الباب الثانى
البترول الخام [النفط الخام]

obeikandl.com

obeikandl.com

الباب الثانى

البترول الخام (النفط الخام)

المقدمة :

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

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

أنواع البترول الخام

تختلف أنواع البترول الخام من حيث خواصها الطبيعية كالمظهر (Appearance) والتماسك (Consistincy) باختلاف مصدرها . فتتفاوت من سوائل رجراجة (Mobile) ذات لون بنى . 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 التى يتألف منها هى مركبات ثقيلة ويكون البترول عندئذ مرتفع اللزوجة وخالى من الغازات الذائبة أو محتوياً على كمية ضئيلة منها .

وتتحكم طبيعة البترول الخام الى حد ما فى نوع المنتجات المستخلصة منه وملائمتها للاستعمال فى مجالات معينة . فالبترول الخام النفثينى هو أنسب من غيره لانتاج الاسفلت ، والبترول الخام البارافينى أنسب لانتاج الشمع . كذلك البترول الخام النفثينى ، خصوصاً اذا كان عطرياً ، يؤدى الى انتاج زيوت تزييت (Lubricating oils) تكون لزوجتها شديدة التأثر بالحرارة . غير ان طرق التكرير الحديثة تحقق قدراً كبيراً من المرونة فى استخدام مختلف انواع النفط الخام لصنع أى نوع مرغوب فيه من المنتجات .

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

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

2- **بترول نفثينى 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 البارافينى ، 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 الاسفلتى 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 البرافين والمواد الاسفلتية.

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

التقطير (Distillation)

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

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

وترتبط قابلية التطاير بدرجة الغليان ، فالسائل الذى درجة غليانه منخفضة يكون أكثر تطايراً من السائل الذى غليانه مرتفعة . وعند تسخين سائل ما تزداد طاقة جزيئاته ويصبح فى مقدور عدد كبير منها تخطى سطح السائل الى الفضاء ، أى أن عدداً كبيراً من الجزئيات يتحول الى حالة بخار . وعندما يعادل ضغط البخار الضغط الجوى يغلى السائل . وتشكل درجة الحرارة التى يغلى عندها السائل البترولى درجة غليانه . وتبقى هذه الدرجة ثابتة الى ان يتبخر جميع السائل . وهذه احدى الصفات المهمة التى تتميز بها المواد النقية . وتتغير درجة الغليان بتغير الضغط . فالماء النقى يغلى مثلاً فى الضغط الجوى العادى عند درجة حرارة 373 كلفن ، وكذلك تتميز كل من

الهيدروكربونات الموجودة فى النفط الخام بدرجة غليان خاصة . وتنخفض درجة الغليان بانخفاض الضغط وترتفع بارتفاعه .

التقطير المعملى البسيط :

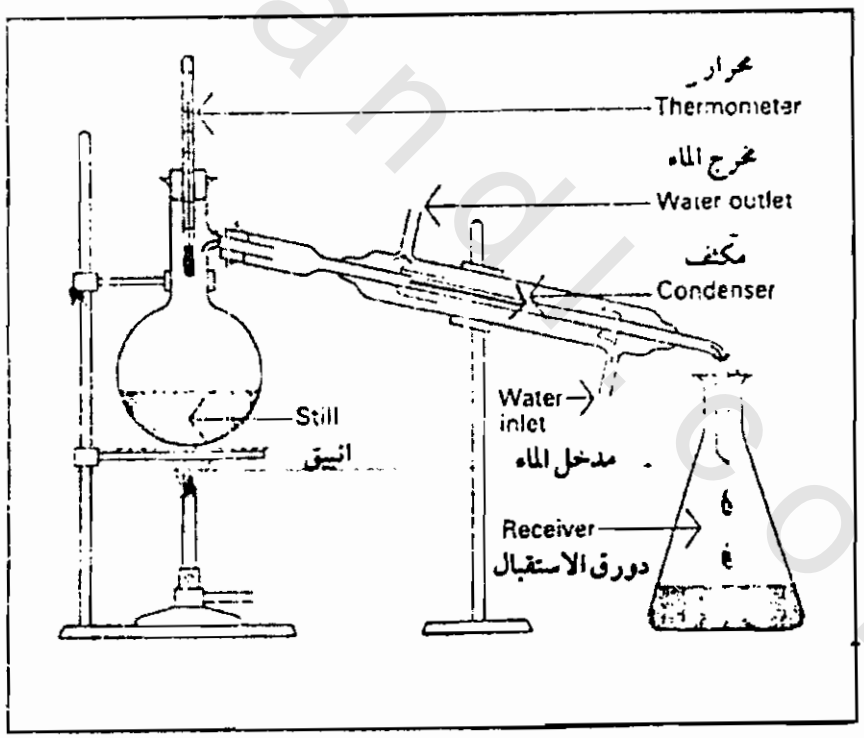
التقطير عبارة عن عملية فيزيائية لفصل سائل أو أكثر من مزيج متجانس . وتنجز عملية التقطير من خلال تبخير السائل بالتسخين واعادة تكثيفه . تعتمد عملية فصل السوائل بالتقطير على الفرق فى درجات غليان مكونات المزيج . وتتم عملية التقطير فى أبسط صورها فى جهاز بسيط للتقطير فى المعمل ومبين فى الشكل التالى حيث يغلى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

وفى حالة مزيج متجانس من عدة مركبات سائلة تختلف فى 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 فى المزيج السائلى . 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 فى الانبيق غنياً بالمركبات الأقل تطايراً . وباستمرار التقطير يتغير تركيب كل من المواد

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

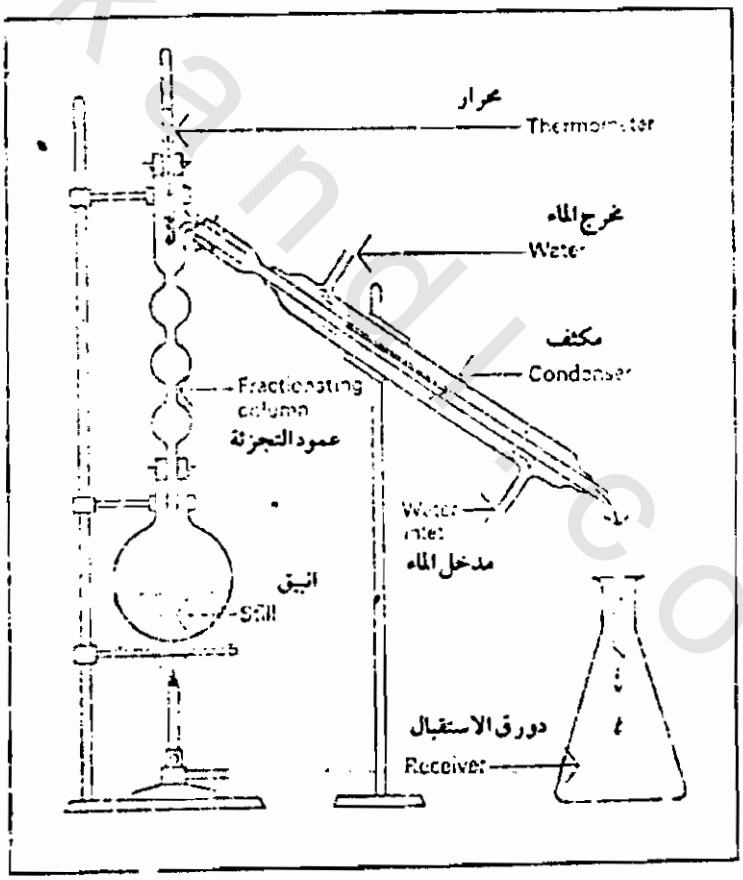
يبدأ الغليان عند درجة حرارة تكون ضمن حدود درجات غليان مركبات المزيج ، وتعتمد على نسبة وجود المركبات فى المزيج ودرجة الغليان الأولية (Initial Boiling point) هى درجة الحرارة التى تسقط فيها أول قطرة . وتزداد درجات الغليان تدريجياً أثناء التقطير فتتقطر المركبات التى ترتفع فيها قابلية التطاير ، ويزداد تركيز 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 التجزيئى المعملى Laboratory Fractional Distillation

لا يمكن فصل المركبات لمزيج ما بصورة نقية فى 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 الضرورى 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 فى الشكل .



الشكل جهاز تقطير تجزيئى معملى

وبهذة الطريقة يتكثف بعض البخار المتصاعد من السائل المغلـــى . وبتكثيف المزيد من البخار المتصاعد تنتج الحرارة التى تعمل علـــى اعـــادة تبخير مركبات السائل الخفيفة ذات درجـــات الغليـــان المنخفضـــة . وهـــذة المركبات تتكثف مرة أخرى، وهكذا تستمر عملية التكثيف والتبخير حتى نهاية العمود. من خلال هذه العملية تتكثف المركبات الثقيلة الأقل تطايراً وتجـــرى عائدة الى القارورة . وهكذا يتولد تياران عكســـيان (Counter Currents) للبخار والسائل . فيتصاعد بخار المواد الاكثر تطايرا فى العمـــود وينحـــدر السائل المكثف فى العمود حيث تزداد درجة غليانه تدريجياً نتيجة انخفـــاض نسبة المكونات المتطايرة . ويتألف البخار الذى يتجاوز قمـــة العمـــود الـــى المكثف فى البداية من المركبات التى درجة غليانها منخفضـــة ثـــم تتقطـــر المركبات التى درجات غليانها اعلى . وبتغير دروق الاستقبال بين حين وآخر يمكن الحصول على مركبات مختلفة بصورة نقية . ويتألف الجزء المفصـــول بهذه الطريقة من مركب نقى نسبياً من مزيج بسيط أو من عدد من المركبات من مزيج معقد . ويعتمد ذلك على تركيب المزيج المراد تقطيره وعلى نـــوع جهاز التقطير . وتدعى هذه العملية بعملية التقطير التجزيئى .

تقطير البترول الخام

يفصل البترول الخام بعملية التقطير التجزيئى الـــى مجموعـــة مـــن المستقطرات والى مختلف (Residue) يتكون من مركبات درجات غليانهـــا عالية . ويتكون كل مستقطر من مجموعة معقدة من المركبات الهيدروكربونية تتميز بدرجات غليان خاصة فى حدود معينة اعتماداً علـــى طبيعـــة ونســـب مكوناته .

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

والفصل الصحيح للبترول الخام الى منتجاته مهم لتلافى تداخل ناتج ما بالناتج الذى يليه . فيجب مثلاً ان لا يحتوى الكيروسين على المركبات الأكثر تطايراً والتى تدخل ضمن ناتج الجازولين حيث تؤدى 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 .

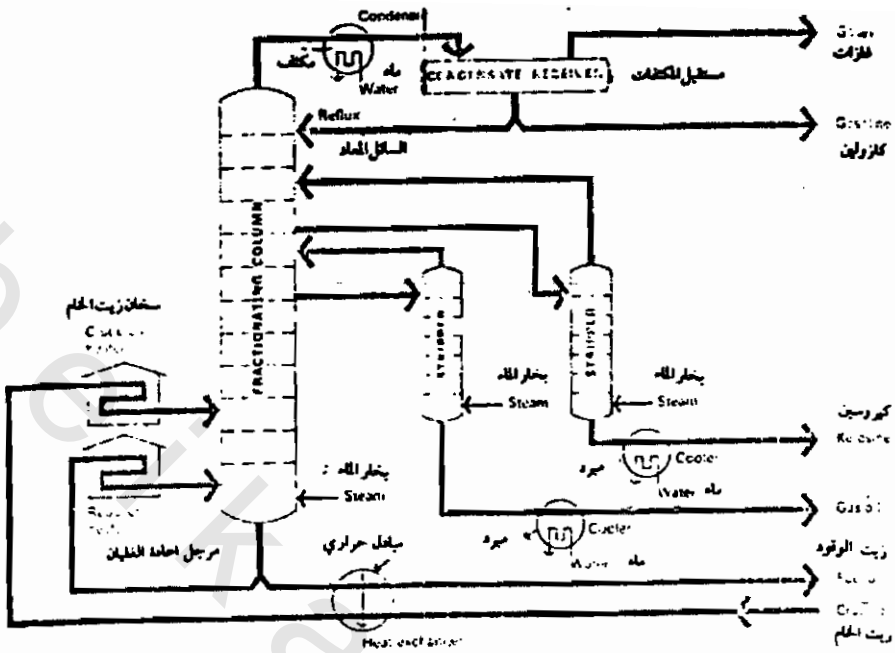
إن الطلب فى يومنا هذا لكميات كبيرة من المنتجات البترولية ولدرجات مرتفعة من الجودة ، يتطلب اجهزة قادرة على العمل المستمر والتجزئة الفعالة . فيسخن البترول الخام الى درجة الحرارة العالية اللازمة لتبخر جميع المركبات الاكثر تطايراً والتى تدخل عمود التجزئة مع المركبات الأقل تطايراً حيث يحدث التكثيف واعادة التبخر بتصاعد الأبخرة 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 البترول الخام الذى لا يتبخر. ويساعد استعمال بخار الماء على فصل المركبات الأكثر تطايراً . فعندما ينفخ بخار الماء بصورة مستمرة خلال البترول الساخن فإنه يساهم

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

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

وحدة تقطير البترول الخام

يبين الشكل التالى وحدة بسيطة لتقطير البترول الخام . يسيل البترول 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 البترول 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 واعادة التبخر مجراها فى قسم التصفية باعادة التقطير (Rectifying Section) ويسيل البترول الساخن الى الطبقة السفلى من العمود حيث يتم التخلص من اى منتجات خفيفة بفعل بخار الماء .



وحدة بسيطة لتقطير النفط الخام

يسحب المنتجان الاكثر تطايراً ، وهما الغاز والجازولين ، من قمة العمود . ويتكثف بخار الجازولين فى المكثف (Condenser) بالماء البارد ، وتبقى الهيدروكربونات الغازية التى لا تتكثف فى حالة بخار حيث تفصل بهذا الشكل . وباعادة جزء من السائل المكثف ويسمى السائل المعاد (Reflux) الى الجزء الأعلى من العمود يتم الحصول على مجرئ 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 فى حالة سائلة ، ويتم اختيار نقاط السحب بحيث تكون منتجات ضمن حدود

درجات غليان محدودة. ويبين الشكل اثنين من المنتجات الجانبية هما الكيروسين وزيت الغاز . ولغرض الحصول على مستقطرات أنقى ولتفادى استعمال رئيسى طويل وبالتالى اكثر كلفة ، يقطر كل سائل جانبى مرة اخرى فى عمود تعرية (Stripping Column) جانبى ، والذى هو بالفعل عمود تقطير صغير تنجز فيه عملية تنقية المستقطر الجانبى من المركبات الاكثر تطايراً من تلك التى تدخل ضمن ذلك المستقطر بمساعدة بخار الماء الذى يدخل العمود من اسفله . وتعاد أبخرة المواد الاكثر تطايراً الى العمود الرئيسى ، وتبرد المنتجات المسحوبة من قاع عمود التعرية الجانبى قبل خزنها .

وللحفاظ على درجة الحرارى المناسبة فى قاع العمود (وبالتالى 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 فى قمة العمود .

وحدة التقطير الفراغى (Vacuum Distillation Unit)

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

ويلاحظ فى 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 والتى لا تقتصر مهمتها على تسجيل درجات الحرارة والضغوط 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 فقاقيع (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 واعادة التبخر فى كل صينية وتتصاعد الأبخرة وتنحدر 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 الشبكى (Grid Trays) ومنها المنخلى (Sieve Trays) وجميعها تعمل بنفس الأسس العلمية .

obeikandl.com

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 التقطير الفراغى ؟

8- بين بالشرح "أعمدة التجزئة"؟

obeikandl.com