الفصل الثالث

وحدات أنتاج المشتقات الخفيفة

الفصل الثالث

الهدف :تعريف الطالب بالوحدات والعمليات التشغيلية الخاصة بإنتاج المشتقات الخفيفة والتحكم بالمواصفات والسيطرة على الظروف التشغيلية خلال ألسنه الدراسية .

وحدات إنتاج وتنقية المشتقات الخفيفة :

١- أنواع المصافي :

تقسم العمليات الصناعية النفطية إلى :

١- عمليات الفصل
٢- العمليات التحويلية
٣- المعالجة الكيمياوية

- عمليات الفصل :التقطير، الامتصاص ، الامدصاص (الامتزاز) ، الاستخلاص .

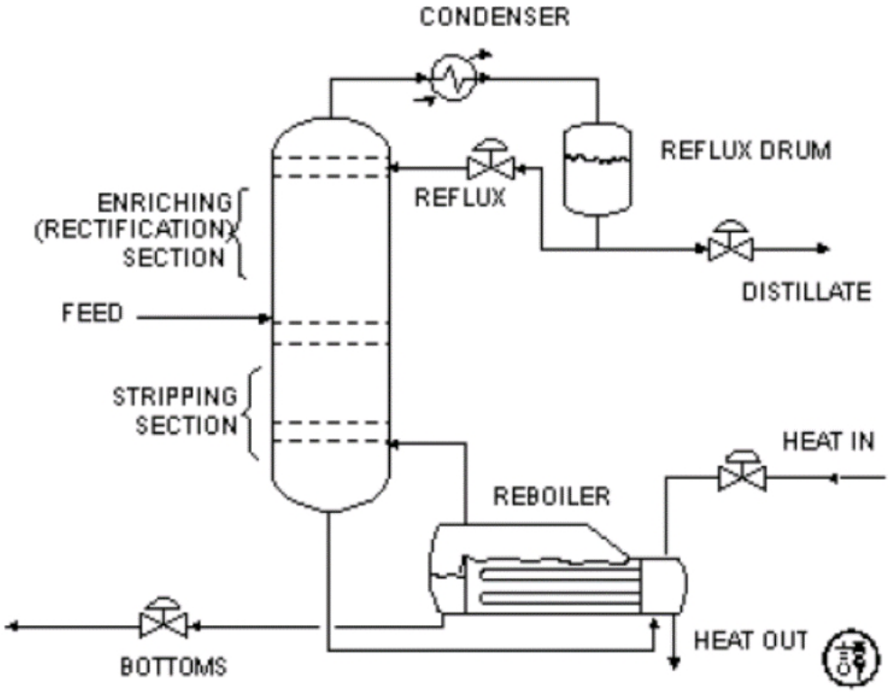
أماأهم العمليات الأساسية في الصناعة النفطية فكما يلي :

١-التقطير Distillation :

يعرف التقطير بأنه العملية التي يمكن بواسطتها فصل خليط من السوائل الذائبة في بعضها (**Miscible Liquids**)وذلك برفع درجة الحرارة للخليط حيث يتطاير بعضها قبل الأخر اعتمادا على الفرق في درجات الغليان و الفرق في الضغوط البخارية .

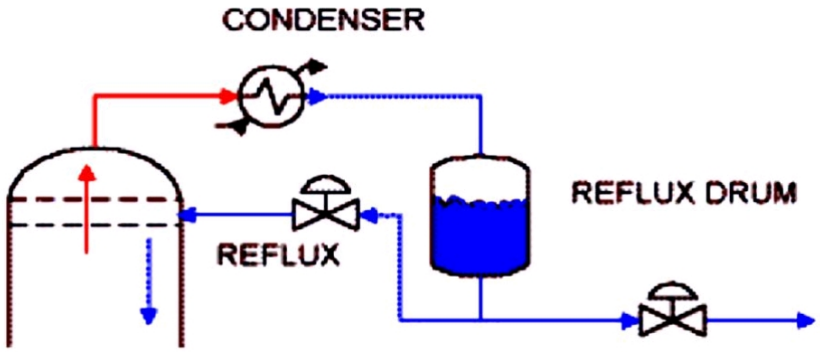
والتقطير أنواع منها ما يشابه تقطير (ASTM) حيث يعرض الخليط للغليان وتجمع أبخرة الناتج بعد تكثفها . وهذه العملية ليست مستمرة (Batch) ولا تعطي درجة نقاوة عالية للمنتجات . واهم أنواع التقطير هو التقطير ألتجزيئي ويسمى (fractionation) أو (Fractional Distillation) ويؤدي إلى درجة فصل عالية . وهو المستخدم في إيجاد درجات التقطير الحقيقية TBP للنفط الخام .

والشكل(١٨) يوضح هذا النوع من التقطير .



شكل (١٨) التقطير التجزيئي

حيث تضخ المادة بعد تسخينها في فرن الى منتصف برج اسطواني راسي فيفصل إلى بخار يتصاعد إلى أعلى ويسحب من قمة البرج ، وسائل إلى أسفل البرج يسحب من قاع البرج . ثم إن البخار يوجه إلى مكثف يتحول معظمه إلى سائل يعاد جزء منه الى البرج مرة اخرى ويسمى هذا الجزء بالراجع (Reflux) ، وجزء آخر يؤخذ كناتج لاحظ الشكل رقم (١٩) . اما الراجع فله مهمة أساسية وهي تكثيف أبخرة السوائل الثقيلة التي لا يراد لها إن تخرج مع أبخرة المواد الخفيفة وبذلك يعمل على تنقية المنتج العلوي.ويظل الراجع مستمرا في أداء هذه الوظيفة خلال جريانه إلى الأسفل ،والراجع كذلك يحافظ على حرارة أعلى البرج .

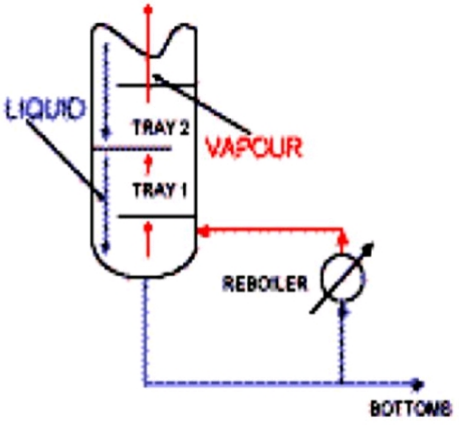


شكل (١٩) منظومة الراجع اعلى البرج

ان عملية التقطير التي تجري على سطح الصينية تمثل عملية تكثف وتبخر في نفس الوقت حيث عند تلامس الابخرة الصاعدة مع السائل النازل على سطح الصينية يحصل تبادل حراري نتيجة

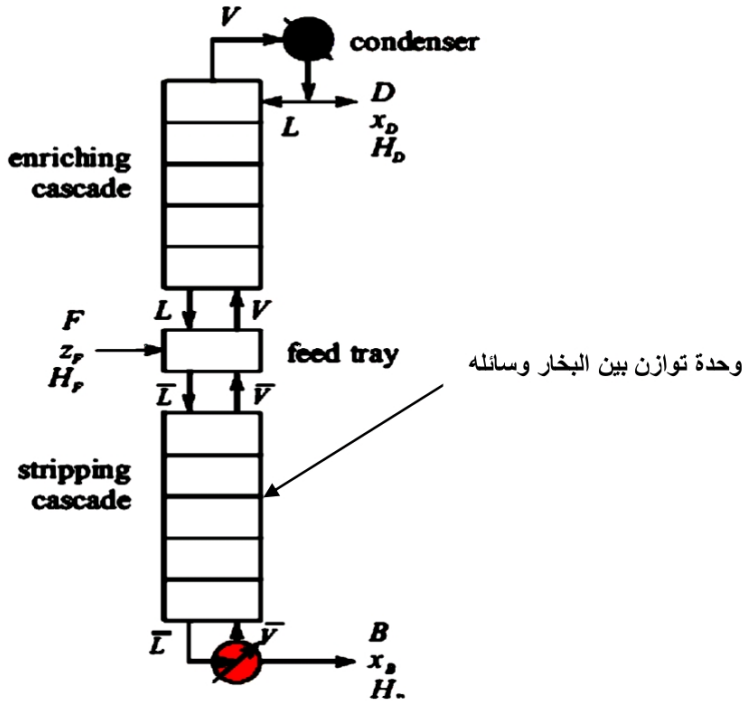
الفرق في درجات الحرارة حيث يعتبر السائل النازل وسيلة التبريد للابخرة المتصاعدة والابخرة وسيلة تسخين الى السوائل النازلة وبذلك فأن الابخرة الثقيلة في تيار الابخرة سوف تتكثف بسرعة بسبب انخفاض درجة حرارة السائل بالنسبة اليها اما المواد الخفيفة الموجودة في السائل فسرعان ما تتبخر بسبب اكتساب السائل حرارة من الابخرة المتكثفة .

وتوجه سوائل قاع البرج إلى مرجل إعادة الغليان (Reboiler) لانتزاع المكونات الخفيفة التي قد يكون موجودة في هذه السوائل لاحظ الشكل رقم (٢٠) . غير انه في معظم أبراج التقطير في المصافي يتم ذلك باستخدام بخار مباشر يضخ أسفل البرج ليقوم بوظيفة هذا المرجل



شكل (٢٠)منظومة معيد الغليان اسفل برج التقطير

والشكل التالي رقم (٢١) يوضح سريان البخار والسوائل في البرج ويبين أيضا ما يسمى بوحدة التوازن Equilibrium stage ويتكون البرج من عدد من هذه الوحدات التي يحدث في كل منها اتزان للمواد الداخلة إليها والخارجة منها.



شكل (٢١) وحدات التوازن بين البخار وسائله في برج التقطير

وينشأ هذا الاتزان عن انتقال المواد Mass Transfer بين البخار الصاعد إلى هذه الوحدة والسائل النازل إليها. حيث يعمل السائل على تكثيف جزء من البخار .. فيفقد حرارته الكامنة ويكتسبها جزء من السائل فيتبخر ، وبذلك يحدث تبادل مادي بين السائل والبخار ينشا عن التبادل الحراري بينهما. وهذا جوهر عملية التجزئة والتي تعتمد أساسا على الراجع النازل من قمة البرج والبخار المتصاعد من المرجل . فالبخار الصاعد ينتزع المواد الخفيفة من السائل النازل فيجعل البخار المتصاعد اغني بالمواد الخفيفة ، والسائل النازل يكثف المواد الثقيلة المتصاعدة في البخار،فيجعل السائل النازل أغنى بهذه المواد الثقيلة . وبذلك تتم التنقية من مرحلة إلى أخرى حتى يصبح البخار الخارج من قمة البرج يكاد يكون نقيا من المواد الثقيلة ، والسائل النازل من قاع البرج يكاد يكون نقيا من الموا د الخفيفة .

وجدير بالذكر إن سعة وحدة الاتزان يجب أن يكون كافيا لإتمام عمليات الانتقال الحراري Heat Transfer ، والانتقال المادي Mass Transfer بين البخار والسائل حتى يحدث الاتزان ، وبذلك يخرج البخار والسائل من هذه الوحدة في حالة توازن ، وتسمى هذه العملية التجزئة Fractionation أو التصفية Rectification . وتتم أساسا في الجزء العلوي من البرج بين مدخل المادة المغذية وقمة البرج ولذلك يسمى هذا الجزء هذا الجزء Rectifying Section . أما الجزء السفلي من البرج فيتم فيه أساسا انتزاع المواد الخفيفة من السائل النازل إلى القاع ولذلك يسمى جزء النزع Stripping Section . وفي العادة يتم وضع مواد حشو أو حواجز داخل البرج تتيح وقتا أطول للبخار الصاعد والسائل النازل للتلامس والتبادل الحراري المادي . ومواد الحشو المستخدمة تكون خاملة من الفخار او الفولاذ ويسمى البرج في هذه الحالة (Packed tower) . وتستخدم في بعض الأبراج حواجز عبارة عن أقراص مثقبة من

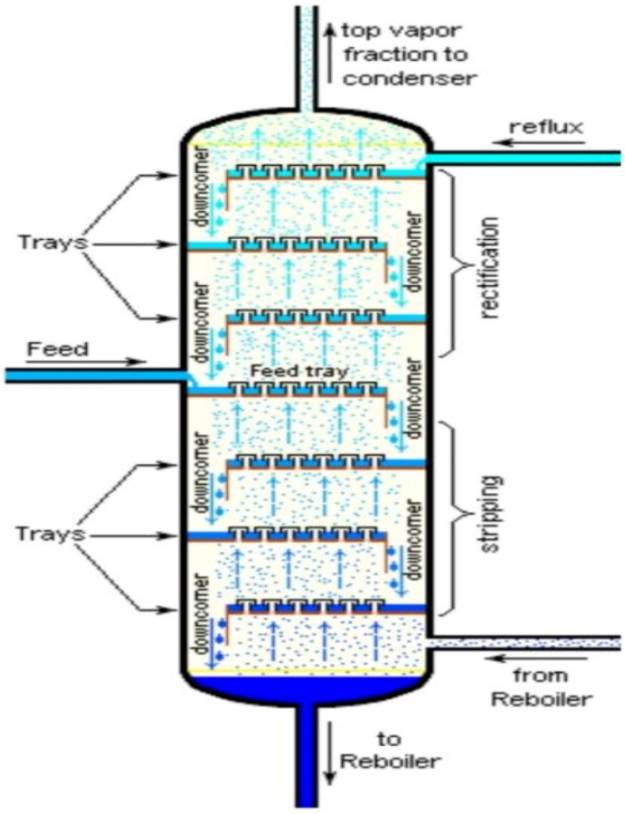
المعدن تسمى صواني (Plate or Tray Tower) ويسمى البرج في هذه الحالة برج الصواني

(Plate Or Tray Tower) .

وأشهر أنواع الصواني المستخدمة في الصناعة هي :

١- الصواني المثقبة (Sieve Plates) .
٢- صواني الصمامات (Valve Plates) .
٣- صواني أكواب الفقاقيع (Bubble Cup Plates) .

والشكل رقم (٢٢) يوضح برج تقطير يحتوي على صواني مختلفة



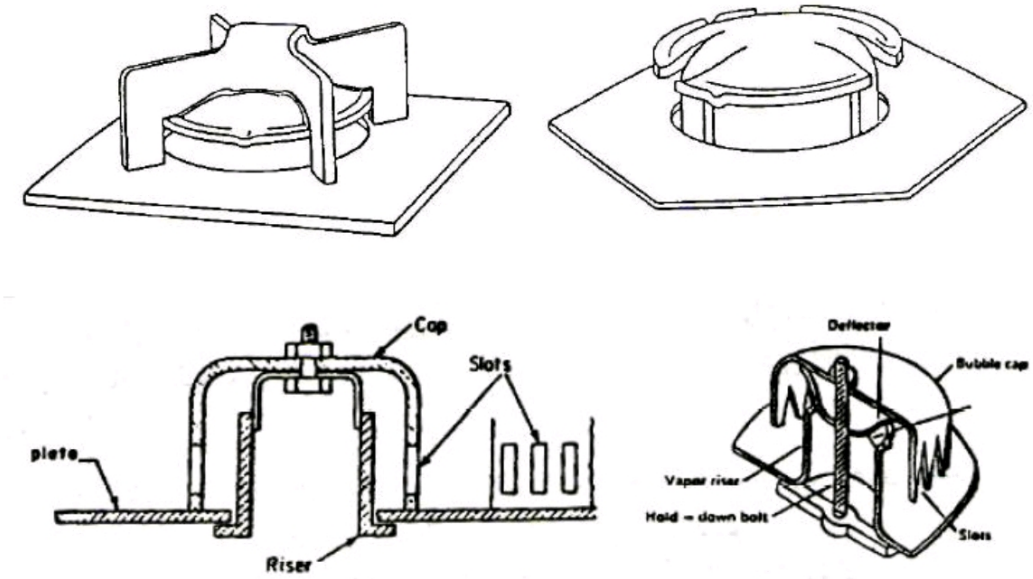
شكل (٢٢)برج تقطير يحتوي على صواني مختلفة

ويوضح الشكل أعلاه أيضا انطلاق البخار خلال فتحات الصواني Plate Perforations فيلتقي بالسوائل المحجوزة على الصواني بواسطة الحاجز Over Flow Weir فيتم التبادل الحراري والمادي ثم ينتقل السائل إلى أسفل خلال أنابيب النزول Down Comers . ويستمر البخار في انطلاقه إلى الصواني الأعلى . وفي حالة الصواني المثقبة (صواني المناخل) يمكن للسائل أن ينزل من فتحات الصواني إذا قل ضغط البخار الصاعد وبذلك لا يتم التبادل الحراري والمادي بكفاءة .

أما في الصواني الأخرى فان السائل لا يستطيع النزول من فتحات الصواني مهما قل ضغط البخار وعليه فقط أن يستخدم أنابيب النزول في المرور من صينية إلى أخرى أسفل منها .. وبالتالي فان هذه الأنواع أعلى كفاءة من صواني المناخل .

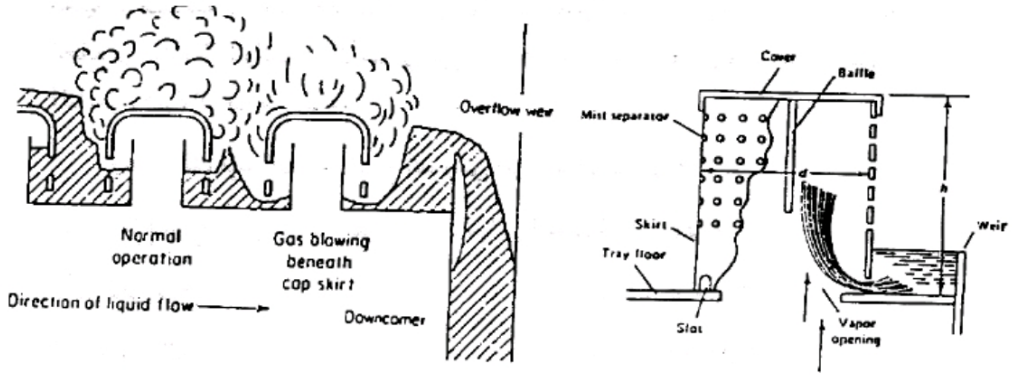
والشكل (٢٣) يبين مقطعا لكوب فقاقيع يوضح إنها تحتوي على عدد من الثقوب الصغيرة Slots يمر خلالها البخار ... والكوب مثبت فوق الصينية التي تزود بمصاعد البخار Vapor risers خلال الأكواب ..

بحيث ينطلق البخار من فتحات الصينية خلال هذه المصاعد إلى ثقوب الكوب ثم يمر من أسفل الكوب عابرا خلال السائل الموجود فوق الصينية كما في الشكل (٢٤)



شكل ٢٣

مقطع لكوب صينية الفقاقيع



شكل ٢٤

وإما صواني الصمامات فهي اقل كلفة وليست بأقل كفاءة بكثير . حيث تعتمد فتحة الصمام على ضغط البخار .. فإذا ارتفع ضغط البخار انفتح الصمام .. وإذا انخفض ضغط البخار انخفض الصمام إلى أسفل بحيث تضيق الفتحة . ويمكن أن تغلق كلياً إذا لم يكن هناك بخار .. وبذلك يمنع السائل من النزول خلال هذه الفتحات .

وجدير بالذكر انه إذا ارتفع ضغط البخار بصورة كبيرة في أي من الأنواع المختلفة فانه قد يستطيع حمل السائل معه من صينية إلى اخرى اعلى منها ويؤثر ذلك على كفاءة تشغيل البرج لان درجات حرارة الصواني مختلفة وتركيز السوائل عليها مختلف . وتسمى هذه الظاهرة بالاصطياد Entrainment وإذا وصل السائل المحمول بالبخار إلى الصينية العليا فيمكنه أن يدخل مع البخار إلى المكثف العلوي.. وتسمى هذه الظاهرة بالفيضان Flooding والسبب الأساسي في ذلك ارتفاع ضغط البخار في المرجل عن الحد المناسب لكمية الراجع من المكثف .

وفي الشكل (١٤) يتبين إن هناك أنبوبة نزول واحدة من صينية إلى أخرى .. وهناك أنواع من الأبراج تحتوي على أكثر من أنبوبة نزول بين الصواني .. وهو ما يسمىبمتعدد السريان Multi Pass Flowوقد تكونأنبوبة النزول راسية مستقيمة كما يرى في نفس الشكل وقد تكون أيضا مائلة بزاوية معينة .

٢-الامتصاص Absorption

هي عمليات فصل غاز من خليط من الغازات بواسطة سائل مذيب يستطيع إذابة ذلك الغاز من الخليط دون الغازات الآخرى ويمكن استرجاع المذيب بعد ذلك بعملية عكسية تسمى النزع Stripping or Desorption باستخدام البخار او الهواء الساخن . ويستخدم الامتصاص في مصافي النفط في فصل الغازات ذات الخطورة والضرر والتركيز العالي نسبياً مثل غاز كبريتيد الهيدروجين وثاني اوكسيد الكربون من الغازات البترولية بمذيبات مثل المحاليل الامينية Amine Solutions او كربونات البوتاسيوم (K_2CO_3) ويتم الامتصاص عادة في أبراج صواني أو أبراج ذات حشوة .

عملية الفصل بالامتصاص تتم باستخدام طرق فيزياوية وطرق كيمياوية :

١- **الطريقة الفيزياوية** : ويتم باستخدام سوائل مذيبات عضوية مثل Selexol ، Sulphinol ، Purisol ، Fluor وغيرها ويستخدم في تحليه الغاز الطبيعي من الغازات الحامضية مثل

(CO ، H2S) وكذلك تستعمل مادة النفثا لفصل الغازات النفطية السائلة (البر وبان ، البيوتان ، ... الخ) من الغازات المطروحة من الوحدات التشغيلية في قسم الزيوت الخفيفة ، أي في عملية تصنيع الغاز السائل في المصافي . وكذلك تستعمل مجففات سائلة مثل الكلايكول الثنائي والثلاثي في تجفيف الغاز الطبيعي .

٢-**الطرق الكيمياوية** : وتتم باستخدام سوائل مذيبة حيث يحدث تفاعل كيمياوي بين المذيب والمادة المذابة وكفاءة العملية تعتمد على سرعة التفاعل العكسي لتحرير الغازات المذابة مثلا

استعمال الصودا الكاوية لتحلية الغازات والغاز السائل للتخلص من غاز كبريتيد الهيدروجين والمركبات الخفيفة .

المواصفات المطلوبة في المذيب :

١- يجب أن تكون القابلية على امتصاص الغاز عالية مما يزيد من معدل الامتصاص ويقلل من كمية المذيب المطلوبة .
٢- يجب أن يكون للمذيب ضغط بخاري واطئ (تطايرية واطئة) وذلك لكي لا يفقد او يتطاير مع الغازات الخارجة من البرج .
٣- يجب أن لا يسبب تآكل ولا يساعد عليه
٤- يجب أن يكون متوفراً وتكاليفه اعتيادية
٥- تفضل اللزوجة الواطئة وبذلك يكون معدل الامتصاص سريع ، وتقل حالات الفيضان Flooding في برج الامتصاص ، وانخفاض الحمل Load على المضخات ، وتكون خواص انتقال الحرارة جيدة .
٦- يجب أن يكون غير سام ، غير قابل للاشتعال ،ومستقر كيمياويا (لايتحلل بالحرارة ولا يتاثر بمكونات الخليط الغازي) ، درجة انجماده واطئة .

أما قابلية ذوبان الغاز او الغازات المراد فصلها بعملية الامتصاص فتعتمد على :

١-درجة حرارة الامتصاص ،حيث أن قابلية الامتصاص تقل بارتفاع درجة الحرارة لذلك يجب أن تكون درجة الحرارة عبر برج الامتصاص ثابتة .

٢- الضغط ، كلما زاد الضغط داخل برج الامتصاص زادت عملية الإذابة ، وكلما كان الضغط الجزئي للغاز المذاب أعلى كلما كانت عملية الامتصاص أكثر .

٣-الامدصاص (الامتزاز) Adsorption

تصلح هذه العمليات في فصل بقايا المواد ذات التركيز الواطئ التي لا تزال موجودة في خليط معين وتسبب تغيرا في لونه او رائحته او تسبب عدم استقرار مكونات الخليط – او تغيرا في خواصه الكيميائية – بتنشيط الاكسده او التآكل في المعدات التي تستخدم في تناول هذه المواد .

وعادة يتم فصل هذه البقايا – الموجودة بنسب صغيرة جدا – بواسطة مواد صلبة مسامية – حيث يتم امتزاز هذه البقايا على سطوح وفي مسامات هذه المواد الصلبة . واهم المواد الصلبة المستخدمة في عمليات الامتزاز هي الكربون المنشط Activated Carbon والسلكا جل Silica Gel والمناخل الجزيئية Molecular Sieves وهي مواد مصنوعة من الزيولايت Zeolites على هيئة مناخل Sieves بها فتحات صغيرة جدا تستطيع احتجاز بعض الجزيئات فوقها وتمرر الأخرى أي أن هذه الفتحات قطرها يتناسب مع جزيئات المواد المراد امتزازها .

وتستخدم عمليات الامتزاز في المعالجة النهائية للكازولين والكيروسين وزيوت التزييت وغيرها ، وذلك لفصل المواد الملونة و الرطوبة والشوائب الأخرى الموجودة بنسب صغيرة جدا . ويتم الامتزاز عادة في أبراج حشو Packed Towers يكون الحشو فيها هو المادة الصلبة Adsorbing Solid على هيئة طبقة ثابتة Fixed – bed .

٤-الاستخلاص : Extraction

هناك بعض المخاليط لا يمكن فصلها بالتقطير لأسباب منها على سبيل المثال : إن هذه المخاليط تتأثر بالحرارة او إن درجات غليان المخاليط متقاربة فتتطاير مع بعضها عند مدى صغير من درجات الحرارة او أن هذه المخاليط تكون فيما بينها ما يسمى بالمخاليط ذات درجات الغليان الثابتة Azeotropes أي أن المخلوط يتصرف كأنه سائل نقي ولذلك لا يمكن فصل مثل هذا الخليط بالتقطير ، لذلك تستخدم عملية الاستخلاص . وفي عملية استخلاص السوائل يضاف إلى الخليط المراد فصله سائل آخر يستطيع إذابة بعض مكونات الخليط فقط ولا يختلط ببقية مكوناته فيسهل فصله بما ذاب فيه عن المكونات الأخرى تماما كما يفصل الزيت عن الماء بالجاذبية .

وتستخدم هذه العملية في تنقية الكازولين والكيروسين من المواد الكبريتية باستخدام محاليل الصودا الكاوية او حامض الكبريتيك او محلول الدكتور Na2Pbo2 كمذيبات .

وتستخدم أيضا عمليات استخلاص السوائل في فصل الإسفلت عن زيوت التزييت Deasphalting وكذلك في فصل الشمع منها Dewaxing والمواد الراتنجية Resins بمذيبات منا سبة ، ويتم الاستخلاص في مصافي النفط عادة في أبراج أيضا يمكن أن تكون من نوعيات أبراج الصواني Plate Towers او أبراج حشو Packed Towers او أبراج الأقراص الدوارة Rotating Disc Contactors .

العمليات التحويلية:

وهي عمليات كيميائية تندرج تحت العمليات الكيميائية الموحدة Unit Processes حيث تتعرض المواد فيها لتغيرات كيميائية تؤدي إلى تكون مواد مختلفة كيميا ئيا وفيزيا ئيا عن المواد الأصلية .

واهم هذه العمليات :

عمليات التكسير ، عمليات التهذيب الحفازي (تحسين البنزين) ، عمليات البلمرة ، عمليات الالكلة ، عمليات الازمرة .

عمليا ت التكسير (Cracking Processes):

تبين انه عند تعريض جزئ برا فيني كبير لدرجة حرارة عالية فانه يتكسر وتتحول سلسلته الطويلة إلى عدد من السلاسل الصغيرة . ويؤدي ذلك إلى تكون مواد خفيفة مختلفة كل الاختلاف عن المادة الأصلية ، مثل هذا التكسير يسمى بالتكسير الحراري Thermal Cracking ويمكن الإسراع بمعدل التكسير إذا تمت العملية في وجود عامل حفاز وتسمى عندئذ بالتكسير الحفازي Catalytic Cracking وإذا تم التكسير في وجود الهيدروجين أيضا تسمى العملية بالتكسير الهيدروجيني Hydro cracking .

وجميع هذه العمليات تتم في مصافي النفط ، وتستخدم لتحويل المنتجات الثقيلة إلى منتجات اخف وانفع وذات قيمة أعلى . فالتكسير الحراري يستخدم لتحويل زيوت الوقود الثقيلة إلى زيت الغاز فيما يسمى بعملية التفحيم البطئ Delayed Coking وفي تخفيض لزوجة زيوت الوقود يسمى Viscosity Breaking

والتكسير الحفازي والهيدروجيني يستخدمان في تحويل زيوت الغاز إلى كازولين .

وتتم عمليات التكسير الحراري في ملفات التسخين في الأفران Fire – heaters Coils . وأما التكسير الحفازي والهيدروجيني فتتم في مفاعلات خاصة يمكن أن تكون على هيئة طبقة ثابتة Fixed- bed اوطبقة مميعة Fluidized- bed وسنناقش أنواع المفاعلات هذه عند التعرض لعمليات التكسير .

عمليات التهذيب الحفازي (Catalytic Reforming Processes) :

يقصد بالتهذيب إعادة تشكيل بعض الجزيئات بتحويلها إلى جزيئات أخرى ذات خواص أفضل . فمثلا يمكن تحويل البرافينات المستقيمة إلى برافينات متفرعة ذات اوكتان أعلى ، ويمكن تحويل النفثينات إلى مواد اروماتية أفضل .وهذه عمليات كيمياوية تتم في وجود عوامل حفازة وحرارة مرتفعة وضغط عالي وتستخدم في المصافي في تحويل النفثا الثقيلة الناتجة من وحدة التقطير الجوي إلى عالي الجودة .. أي ذو عدد اوكتاني مرتفع . وتتم عمليا ت التهذيب عادة في مفاعلات ذات طبقة ثابتة

عمليا ت البلمرة والالكلة (Polymerization and Alkylation) :

البلمرة هي عملية تجميع الجزيئات الصغيرة الغير مشبعة الاولفينات Olefins إلى جزيئات اكبر ذات سلاسل أطول من ذرات الكربون .

وتستخدم هذه العملية في المصافي في الاستفادة من الاوليفينات في الغازات البترولية مثل

البروبلين والبيوتلين وتجميعها لإنتاج مواد في مدى الكازولين .

والالكلة .. معناها العام إدخال مجموعة الكيل (R) إلى مركب عضوي .. أما في المصافي فالمقصود بالالكلة تفاعل الاولفينات الخفيفة مع الايزوبيوتان (i-C4) لإنتاج كازولين أيضا ذو رقم اوكتان مرتفع .

وتتم هذه العمليات في مفاعلات خاصة سنتعرض لها بايجاز عند مناقشة هذه العمليات .

المعالجة الكيمياوية (Chemical Treatment) :

قد يحتاج الأمر أيضا إلى معالجة بعض المنتجات البترولية بعمليات كيميائية حيث يتم فيها أكسدة الشوائب بحامض الكبريتيك المركز وذلك لتحسين خواص هذه المنتجات من حيث اللون والرائحة والثبات وقد يضاف إليها بعض المواد ضد التآكل وضد الأكسدة حتى يضمن ثباتها لمدة طويلة قبل استعمالها .