الأولى من

التكرير ، حيث تمثل جزءاً من مجموع انتاج الغاز الطبيعي . وأما الجوامد فإن بعضها يستخلص خلال عمليات التكرير بشكل اسفلت أو شمع ، ويبقى البعض الآخر محلولاً في منتجات البترول السائلة .

### أنواع البترول الخام

تختلف أنواع البترول الخام من حيث خواصها الطبيعية كالمظهر (Appearance) والتماسك (Consistency) باختلاف مصدرها . فتتفاوت من سوائل رجاجة (Mobile) ذات لون بني . يميل الى الصفرة الى سوائل سوداء مرتفعة اللزوجة وشبه صلبة . ويرجع هذا الاختلاف الى نسب مكونات البترول من الهيدروكربونات المختلفة خاصة نسبة البارافينات والنفثينات ، وسواء كان البترول محتوياً على بارافينات بنسبة عالية أو نفثينات بنسبة عالية ، فقد تكون نسبة الهيدروكربونات الخفيفة مرتفعة ويكون النفط عندئذ رجراجاً أو محتوياً على مقدار كبير من الغازات الذائبة فيه . كما قد تكون المركبات الهيدروكربونية التي يتألف منها هي مركبات ثقيلة ويكون البترول عندئذ مرتفع اللزوجة وخالي من الغازات الذائبة أو محتوياً على كمية ضئيلة منها .

وتتحكم طبيعة البترول الخام الى حد ما في نوع المنتجات المستخلصة منه وملامتها للاستعمال في مجالات معينة . فالبتترول الخام النفثيني هو أنسب من غيره لانتاج الاسفلت ، والبتترول الخام البارافيني أنسب لانتاج الشمع . كذلك البترول الخام النفثيني ، خصوصاً اذا كان عطرياً ، يؤدي الى انتاج زيوت تزييت (Lubricating oils) تكون لزوجتها شديدة التأثير بالحرارة . غير ان طرق التكرير الحديثة تحقق قدراً كبيراً من المرونة في استخدام مختلف انواع النفط الخام لصنع أي نوع مرغوب فيه من المنتجات .

تصنف أنواع البترول الخام عادة الى ثلاثة أصناف حسب مكوناته من الهيدروكربونات التي تحتوى عليها .

1- بترول برفيني الأصل : يتألف هذا النوع بصورة رئيسية من هيدروكربونات برفينية . ويحتوى على شمع البارافين وهو خالى أو يكاد يكون خالياً من المواد الاسفلتية . ويعطى هذا النوع من البترول عادة إنتاجاً حسناً من شمع البارافين وزيوت التزييت الممتازة .

2- بترول نفثيني الأصل : يتألف هذا النوع بصورة رئيسية من النفثينات. ويحتوى على كمية قليلة من شمع البارافين او يكون خالياً منه ، الا انه يحتوى على نسبة عالية من المواد الاسفلتية . ويعطى زيوت تزييت ذات لزوجة أكثر تأثراً بالحرارة من زيوت التزييت المنتجة من البترول البارافيني ، ولكن يمكن تحسين زيوت التزييت هذه وجعلها مماثلة لتلك النتيجة من أنواع النفط البارافينية بعمليات تكرير خاصة . ويسمى هذا النوع من البترول الخام ايضاً البترول الخام الاسفلتي الأصل .

3- بترول مختلط الأصل : ويتألف هذا النوع من البترول من مزيج من البرافينات والنفثينات ونسب قليلة من العطريات . ويحتوى على مقادير وافية من كل من شمع البارافين والمواد الاسفلتية.

ومن الجدير بالذكر أن هناك تداخلاً بين هذه الأصناف من أنواع البترول الخام ، ولكن الغالبية العظمى من أنواع النفط الطبيعية هي من نوع البترول المختلط الأصل .

## التقطير (Distillation)

تعتبر عملية فصل مكونات البترول الخام الرئيسية بالتقطير الخطوة الأولى في مجال الصناعات النفطية . وهذه أهم عمليات التكرير إذ أنها بالإضافة الى الفصل تلعب دوراً مهماً في تكرير المنتجات البترولية وفقاً للمواصفات التسويقية .

ومن الصفات المميزة الرئيسية لمختلف المنتجات البترولية قابليتها للتطاير أو التبخر ، وتتوقف هذه القابلية على الحجم الجزيئي . ففي المركبات المتشابهة النوع تنخفض قابلية التبخر كلما كبر الحجم الجزيئي . فالجازولين سائل يتبخر بسهولة في الظروف العادية لدرجة الحرارة والضغط ، أما الكيروسين وزيت الوقود فيلزم لتبخرهما حرارة أعلى . والمنتجات الجامدة في الأحوال العادية كشمع البارافين مثلاً ، يتطلب تسخينها الى درجات حرارة أعلى لتسييلها الى درجات حرارة أكثر ارتفاعاً لتبخرها .

وترتبط قابلية التطاير بدرجة الغليان ، فالسائل الذي درجة غليانه منخفضة يكثر تطايراً من السائل الذي غليانه مرتفعة . وعند تسخين سائل ما تزداد طاقة جزيئاته ويصبح في مقدور عدد كبير منها تخطى سطح السائل الى الفضاء ، أي أن عدداً كبيراً من الجزيئات يتحول الى حالة بخار . وعندما يعادل ضغط البخار الضغط الجوي يغلي السائل . وتشكل درجة الحرارة التي يغلي عندها السائل البترولي درجة غليانه . وتبقى هذه الدرجة ثابتة الى ان يتبخر جميع السائل . وهذه احدى الصفات المهمة التي تتميز بها المواد النقية . وتتغير درجة الغليان بتغير الضغط . فالماء النقي يغلي مثلاً في الضغط الجوي العادي عند درجة حرارة 373 كلفن ، وكذلك تتميز كل من

الهيدروكربونات الموجودة في النفط الخام بدرجة غليان خاصة . وتَنخفض درجة الغليان بانخفاض الضغط وترتفع بارتفاعه .

### التقطير المعملى البسيط :

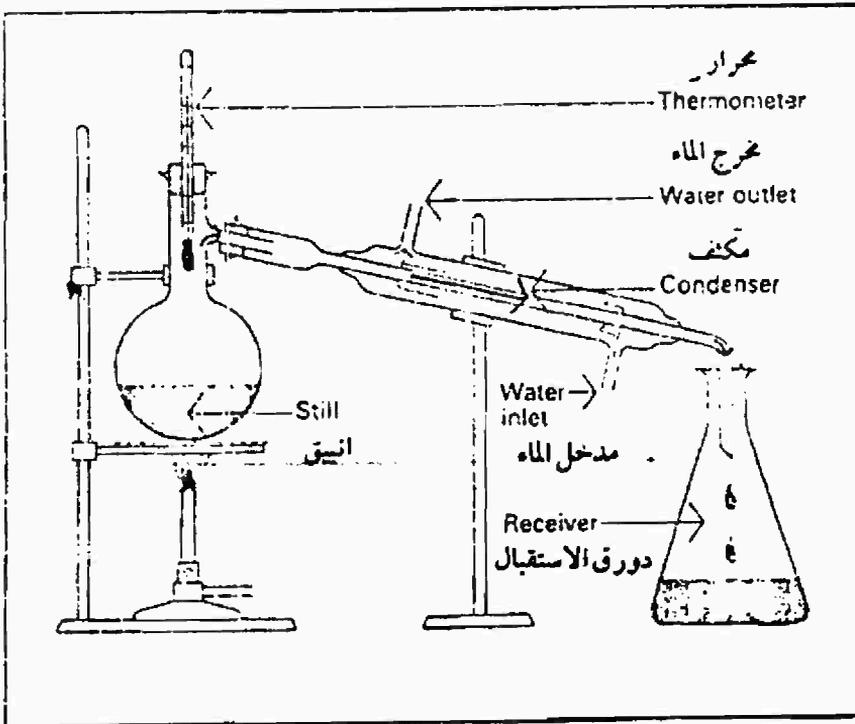
التقطير عبارة عن عملية فيزيائية لفصل سائل أو أكثر من مزيج متجانس . وتتجز عملية التقطير من خلال تبخير السائل بالتسخين واعادة تكثيفه . تعتمد عملية فصل السوائل بالتقطير على الفرق في درجات غليان مكونات المزيج . وتتم عملية التقطير في أبسط صورها في جهاز بسيط للتقطير في المعمل ومبين في الشكل التالى حيث يغلى السائل في دورق (Flask) ويكثف البخار في انبوب أو مكثف (Condenser) يحيط به ماء بارد وجارى ويجمع المستقطر (Distillate) في دورق الاستقبال .

وفي حالة مزيج متجانس من عدة مركبات سائلة تختلف في درجات غليانها ، ويتميز كل مركب منها بضغطه البخارى الخاص ، والضغط البخارى الكلى للمزيج السائل يساوى مجموع الضغوط البخارية لهذه المركبات . ويغلى المزيج هذا عندما يعادل الضغط البخارى الكلى الضغط (الخارجى) فوق السائل .

وعند تقطير مزيج كهذا تتبخر جزئيات كل مركب ، ويتوقف تركيب البخار الناتج على الضغوط البخارية وعلى تركيز المركبات في المزيج السائل . يتناسب الضغط البخارى للمركبات السائلة عكسياً مع درجة غليانها . فيزداد الضغط البخارى مع انخفاض درجة الغليان وبالعكس ، لذلك فإن المستقطر يكون غنياً بالمركبات الأكثر تطايراً بينما السائل المتبقى في الانبيق غنياً بالمركبات الأقل تطايراً . وباستمرار التقطير يتغير تركيب كل من المواد

المستقطرة والمتخلفة تدريجياً ، الى ان يتبخر السائل بكامله ويتقطر في وعاء الاستقبال .

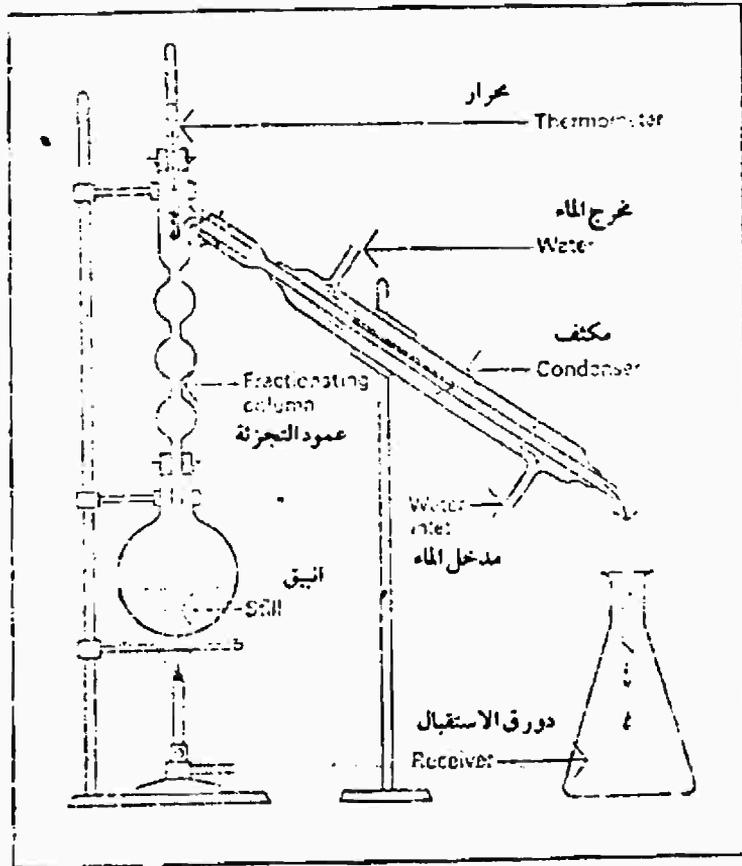
يبدأ الغليان عند درجة حرارة تكون ضمن حدود درجات غليان مركبات المزيج ، وتعتمد على نسبة وجود المركبات فى المزيج ودرجة الغليان الأولية (Initial Boiling point) هى درجة الحرارة التى تسقط فيها أول قطرة . وتزداد درجات الغليان تدريجياً أثناء التقطير فتتقطر المركبات التى ترتفع فيها قابلية التطاير ، ويزداد تركيز المركبات التى ترتفع درجات غليانها فى السائل المتبقى الى أن تتبخر آخر قطرة من السائل عند أعلى درجة حرارة هى درجة الغليان النهائية (Final Boiling point) .



جهاز معملى للتقطير البسيط

## التقطير التجزيئي المعمل Laboratory Fractional Distillation

لا يمكن فصل المركبات لمزيج ما بصورة نقية في عملية تقطير واحدة باستعمال جهاز تقطير بسيط . وينتج عند اعادة تقطير المستقطر مستقطر أغنى بالمركبات الأكثر تطايراً ، ولكن الكمية المنتجة تكون قليلة اذ أن قسماً من المركبات يبقى دائماً . ومن الضروري لفصل العناصر فصلاً جيداً وبصورة نقية ان تكرر عملية التبخير والتكثيف لعدة مرات وبصفة مستمرة ، ويمكن انجاز ذلك باستعمال عمود تجزئة بين الانبيق والمكثف كما هو مبين في الشكل .



الشكل جهاز تقطير تجزيئي معمل

وبهذه الطريقة يتكثف بعض البخار المتصاعد من السائل المغلى .  
وبتكثيف المزيد من البخار المتصاعد تنتج الحرارة التي تعمل على اعادة  
تبخير مركبات السائل الخفيفة ذات درجات الغليان المنخفضة . وهذه  
المركبات تتكثف مرة أخرى، وهكذا تستمر عملية التكثيف والتبخير حتى نهاية  
العمود. من خلال هذه العملية تتكثف المركبات الثقيلة الأقل تطايراً وتجرى  
عائدة الى القارورة . وهكذا يتولد تياران عكسيان (Counter Currents)  
للبخار والسائل . فيتصاعد بخار المواد الاكثر تطايراً في العمود وينحدر  
السائل المكثف في العمود حيث تزداد درجة غليانه تدريجياً نتيجة انخفاض  
نسبة المكونات المتطايرة . ويتألف البخار الذي يتجاوز قمة العمود الى  
المكثف في البداية من المركبات التي درجة غليانها منخفضة ثم تنقطر  
المركبات التي درجات غليانها اعلى . ويتغير دروق الاستقبال بين حين وآخر  
يمكن الحصول على مركبات مختلفة بصورة نقيه . ويتألف الجزء المفصول  
بهذه الطريقة من مركب نقي نسبياً من مزيج بسيط أو من عدد من المركبات  
من مزيج معقد . ويعتمد ذلك على تركيب المزيج المراد تقطيره وعلى نوع  
جهاز التقطير . وتدعى هذه العملية بعملية التقطير التجزيئى .

### تقطير البترول الخام

يفصل البترول الخام بعملية التقطير التجزيئى الى مجموعة من  
المستقطرات والى مختلف (Residue) يتكون من مركبات درجات غليانها  
عالية . ويتكون كل مستقطر من مجموعة معقدة من المركبات الهيدروكربونية  
تتميز بدرجات غليان خاصة فى حدود معينة اعتماداً على طبيعة ونسب  
مكوناته .

وقد تكون حدود الغليان لمستقطر معين هي الحدود اللازمة لنتاج معين من المنتجات كالجازولين مثلاً . ويمكن بدلاً من ذلك تحضير ناتج معين بموافقة (Blending) عدد من المستقطرات بحيث يكون للمزيج المتوالف حدود الغليان اللازمة .

والفصل الصحيح للبتروال الخام الى منتجاته مهم لتلافي نداخل ناتج ما بالناتج الذى يليه . فيجب مثلاً ان لا يحتوى الكيروسين على المركبات الأكثر تطايراً والتي تدخل ضمن ناتج الجازولين حيث تؤدي الى انخفاض درجة الغليان الأولى ونقطة الوميض (أدنى درجة حرارة تلتهب عندها الابخرة لدى اختلاطها بالهواء فى ظروف مناسبة). ومن جهة أخرى يجب ان لا يحتوى ناتج الجازولين على مركبات الكيروسين التى من شأنها رفع درجة غليان الجازولين مما يؤثر تأثيراً معاكساً فى مفعوله كوقود للمحركات .

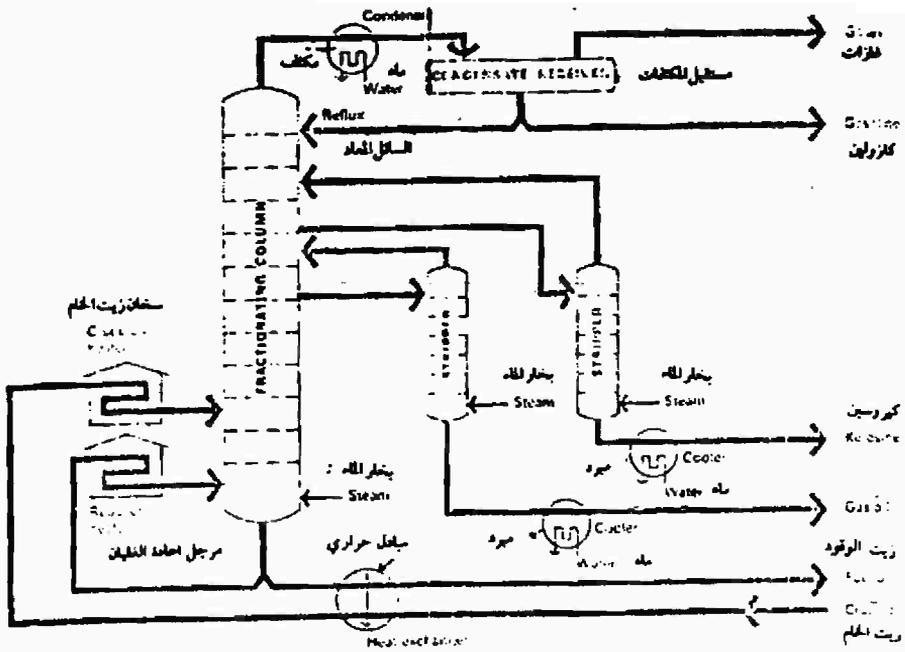
إن الطلب فى يومنا هذا لكميات كبيرة من المنتجات البتروولية ولدرجات مرتفعة من الجودة ، يتطلب اجهزة قادرة على العمل المستمر والتجزئة الفعالة . فيسخن البتروال الخام الى درجة الحرارة العالية اللازمة لتبخير جميع المركبات الاكثر تطايراً والتي تدخل عمود التجزئة مع المركبات الأقل تطايراً حيث يحدث التكثيف واعادة التبخر بتساعد الابخرة فى العمود . وتسحب الاجزاء التى تتميز بحدود الغليان المطلوبة من نقاط مناسبة من العمود بصورة مستمرة ، كل حسب خفته ابتداء من القمة حيث يسحب الاكثر خفة والأكثر تطايراً ونزولاً تدريجياً الى الأثقل والأقل تطايراً عند ادنى مستويات . ويسحب من أسفل العمود ذلك الجزء من البتروال الخام الذى لا يتبخر. ويساعد استعمال بخار الماء على فصل المركبات الأكثر تطايراً . فعندما ينفخ بخار الماء بصورة مستمرة خلال البتروال الساخن فإنه يساهم

بضغطه الجزئى الخاص فى تخفيض الضغط الجزئى (Partial Pressure) للبتروىل بحيث يغلى عند درجة حرارة أقل .

ويستعمل التقطير البخارى فى تقطير المركبات التى درجات غليانها عالية تفادياً للتحلل الكيمىائى الذى يحصل عند ارتفاع درجة حرارة التقطير . كذلك يستعمل التقطير بضغط منخفض أى التقطير الفراغى (Vacuum Distillation) للسبب نفسه .

### وحدة تقطير البتروىل الخام

يبين الشكل التالى وحدة بسيطة لتقطير البتروىل الخام . يسيل البتروىل الخام اولاً خلال مبادل حرارى (Heat Exchanger) باتجاه معاكس للمتخلف من المنتجات الحارة المسالة الى الخارج (زيت الوقود) التى تبرد قبل سحبها الى التخزين . ثم يدخل البتروىل الخام الذى سبق تسخينه الى الفرن حيث يسيل بصورة مستمرة داخل سلسلة أنابيب تشتعل حولها النيران . وترتفع درجة الحرارة الى الدرجة اللازمة لتبخير جميع المركبات السريعة التطاير . ويدخل المزيج الحار للبخار والسائل الى عمود التجزئة بشكل رذاذ فيتصاعد البخار الى اعلى وينحدر السائل الى اسفل . وتأخذ عملية التكثف واعدة التبخر مجراها فى قسم التصفية باعادة التقطير (Rectifying Section) ويسيل البتروىل الساخن الى الطبقة السفلى من العمود حيث يتم التخلص من اى منتجات خفيفة بفعل بخار الماء .



### وحدة بسيطة لتقطير النفط الخام

يسحب المنتجان الأكثر تطايراً ، وهما الغاز والجازولين ، من قمة العمود . ويتكثف بخار الجازولين في المكثف (Condenser) بالماء البارد ، وتبقى الهيدروكربونات الغازية التي لا تتكثف في حالة بخار حيث تفصل بهذا الشكل . وبإعادة جزء من السائل المكثف ويسمى السائل المعاد (Reflux) الى الجزء الأعلى من العمود يتم الحصول على مجرى للسائل ينحدر الى اسفل العمود بصورة مستمرة . وتضبط درجة الحرارة عند قمة العمود بتغيير كمية السائل المعاد .

وتسحب من العمود على ارتفاعات مختلفة منتجات التقطير الجانبية في حالة سائلة ، ويتم اختيار نقاط السحب بحيث تكون منتجات ضمن حدود

درجات غليان محدودة. ويبين الشكل اثنین من المنتجات الجانبية هما الكيروسين وزيت الغاز . ولغرض الحصول على مستقطرات أنقى و لتفادي استعمال رئيسی طويل وبالتالي اكثر كلفة ، يقطر كل سائل جانبي مرة اخرى في عمود تعرية (Stripping Column) جانبي ، والذي هو بالفعل عمود تقطير صغير تنجز فيه عملية تنقية المستقطر الجانبي من المركبات الاكثر تطايراً من تلك التي تدخل ضمن ذلك المستقطر بمساعدة بخار الماء الذي يدخل العمود من اسفله . وتعاد أبخرة المواد الاكثر تطايراً الى العمود الرئيسي ، وتبرد المنتجات المسحوبة من قاع عمود التعرية الجانبي قبل خزنها .

وللحفاظ على درجة الحرارة المناسبة في قاع العمود (وبالتالي درجات الحرارة على طول العمود) تتم عملية تدوير لجزء من المتخلف (Residue) بواسطة سخان يسمى مرجل اعادة الغليان (Reboiler) واعادته الى العمود . هذا ويحافظ السائل المعاد (Reflux) على درجة الحرارة في قمة العمود .

### وحدة التقطير الفراغی (Vacuum Distillation Unit)

إن المتخلف في قاع عمود البترول الخام في وحدة التقطير يمكن استعماله كزيت وقود ، أو يمكن اعادة تقطيره في وحدة التقطير الفراغی لانتاج مستقطرات كزيت الغاز أو زيوت التزييت او مادة تغذية (Feedstock) . ويستعمل المتخلف من التقطير الفراغی كزيت وقود أو في صناعة الاسفلت ، كما انه يصلح لصنع زيت ناصع (Bright Stock) أو للاستعمال كمادة تغذية لعمليات التكسير الحراري (Thermal Cracking) .

ويلاحظ في جهاز التقطير الفراغى ، حيث يتم التفريغ الهوائى بواسطة قاذفة (Ejector) بخار الماء أو مضخة تفريغ (Vacuum Pump) وتزود جميع الوحدات بمبادلات حرارية لنقل الحرارة من الابخرة والسوائل الخارجة الى النفط الخام الداخل ، وبهذا يقلل من استهلاك الوقود من الأفران وماء التبريد فى المكثفات.

وتستعمل فى وحدة تقطير البترول الخام ووحدة التقطير الفراغى أجهزة السيطرة التلقائية (Automatic Control Instruments) على نطاق واسع والتي لا تقتصر مهمتها على تسجيل درجات الحرارة والضغط بل تشغيل صمامات الضبط بصورة تلقائية . وباستعمال هذه الأجهزة بهذا الشكل يمكن المحافظة على حالات تشغيل ثابتة ومن ثم على جودة الاصناف المنتجة.

### أعمدة التجزئة (Fractionating Columns)

يتألف عمود التجزئة من اسطوانة فولاذية عمودية تثبت بها الواح أفقية تدعى صوانى (Trays) . يتجمع السائل المكثف فى الصوانى حتى مستوى انبوب تصريف الفائض (Overflow Pipe) الذى يرتفع عدة سنتمترات عن مستوى الصينية وينحدر عبر هذا الانبوب الى الصينية التالية . وتحوى الصوانى عدداً كبيراً من الثقوب يتصاعد منها البخار القادم من الصوانى السفلى الى اعلى . ويعلو كل ثقب انبوب قصير أو رافع (Riser) يعلوه غطاء (Cap) بحيث يدفع البخار من خلال شقوق (Slots) فى محيط الغطاء الى داخل السائل الذى تحويه الصينية . ويسمى هذا الغطاء بالغطاء الفقاعى (Bubble Cap) وبمرور فقاع (Bubbles) البخار خلال السائل يحدث

التماس بين البخار والسوائل بالقدر الذى يسمح بالتبادل الحرارى بين الوسطين مما يؤدى الى تبخر اية مركبات ذات درجات غليان منخفضة وتكثف اية مركبات ذات درجات غليان مرتفعة . وهكذا تحدث عمليتا التكثف واعداد التبخر فى كل صينية وتتصاعد الأبخرة وتتحرر السوائل فى العمود نتيجة لذلك . وتتجمع فى كل صينية مركبات ذات درجات غليان أقل من تلك المركبات التى تتجمع فى الصينية التى تليها من الاسفل . وتسحب الأجزاء التى تختلف حدود درجات غليانها بصورة مستمرة من مستويات مختلفة من العمود .

اما حجم الأعمدة وعدد الصوانى وعدد الغطاءات الفقاعية فتختلف باختلاف وظيفة العمود ، حيث يصمم العمود وفقاً للغرض المطلوب منه . وهناك عدة تصميمات اخرى من الصوانى منها الشبكي (Grid Trays) ومنها المنخلى (Sieve Trays) وجميعها تعمل بنفس الأسس العلمية .

## الأسئلة

- 1- تكلم بالتفصيل عن انواع البترول الخام ؟
- 2- أشرح شرحاً وافياً عملية التقطير للبترول الخام ؟
- 3- بين مع الرسم عملية التقطير المعملى البسيط ؟
- 4- إشرح مع الرسم عملية التقطير التجزيئى المعملى ؟
- 5- اكتب مذكرات علمية وافية عن تقطير البترول الخام ؟
- 6- وضح مع الشرح والرسم وحدة تقطير البترول الخام ؟
- 7- تكلم بالتفصيل عن وحدة التتقطير الفراغى ؟
- 8- بين بالشرح "أعمدة التجزئة"؟