جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

الرسم الصناعي

الصناعي / تكرير النفط ومعالجة الغاز

الـثـالـــث

جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

الرسم الصناعي

الصناعي / تكرير النفط ومعالجة الغاز

الـثـالـــث

المؤلفون

الدكتور المهندس
كاظم نوري عبد
د. شاكر محمود أحمد

الدكتور المهندس
محمد فاضل عبد علي
م. علاء إبراهيم كريم

م . علي محسن غضبان

الطبعة الثالثة
1447 هـ - 2025 م

المقدمة

يعد الرسم الصناعي بمثابة اللغة التي تمكن المتخصصين من التعبير عن أي تصميم بطريقة تمكن الآخرين من فهمه وتطويره وتصنيعه. ويكون هذا الرسم وفقا لمعايير متفق عليها بالنسبة للشكل والتسمية والمظهر والحجم وما إلى ذلك. ويهدف الرسم الصناعي إلى استيعاب كافة الخواص الهندسية لنظام أو منتج ما بشكل واضح. والغاية الأساسية من الرسم الصناعي هي توصيل المعلومات الأساسية التي تمكن المصنع من إنتاج المكونات سواء كانت أجهزة ، مكائن او خطوط انتاج .

والرسم الصناعي هو لغة فنية وهندسية تستخدم في التفاهم ونقل الأفكار ، سواء كان ذلك عن طريق الكتابة (تحضير رسومات) أو عن طريق القراءة (دراسة رسومات سبق تحضيرها). والرسم الصناعي له قواعد وأسس تحتاج الى دراسة سليمة ومران كامل ودقة تامة ويعتبر الوسيلة الوحيدة التي تعتمد عليها العمليات الإنتاجية والصناعية ، اذ لا يمكن تصنيع مبادل حراري لاستخدامه في الصناعات النفطية دون اجراء عمليات التصميم والرسم لكل جزء من أجزاء المبادل

الكتاب الحالي (الرسم الصناعي للصف الثالث تخصص تكرير النفط ومعالجة الغاز) هو احد الكتب المتخصصة في المجال المذكور. يتضمن الكتاب جزأين هما ، رسومات الأجهزة والمعدات ذات العلاقة بعمليات تكرير النفط ومعالجة الغاز سواء كان الطبيعي ام المصاحب ، والجزء الاخر مخططات تدفقية لبعض العمليات النفطية التي تجري داخل المنشآت والمصافي النفطية ، وجميع الرسومات مزودة بشروحات توضيحية .

نرجو من الاخوة التدريسيين القائمين بتدريس الكتاب الاهتمام بشرح الرسومات للأجهزة والمخططات التدفقية لكي يفهم الطالب ما يرسمه بالشكل الذي يؤدي زيادة معلوماته وبالتالي تطوير الجانب المعرفي لديه . إضافة الى تزويدنا بملاحظاتهم واراءهم حول ما يحتويه الكتاب من مادة علمية وهذا جزء أساسي من عملية تطوير الكتاب .

والله ولي التوفيق

المؤلفون

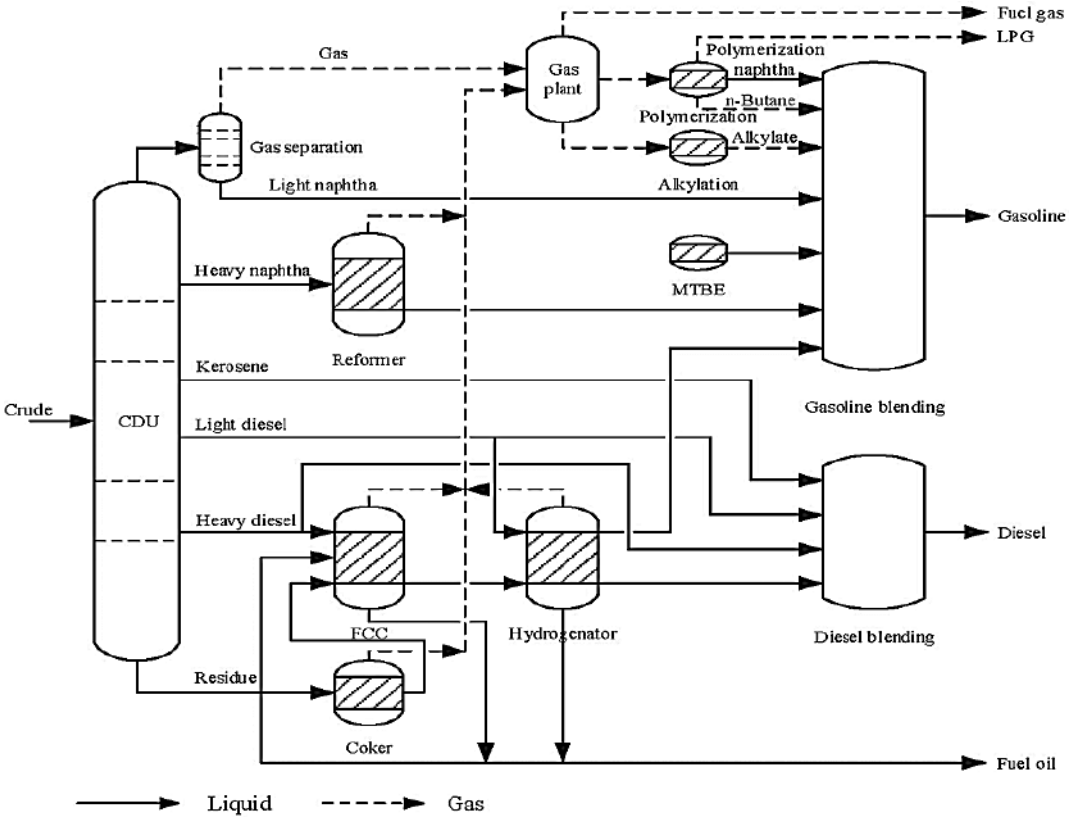
الطبعة الثانية **1444 هـ - 2023 م**

الفصل الأول

مخططات العمليات الإنتاجية في الصناعة النفطية

1 – 1 مخطط المنتجات الخفيفة في المصافي الحديثة

ان عملية تكرير النفط الخام للحصول على منتجات التقطير التي تدخل في الاستهلاك اليومي في الأسواق العالمية هي عبارة عن مراحل التقطير التي تبدأ من تسلم النفط الخام في المصافي . لتمر عملية الإنتاج بمراحل متعددة لغرض الحصول على المنتجات الخفيفة ، وتطلق تسمية المنتجات الخفيفة على الكازولين، والكيروسين، وزيت الغاز والغاز، المسال للطبخ . وهو ماموضح في مخطط المنتجات الخفيفة في المصافي الحديثة في الشكل (1-1).



الشكل (1-1) مخطط ميسر للمنتجات الخفيفة في المصافي الحديثة (اثرائي)

لدراسة المخطط الانسيابي للمنتجات الخفيفة لابد من توضيح بعض المفاهيم للعمليات الإنتاجية المتتابعة، وهي كالآتي :

1 – وحدة التقطير الجوية Atmospheric distillation unit :

تقوم هذه الوحدة بتقطير النفط الخام الى منتجات وهي مادة النفثا بنوعيها النفثا الخفيفة، والنفثا الثقيلة، والكيروسين، وزيت الغاز، وهذه المنتجات تشكل (% 49 - 47) من كمية النفط الخام الداخل الى الوحدة ، اما البقية التي نسبتها (53% - 51) فتمثل النفط الأسود الذي يخرج غير مقطر من اسفل برج التقطير. وهنا لا بد من الإشارة الى ان المقطرات الخفيفة التي تخرج من من اعلى برج التقطير هي عبارة عن نفثا خفيفة، ونفثا ثقيلة، وغازات البروبان، والبيوتان، وكذلك الميثان، والايثان .

2 – وحدة التقطير الفراغي Vacuum distillation :

تعمل الوحدة باستخدام النفط الأسود كمادة أولية وإذ يخرج من اسفل برج التقطير في وحدة التقطير الجوي ، إذ تعمل الوحدة تحت ضغط متخلخل في برج التقطير، وبهذا تنتج الوحدة نسبة جيدة من زيت الغاز الخفيف والثقيل إذ تقرب النسبة من % 30 . اما اسفل برج التقطير الفراغي فتخرج المركبات الجيرية الثقيلة .

3 – وحدة إزالة الكبريت Sulphur Removing unit

ان النفط الخام يحتوي على نسبة من الكبريت والمركبات الأخرى وكذلك نسبة من المعادن الثقيلة ، إذ تحتوي المنتجات في وحدة التقطير الجوي على نسب عالية من تلك المركبات والمعادن غير المرغوب بها ، لذا يجب التخلص منها عن طريق هدرجتها وتحويلها الى غازات يمكن فصلها، مثل غاز كبريتيد الهيدروجين، والامونيا، وبخار الماء ، وتتم التفاعلات بإضافة غاز الهيدروجين بواسطة مفاعل مجهز بالعامل المساعد . تستخدم النفثا الخفيفة والنفثا الثقيلة بعد إزالة الكبريت كمواد أولية في وحدات تحسين البنزين والازمرة إذ تعمل الوحدة بنحو جيد مع ضمان عدم تلف العامل المساعد . وكذلك هناك طرائق أخرى هي Merox لإزالة المركبتانات .

4 – وحدة الأزمرة Isomerization unit

يتم فيها تحويل المركبات الخفيفة ذات السلاسل القصيرة (النفثا الخفيفة) بواسطة عدد من التفاعلات باستخدام العامل المساعد إذ ينتج كازولين محسن ذو مواصفات عالية يصل عدد الاوكتان له 86 .

5 – وحدة تحسين البنزين Catalytic reforming :

يتم فيها تحويل النفثا الثقيلة الى كازولين ذي عدد اوكتاني يصل من 92 الى 98 عن طريق جملة التفاعلات باستخدام العامل المساعد .

6 – وحدة التكسير الحراري Thermal cracking unit :

وحدة تكسير المركبات الثقيلة مثل القير والمركبات الأخرى من نواتج التقطير الفراغي بواسطة سلسلة تفاعلات باستخدام العامل المساعد ، وينتج من الوحدة كازولين عالي المواصفات . كذلك ينتج غاز البروبان، والبيوتان القابلة للتسييل ، وكذلك تنتج زيوتاً تستخدم كوقود .

7 – وحدة الغاز المسال LPG unit :

ان وحدة انتاج ال LPG تعمل بالتسلسل الآتي :

1 – اذابة LPG بالنفثا الثقيلة الخالية من المركبات الكبريتية .

2 – فصل الغازات الخفيفة كالهيدروجين، والميثان، والايثان، عن البروبان، والبيوتان .

3 – يتم فصل ال LPG عن النفثا الثقيلة وترسل الى الخزان .

4 – يتم غسل ال LPG المسيل بمحلول الصودا الكاوية بتركيز 10% وعندما يصبح تركيز الصودا بحدود 4% يرسل الى وحدة المعالجة (Spent Caustic) .

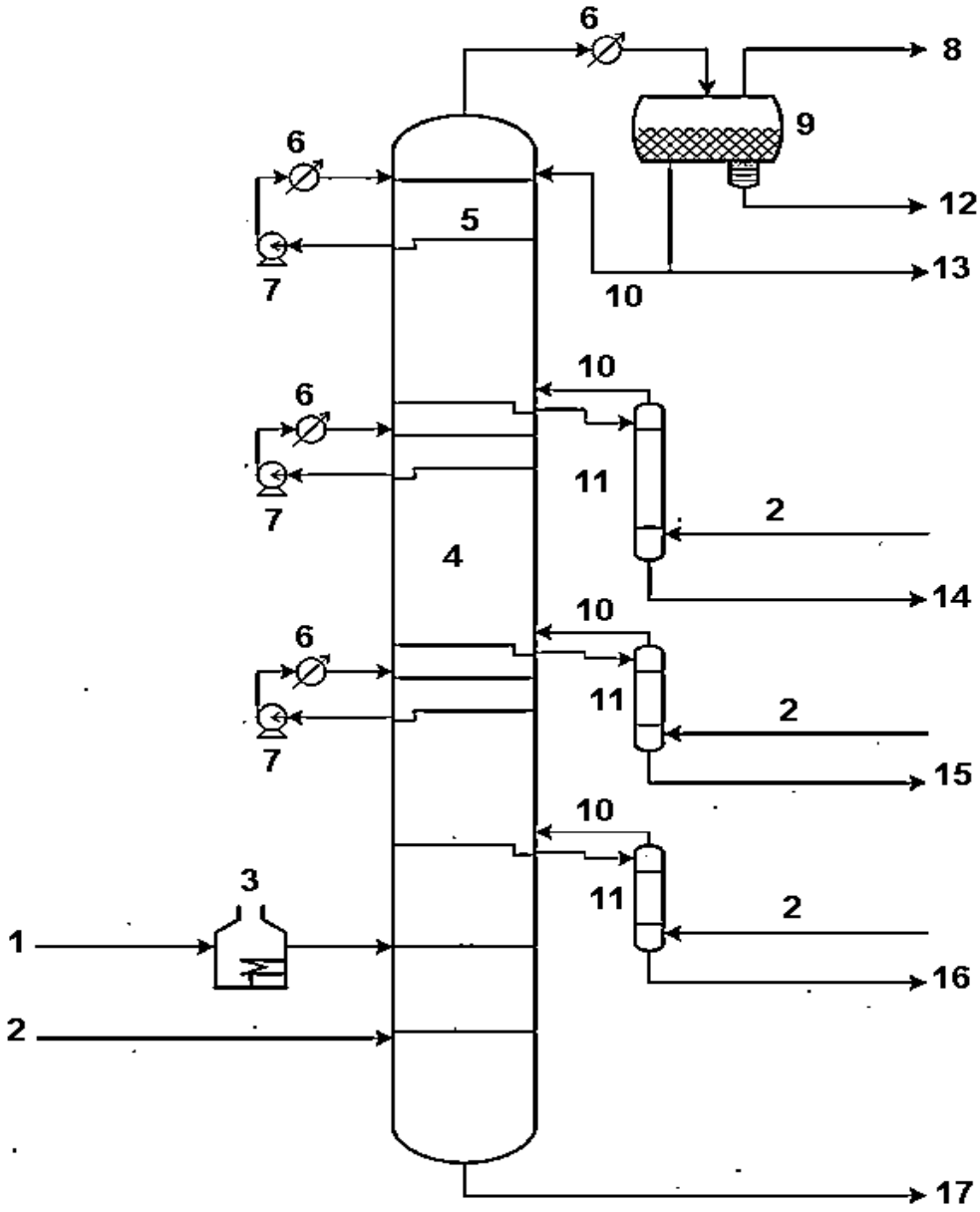
1 – 2 المخطط التدفقي لعمليات التقطير الجوي للنفط (التجزيئي) الخام

يتم في وحدة التقطيرالتجزيئي فصل مكونات النفط الخام بالطرائق الفيزيائية الى مشتقات نفطية ثمينة وذلك، لأن النفط الخام عبارة عن خليط واسع من المركبات الهدروكاربونية التي لكل منها درجة غليان مختلفة (ضغط بخاري مختلف) والتي هي اساس عملية التقطير.

وكما موضح في الشكل (1-2), يضخ النفط الخام بعد تسخينه في فرن الى برج التقطير الذي يحوي على عدداً من الصواني فينفصل الى بخار يصعد الى الاعلى ويرسل الى مكثف، فيتحول معظمه الى سائل يعاد جزء منه الى البرج مرة اخرى يسمى الراجع، وجزء اخر يؤخذ كناتج، اما الراجع فمهمته الاساسية هي تكثيف ابخرة السوائل الثقيلة التي لايراد لها ان تخرج مع ابخرة المواد الخفيفة، وبذلك يعمل على تنقية المنتج العلوي فضلاً عن انه يعمل على الحفاظ على حرارة اعلى البرج. اما القطفات السائلة الناتجة من برج التقطيرفترسل الى اجهزة النزع للتخلص من المكونات الخفيفة التي تؤثر في ثبوتيتها، اما بقية عملية التقطير الجوي (تحت الضغط الجوي) والذي يعرف بالنفط الخام المختزل فيسحب من اسفل البرج. أن معظم المشتقات النفطية (المبينة في الشكل 1-2) الناتجة من برج التقطير التجزيئي للنفط الخام تكون على النحوالآتي:

1. الغازات: وهو منتج يتألف من هدروكاربونات خفيفة مثل الميثان، والايثان، والبروبان، والبيوتان، والاثيلين، وغيرها ويستخدم هذا المشتق في انتاج غاز الطبخ ، كما يُعد هذا المشتق مادة تغذية مهمة في الصناعات البتروكيمياوية
2. السوائل الخفيفة : وتستخدم لانتاج النفثات الخفيفة والثقيلة .
3. الكيروسين : يستخدم كوقود للطائرات والنوع الردئ منة يستخدم كوقود في المنشآت الصناعية والمنازل.
4. الديزل : وهو سائل اثقل من الكيروسين يستعمل كوقود في المصانع والمحركات الضخمة والشاحنات.
5. السوائل الثقيلة : عادة يطلق عليها النفط المتجزئ (Reduced crude oil RCR) وهو المادة الأساسية لوحدات التقطير الفراغي، والتكسير، الحراري، والتكسير بالعامل المساعد .
6. المركبات الجيرية : يطلق عليها كذلك المركبات الاسفلتية وهي مركبات عضوية (هيدروكاربونات وغيرها) تستخدم في طلاء المنشآت الخراسانية والسفن وتعبيد الطرق.

مفتاح الشكل (1-2)					
1	Crude oil	نفط خام	2	Steam	بخار
3	Furnace	فرن	4	distillation tower	برج تقطير
5	tray	صينية	6	Heat exchanger	مبادل حراري
7	pump	مضخة	8	Gases	غازات
9	Reflux Drum	خزان الراجع	10	Reflux	راجع
11	stripper	عمود نزع	12	Water	بخار متكثف
13	Naphtha	نفثا	14	Kerosene	كيروسين
15	Light diesel	ديزل خفيف	16	Heavy diesel	ديزل ثقيل
17	Residue	متبقي			

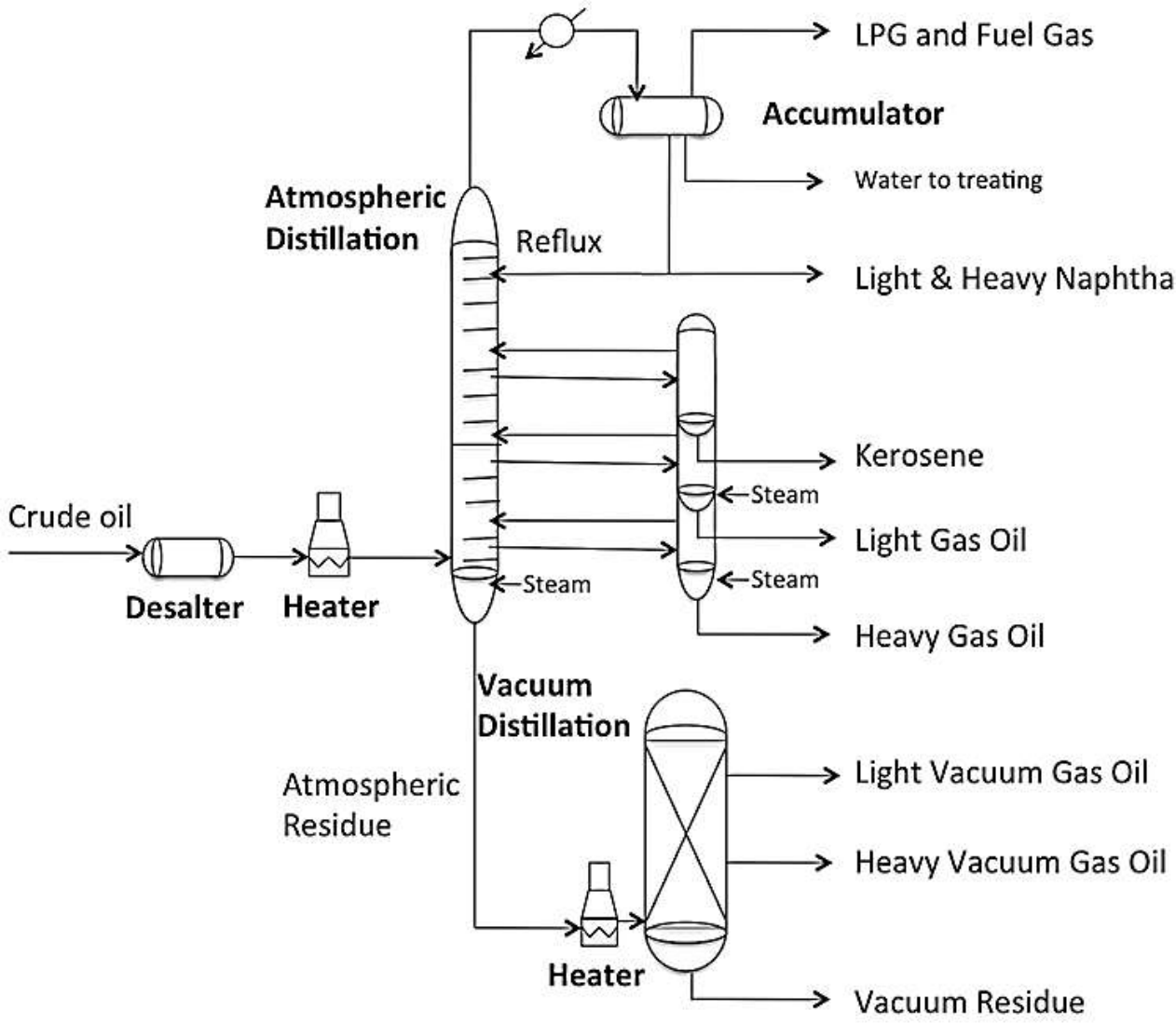


الشكل (1-2) التقطير التجزيئي للنفط الخام تحت الضغط الجوي (لوحة)

مقياس الرسم 1 : 1

1 – 3 المخطط التدفقي عمليات التقطير الفراغي.

في المصفى النفطي، يتم تقطير النفط الخام في وحدتين ، أولاً في وحدة التقطير الجوي ,المعروفة أيضًا باسم وحدة تقطير الخام (CDU) ، أما معالجة الخارج من اسفل التقطير الجوي يكون في وحدة التقطير الفراغي (VDU) ، كما هو موضح في الشكل 1-3.



الشكل (1-3) مخطط لترابط وحدتي وحدة التقطير الجوي و وحدة التقطير الفراغي (لوحة)

مقياس الرسم 1:1

يعمل التقطير الفراغي على مبدأ أن الغليان يحدث عندما يتجاوز ضغط بخار السائل الضغط المسلط على السائل. في التقطير الفراغي ، يتم تقليل الضغط فوق الخام الثقيل المراد تقطيره إلى أقل من ضغط بخاره ، عن طريق التفريغ وسحب البخار ، مما يؤدي إلى تبخر زيوت الغاز بدءًا من الزيوت ذات أقل نقطة غليان. تساعد هذه العملية في استعادة زيوت الغاز القيمة التي لا يتم فصلها بالتقطير الجوي. الشكل 1-4 يوضح مخططاً لعملية التقطير الفراغي . إن وحدة التقطير الفراغي (VDU) تعمل على انتاج الكازأويل الثقيل الذي لا يكن فصله بالتقطير الجوي (CDU) إذ يسخن النفط الخام بحدود 330 مئوية. تعمل وحدة التقطير الفراغي باستخدام النفط الغير المقطر الخارج من اسفل برج التقطير الفراغي إذ يسخن الى درجة حرارة 380 مئوية و لكن تحت ضغط متخلخل (اقل من الضغط الجوي) لمنع حدوث

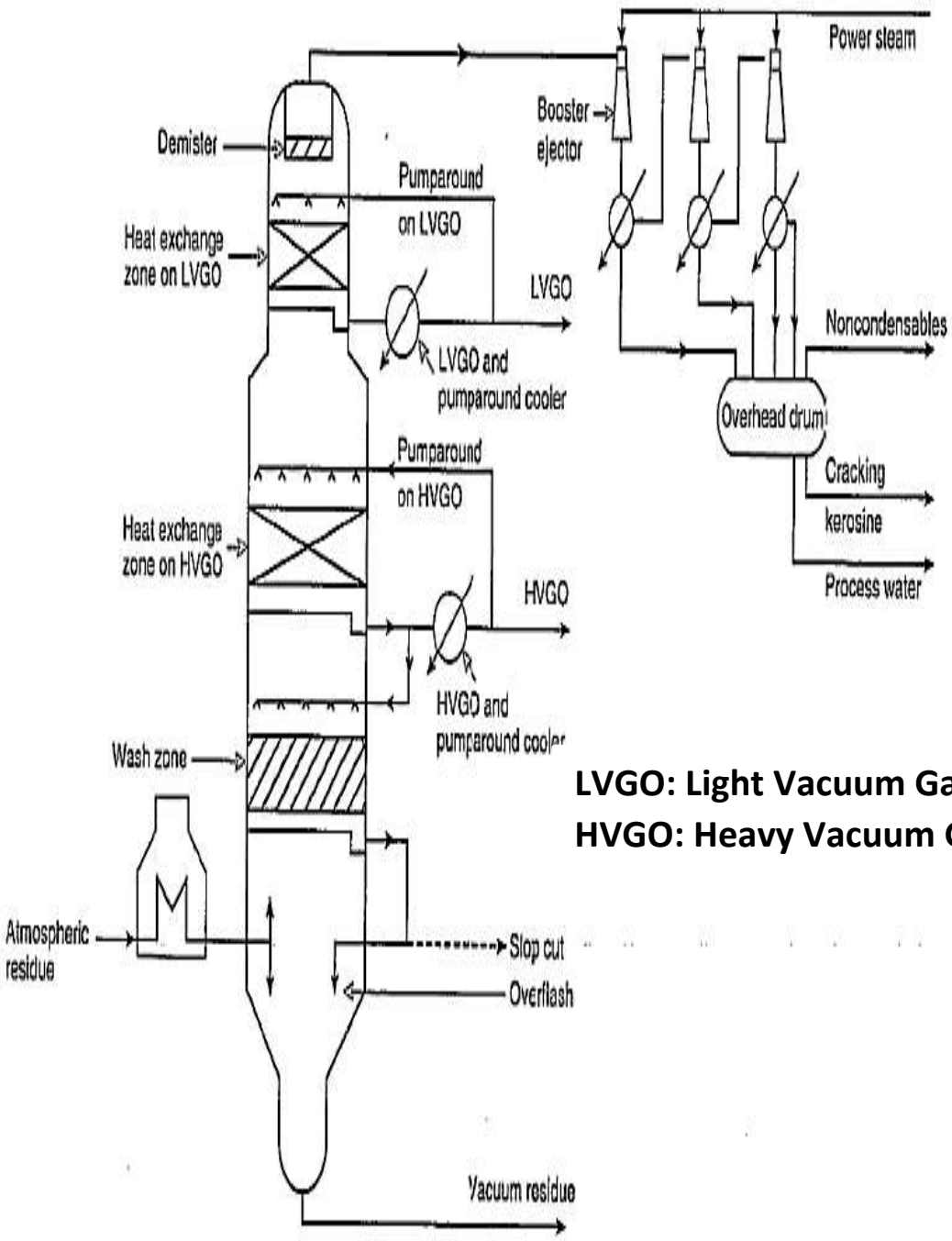
حالة التكسرالحراري للمركبات الهيدروكاربونية ذات السلاسل الكاربونية الطويلة. هناك نوعان من عملية التقطير الفراغي: احدهما التقطير الفراغي الجاف، ويكون مناسباً لانتاج الكازأويل الفراغي الخفيف (LVGO) وكذلك الكازأويل الفراغي الثقيل (HVGO) اما النوع الآخر فهو التقطير الفراغي الرطب باستخدام بخار الماء وهو مناسب لانتاج زيوت المحركات، والاسفلت، والشمع.

الشكل (1-4) يبين تصميماً اخر لعمود التقطير الفراغي يسمى عمود التقطير الفراغي الجاف (Dry vacuum distillation column) إذ لا يستخدم البخار في عملية انتزاع المكونات من الخليط. ويتم تحقيق التفريغ في العمود عن طريق ماصات (ejectors) تعمل بالبخار. أما الشكل (1-5) فيوضح عمود تقطير فراغي يسمى عمود التقطير الفراغي الرطب (Wet vacuum distillation column) إذ يستخدم البخار في عملية انتزاع المكونات من الخليط.

إن وحدة التقطير الفراغي (VDU) تعمل على انتاج الكازويل الثقيل الذي لا يمكن فصله بالتقطير الجوي (ADU) إذ يسخن النفط الخام بحدود330 مئوية, وتعمل وحدة التقطير الفراغي باستخدام النفط غير المقطر الخارج من اسفل برج التقطير الفراغي إذ يسخن الى درجة حرارة تقرب 380 مئوية ولكن تحت ضغط متخلخل اقل من الضغط الجوي لمنع حدوث حالة التكسير الحراري للمركبات الهيدروكاربونية ذات السلاسل الكاربونية الطويلة. هناك نوعين من عملية التقطير الفراغي: احدهما التقطير الفراغي الجاف و الآخر التقطير الفراغي الرطب باستخدام بخار الماء، وينتج عن النوع الاول الكازأويل الخفيف الفراغي (LVGO) وكذلك الكازاويل الفراغي (HVGO).اما النوع الثاني من التقطير الرطب فهو مناسب لانتاج الكازأويل، و زيوت المحركات، والاسفلت، و الشمع.

من الناحية التصميمية يكون برج التقطير الفراغي اكبر قطراً من برج التقطير الجوي، ولكن يحتوي على النوع نفسه من الصواني والأجزاء الداخلية الاخرى.

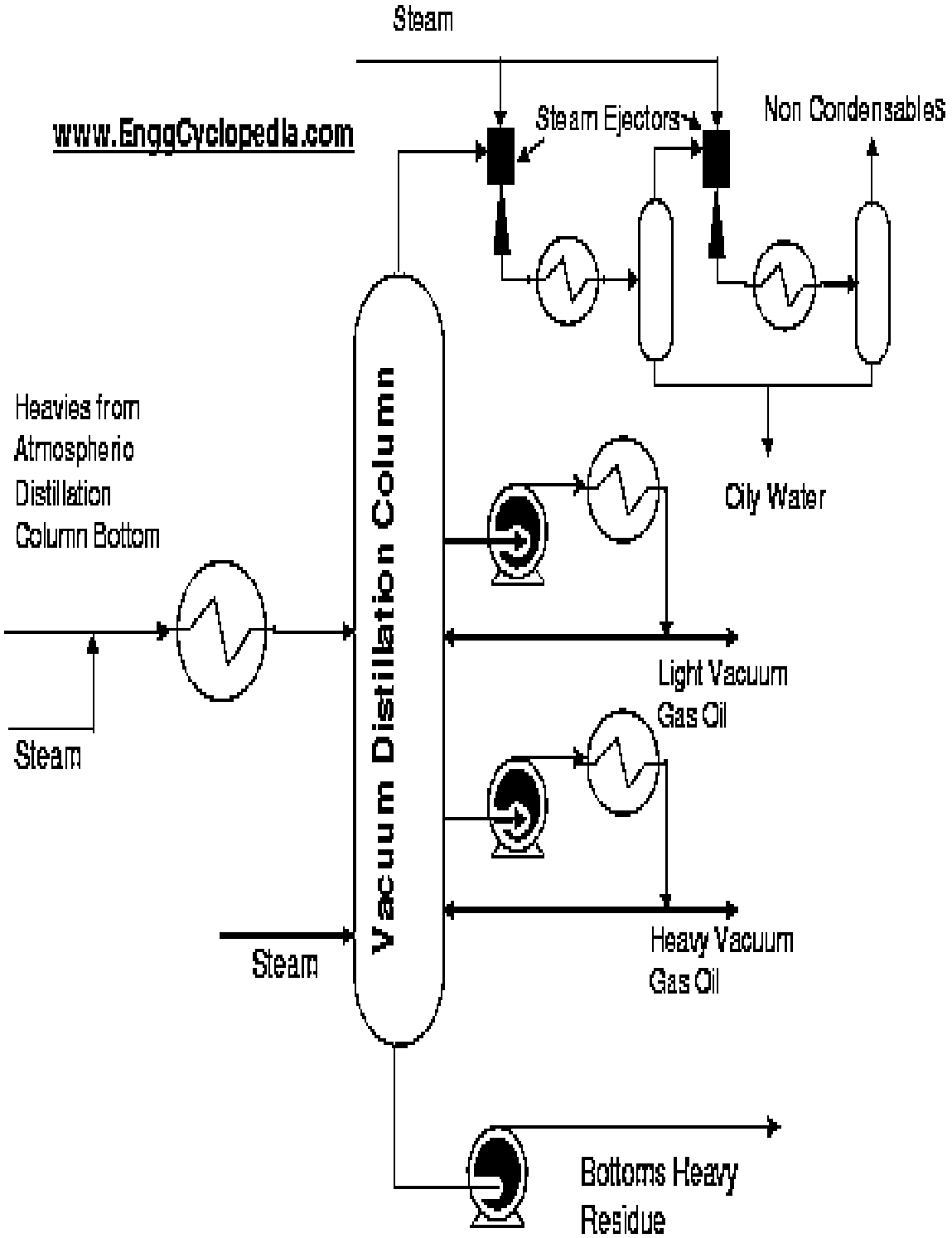
وتستعمل الماصات (EJECTORS) التي تعمل ببخار الماء او تستخدم المضخات الفراغية لسحب الغازات من برج التقطير لإحداث الفراغ المطلوب وتقليل درجة الغليان للمركبات الهيدروكاربونية لمنع التكسير الحراري.



LVGO: Light Vacuum Gas Oil

HVGO: Heavy Vacuum Gas Oil

شكل(1-4) وحدة التقطير الفراغي الجافة (لوحة) مقياس الرسم 1:1



شكل (1-5) عمود تقطير فراغي رطب (يعمل مع البخار) مع ملحقاته(لوحة) مقياس الرسم 1 :1

مفتاح الاشكال (1-3) و (1-4) و (1-5)			
مخلفات عمود تقطيرالتفريغ	Vacuum residue	مخلفات عمود التقطير الجوي	Atmospheric residue
فاصل قطرات	Demister		Wash zone
ماصة ابخرة	Ejector	منطقة تبادل حراري	Heat exchange zone
خزان علوي	Overhead drum	مواد غير متكثفة	Noncondensabels
عمود تفريغ ضغط	Vacuum tower	مضخة حول	Pump around
ماء للعملية الانتاجية	Process water	تغذية	Feed
عزل	Isolation	صمام طوارئ للغلق	Emergency block valve
مزيل الاملاح	Desalter	نواتج اسفل العمود	Bottoms
راجع	Reflux	مسخن	Heater
ماء للمعالجة	Water to treating	خزان تجميع	Accumulator
نفط خام	Crude oil	كيروسين	Kerosene
كازاويل ثقيل تخلخلي	Heavy vacuum gasoil	كازاويل خفيف تخلخلي	Light vacuum gasoil
تقطير جوي	Atmospheric distillation	تكسير كيروسين	Cracking kerosene

1 – 4 مخطط هدرجة المنتجات النفطية

الهَدْرَجة عملية كيميائية يضاف فيها الهيدروجين إلى مادة ما. وتتم هَدْرَجةُ المشتقات النفطية والزيوت غالبًا لتحسين نوعيتها. ان عملية هدرجة المنتجات النفطية قد تطورت في السنين الاخيرة الى حد كبير، وشملت معظمها ابتداءً من النفثا الخفيفة، والكيروسين، وزيت الغاز، وزيوت التزييت، والشمع الصلب، وانتهاء بالنفط الاسود وان كان استعمال العملية اقل شيوعاً · وتهدف عملية الهدرجة بصورة عامة هو:

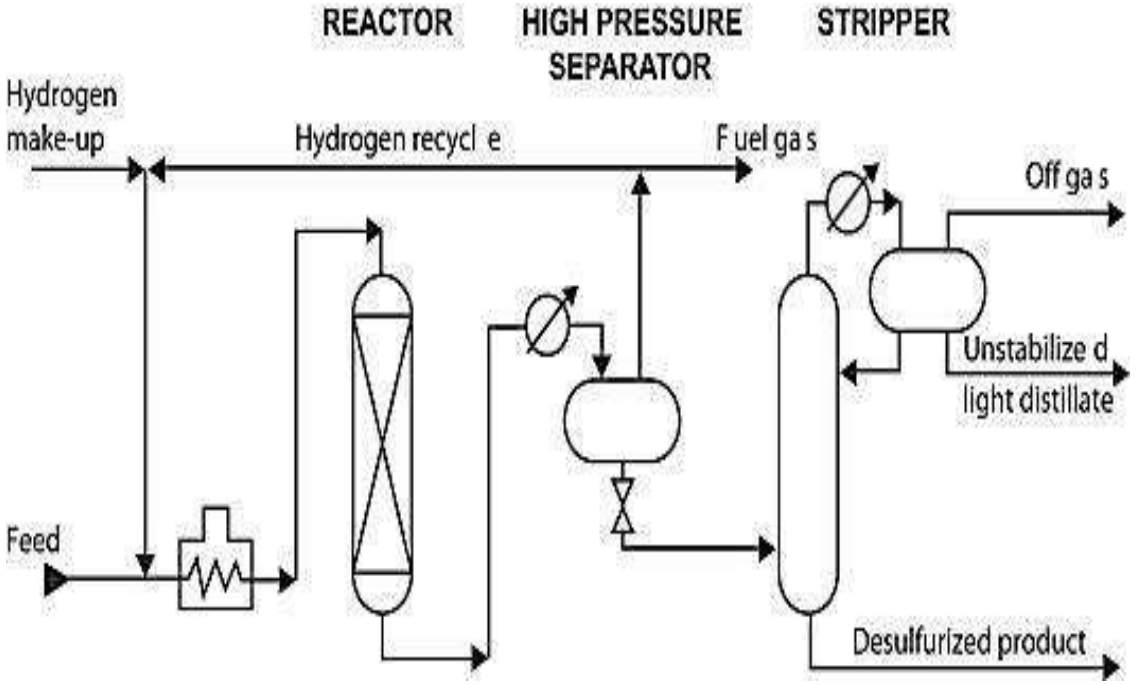
1- ازالة الكبريت والمواد الاوكسجينية والنيتروجينية وتحويلها الى غازات كبريتيد الهيدروجين وبخار الماء والامونيا على التوالي.

2- تحويل الهيدروكاربونات غير المشبعة مثل الاوليفينات، وثنائي الاوليفينات التي تكون مواد صمغية الى هيدروكاربونات مشبعة ثابتة.

3- هدرجة المركبات العطرية وتحويلها الى نفثينيات لضمان احتراق نظيف ومنتظم وتحسين درجة الدخان.

4- ازالة العناصر الهالوجينية وتحويلها الى غازات غير عضوية مثل كلوريد الهيدروجين.

وتجري التفاعلات الكيميائية في وحدة نزع الكبريت المهدرج على النطاق الصناعي في مصافي النفط ، في مفاعل كيميائي ذي الحشوة الثابتة (fixed bed reactor) عند درجات حرارة مرتفعة تتراوح بين (^{o}C 400 – 300) وعند ضغوط مرتفعة تتراوح بين (.atm 130 – 30) ، وبوجود العامل المساعد من الكوبلت والموليبديوم المحمول على قاعدة من الالومينا . ويظهر الشكل (1-6) مخططاً ميسراً لاحدى عمليات نزع الكبريت من احد المشتقات النفطية المطبقة على المستوى الصناعي.



شكل (1-6) هدرجة احد المنتجات النفطية باستعمال العامل المساعد (لوحة) مقياس الرسم 1:1

تدخل المادة الخام السائلة الى الوحدة بضغط محدد عبر مضخة ، وتمزج مع غاز الهيدروجين الآتي من وحدة التكرير . ويعمد الى رفع درجة حرارة المزيج الناتج من السائل والغاز بالتمرير عبر مبادل حراري ، وذلك قبل ان يدخل المزيج الى فرن تسخين الذي تصل درجة حرارة المزيج فيه (^{o}C 400 – 300) ، مما يؤدي الى تبخر المركبات قبل الدخول الى المفاعل . يكون العامل المساعد ، وهو يمثل أساس المفاعل الذي تجرى فيه التفاعلات الكيميائية لنزع الكبريت المهدرج . وتبرد منتجات التفاعل جزئيا بالتمرير عبر المبادل الحراري ، بعد ذلك تمرر على مبرد الى ان تصل الى صمام لتقليل الضغط ، إذ يخفف الضغط الى حدود (.atm 5 – 3). تدخل المنتجات الى مرحلة فصل الغاز ، والتي تجرى في وعاء ضغط تكون درجة الحرارة فيه (^{o}C 35) . تجرى عملية إعادة تدوير غاز الهيدروجين الناتج من وحدة الفصل ويضاف غاز الهيدروجين الخالي من الكبريت والمكرر بغاز نقي قبل مزجه مجدداً مع المادة الخام .

اما بالنسبة الى الناتج السائل من الفاصل فانه يدخل الى برج الفصل (stripper distillation tower)، وهو برج تقطير يُعاد فيه تقطير المنتجات ، بحيث تجرد من أي غاز يمكن ان يكون قد تكثف في اثناء العملية ، ونضمن بذلك ان الناتج من اسفل هذه الوحدة يكون خالياً من الكبريت وهو الناتج

النهائي. اما الغازات الناتجة من وحدة الفصل فهي غازات حامضية تحوي فضلاً عن الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين غازات الميثان والايثان والبروبان ، وبعض المكونات الاثقل ، يضاف اليها غاز الهيدروجين الفائض من وحدة الفصل في الخطوة السابقة . تكثف هذه الغازات وتخزن قبل ان تنقل الى وحدة معالجة الغاز بالأمين الرئيسة في المنشاة النفطية . وفي وحدة معالجة الغاز بالأمين يمرر الغاز الحامضي بسلسلة من أبراج التقطير لفصل الغازات المرافقة (هيدروجين ، وميثان ، وايثان) التي تستعمل كوقود .

مفتاح معدات الشكل (1-6)					
	Feed	تغذية		Unstabilized	غير مثبت
	High pressure	ضغط عالي		Light distillate	مقطر خفيف
	Reactor	مفاعل		stripper	جهاز نزع
	Separator	فاصل غاز عن سائل		H_2 make up	هيدروجين مضاف
	Fuel gas	غاز وقود		Desulfurized product	النواتج المهدرجة
	Hydrogen recycles	هيدروجين مدور		Hydrogen recycles	هيدروجين مدور
	Off gas	غاز خارج			

1 – 4 – 2 مخطط وحدة وحدة استخلاص المركبتانات من غاز LPG بطريقة Merox (Coventional (Merox for Extracting Mercaptans from LPG

قامت شركة UOP الأميركية بتطوير طريقة تدعى Merox، وهي مختصر (اكسدة المركبتانات Mercaptan Oxidation) في بداية اربعينيات القرن الماضي . إذ يستخدم عامل مساعد سائل لزيادة كفاءة الاكسدة ، وهذه الطريقة تستخدم مع LPG والنفثا الخفيفة، والكيروسين، ووقود الطائرات .

ان فكرة فصل المركبتانات هي اكسدتها وتحويلها الى جذور ثنائية الكبريت كما في المعادلة الآتية :

$$4RSH + O_2 \longrightarrow 2RSSR + H_2O$$

وطورت شركة UOP عدة طرائق لإزالة المركبتانات من الهيدروكاربونات، وابرزها :

إنها عملية كيميائية تحفيزية خاصة تستخدم في مصافي النفط ومصانع معالجة الغاز الطبيعي لإزالة الميركابتان من غاز النفط الخام المسال، ومن البروبان، والبيوتان، والنفثا الخفيف، والكيروسين، ووقود الطائرات عن طريق تحويلها إلى ثاني كبريتيد الهيدروكاربونات السائلة.

وتتطلب عملية الميروكس بيئة قلوية، التي يتم توفيرها بواسطة محلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)، وهو قاعدة قوية، يشار إليها عادةً باسم المادة الكاوية.

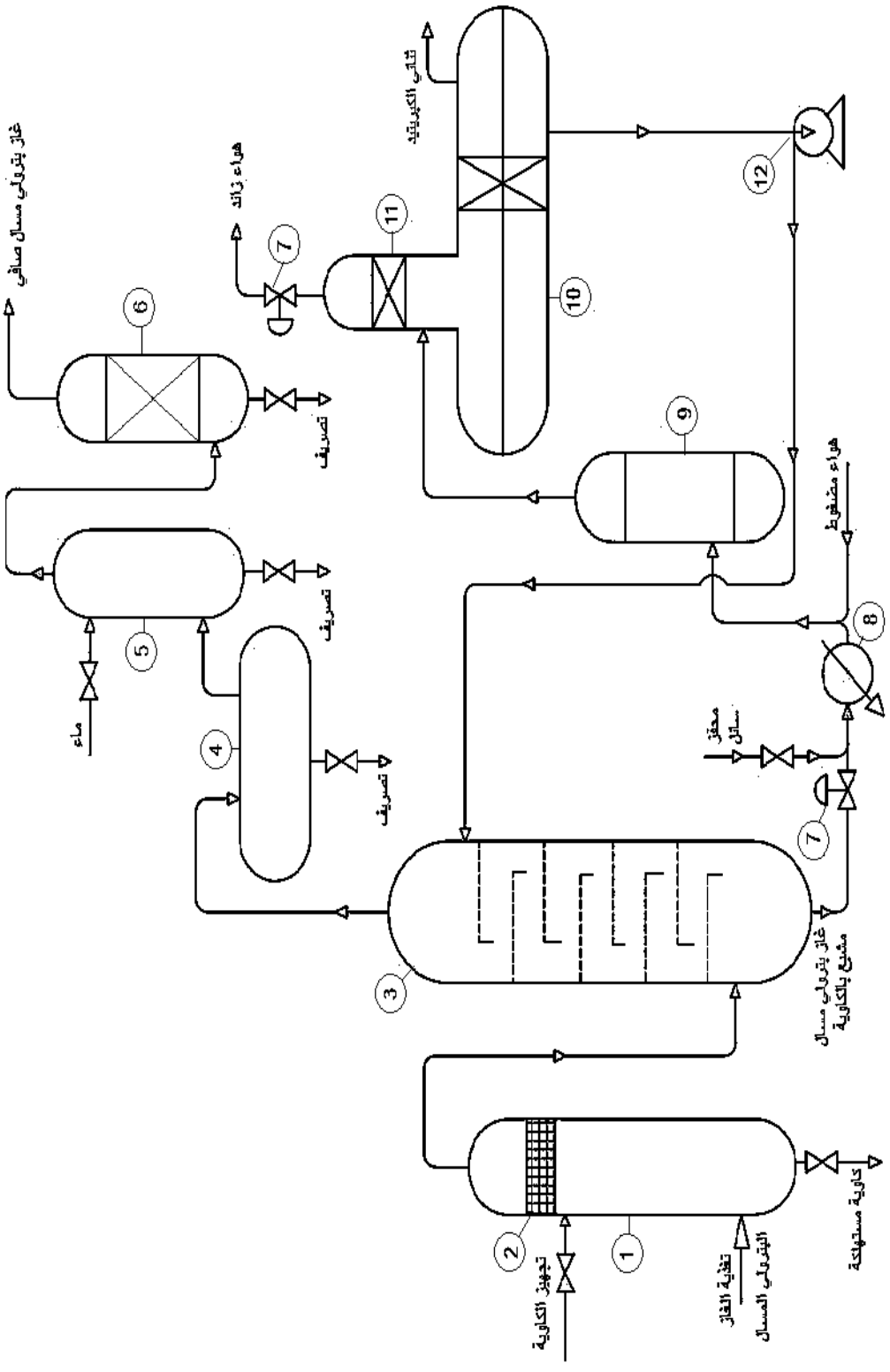
ويبين مخطط التدفق في الشكل (1-7) المعدات ومسارات التدفق، إذ تدخل المواد الأولية لغاز النفط المسال (أو النفثا الخفيفة) إلى وعاء الغسيل المسبق (1) بعد اضافة الصودا الكاوية، وتتدفق لأعلى عن طريق مجموعة من المواد الكاوية التي تزيل غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S. وتمنع

مرشحات التجميع (2) الموجودة في الجزء العلوي من الوعاء من اختراق المادة الكاوية وخروجها من الوعاء. بعد ذلك تدخل المادة الأولية إلى وعاء استخراج المركابتان (3)، وتتدفق لأعلى من خلال صواني التلامس إذ يتصل غاز النفط المسال ارتباطًا وثيقًا بمركبات الكاوية المتدفقة لاستخراج المركابتانات من غاز النفط المسال.

يخرج غاز النفط المسال المحلى من البرج ويتدفق من خلال اسطوانة مرسب الكاوية (4)، ولإزالة أي مادة كاوية عالقة يستخدم وعاء غسيل مائي (5) ويمر الغاز الى وعاء الملح الجاف (6) الذي يحتوي على طبقة من الملح الصخري لإزالة أي مياه عالقة، ليتم الحصول بعدها على غاز النفط المسال الصافي الجاف من وحدة ميروكس.

يتدفق المحلول الكاوي الذي يترك الجزء السفلي من وعاء الاستخراج عبر صمام تحكم (7) الذي ينظم الضغط المطلوب للحفاظ على تسييل غاز النفط ، ثم يتم اضافة العامل المساعد (محفز سائل Catalyst) بحسب الحاجة، ويتدفق عبر مبادل حراري (8) يسخن بالبخار، ثم يزود الغاز المتدفق بالهواء المضغوط قبل الدخول الى وعاء الاكسدة (9)، الذي يحتوي على حشوة ليتم تحويل المركبات المستخلصة إلى كبريتيدات ثنائية، ثم يتدفق الخليط إلى الفاصل (10)، إذ تتكون فيه طبقة سفلية من صودا الكاوية وطبقة عليا من ثنائي الكبريتيد. يكون القسم الرأسي من الفاصل مخصصاً لفصل وتنفيس الهواء الزائد، إذ يحتوي على طبقة من حلقات راشتنك (11)، لمنع ترسب ثنائي الكبريتيد في الهواء الخارج. يتم بعدها سحب ثنائي الكبريتيد من الفاصل وتوجيهه لمخزن الوقود أو إلى وحدة الهدرجة، في حين تضخ المادة الكاوية الخالية من الدهون عبر مضخة (12)، إلى الجزء العلوي من النازع لإعادة استخدامها.

مفتاح الشكل (1-7)					
1	وعاء الغسيل بالكاوية Caustic Prewash Vessel	5	وعاء غسيل مائي Water Wash Vessel	9	وعاء الأكسدة Oxidizer Vessel
2	مرشحات التجميع Coalescer	6	وعاء الملح الجاف Salt Bed Vessel	10	الفاصل Separator
3	وعاء استخراج المركابتان (ذو الصواني) Mercaptan Extractor (Trayed)	7	صمام تحكم Control Valve	11	حلقات راشينك Rasching Rings
4	مرسب الكاوية Caustic Settler Vessel	8	مبادل حراري Heat Exchanger	12	مضخة Pump

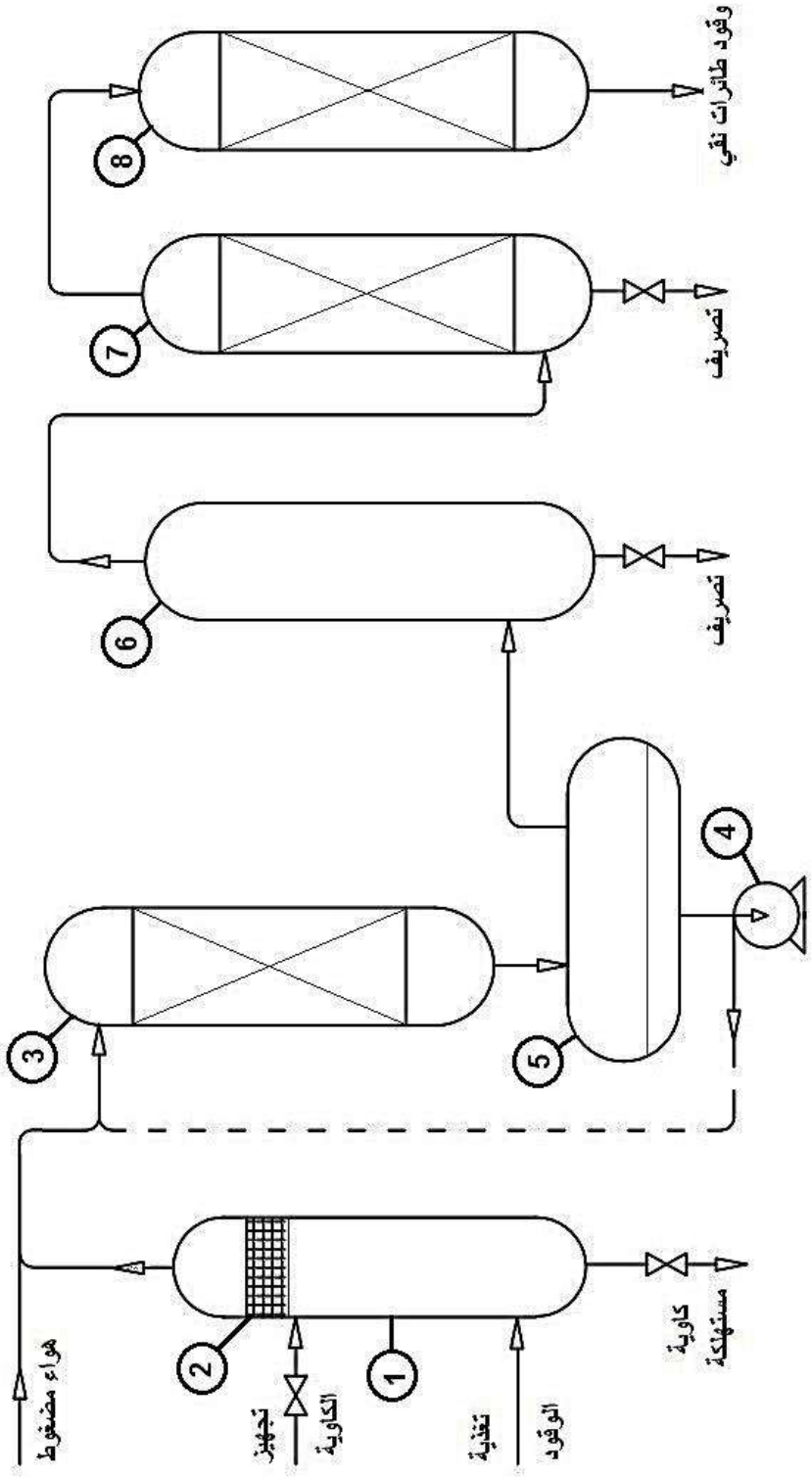


شكل (1-7) مخطط تدفقي لوحدة الميروكس ذات المرحلة الواحدة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

1-4-3- وحدة تحلية وقود الطائرات او الكيروسين بطريقة ميروكس (Conventional Merox for Sweetening Jet Fuel or Kerosene)

يبين الشكل (1-8) مخطط التدفق للمرحلة الثانية من وحدة الميروكس، إذ يستعمل الميروكس التقليدي لتنقية وقود الطائرات أو الكيروسين او الديزل (كمرحلة ثانية) عن طريق مفاعل الميروكس (3)، وهو عبارة عن وعاء عمودي يحتوي على طبقة من حبيبات الفحم المشربة بعامل مساعد (محفز قلويalkaline catalysis) لتوفير بيئة قلوية عن طريق ضخ المادة الكاوية في المفاعل بنحو متقطع بحسب الحاجة، إذ يتم تغذية الكيروسين الخام (او وقود الطائرات) المتدفق من أعلى وعاء الغسيل المسبق بالكاوية (1) بواسطة الهواء المضغوط، ويدخل إلى الجزء العلوي من وعاء مفاعل ميروكس مع الضخ لأي مادة كاوية ليحدث تفاعل أكسدة المركابتان عندما تتدفق المادة الأولية للأسفل فوق المحفز. يتدفق تصريف المفاعل الى وعاء مرسب الكاوية (4)، إذ يمثل طبقة سفلية من محلول قلوي مائي وطبقة عليا من منتج نقي غير قابل للذوبان في الماء، ويبقى محلول الكاوية في المرسب، ويتم ضخه بنحو متقطع الى المفاعل عبر المضخة (5)، للحفاظ على البيئة القلوية.

يخرج المنتج الى وعاء غسيل مائي (6)، لإزالة أي مادة كاوية عالقة فضلاً عن أي مواد أخرى غير مرغوبة قابلة للذوبان في الماء، يليه التدفق عن طريق وعاء ملحي (7) لإزالة المياه العالقة، وأخيرًا عن طريق وعاء تصفية الطين (8). يزيل مرشح الطين أي مواد قابلة للذوبان في الزيت، والمركبات غير المعدنية (ولاسيما النحاس) والجسيمات، مما قد يمنع تلبية مواصفات منتج وقود الطائرات،ويوضح الجدول التالي اسماء ووصف الأجزاء المكونة للوحدة.



الشكل (1-8) المخطط التدفقي للمرحلة الثانية من وحدة الميروكس (لتنقية وقود الطائرات) (لوحة)
مقياس الرسم 1:1

1 – 4 – 4 المخطط التدفقي لعملية إزالة الغازات الحامضية (ثاني أوكسيد الكبريت وثاني أوكسيد الكاربون) بواسطة الأمين

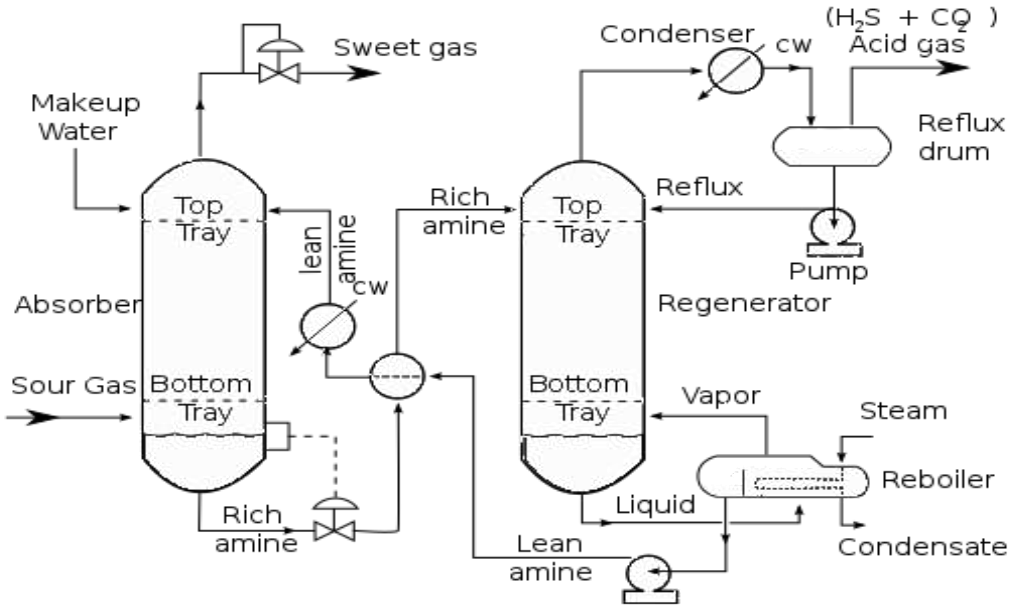
عادة ما يصاحب النفط الخام المستخرج من مصادر جيولوجية غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) (مكروه الرائحة). يتم فصل هذا الغاز عن بقية الزيت في وحدة التقطير الهوائي مع الهيدروكاربونات الأخف ويسمى مجتمعاً باسم "الغاز الحامضي" في وحدة معالجة الأمين، عن طريق استعمال مذيبات مثل ميثيل دايثانولامين (MDEA)، او ديثانولامين (DEA)، وغيرها، بدلاً عن تقنية الازالة بالأغشية المكلفة جداً، إذ تتضمن وحدة معالجة الأمين مرحلتين، إحداهما هي برج الامتصاص، إذ يتم تجهيز الغازات بالتواصل مع الأمين ويتم امتصاص كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكاربون في المرحلة السائلة. والأخرى هي مُجدد الأمين إذ يتم تجريد تلك الغازات من الطور السائل للتجديد.

وصف العملية

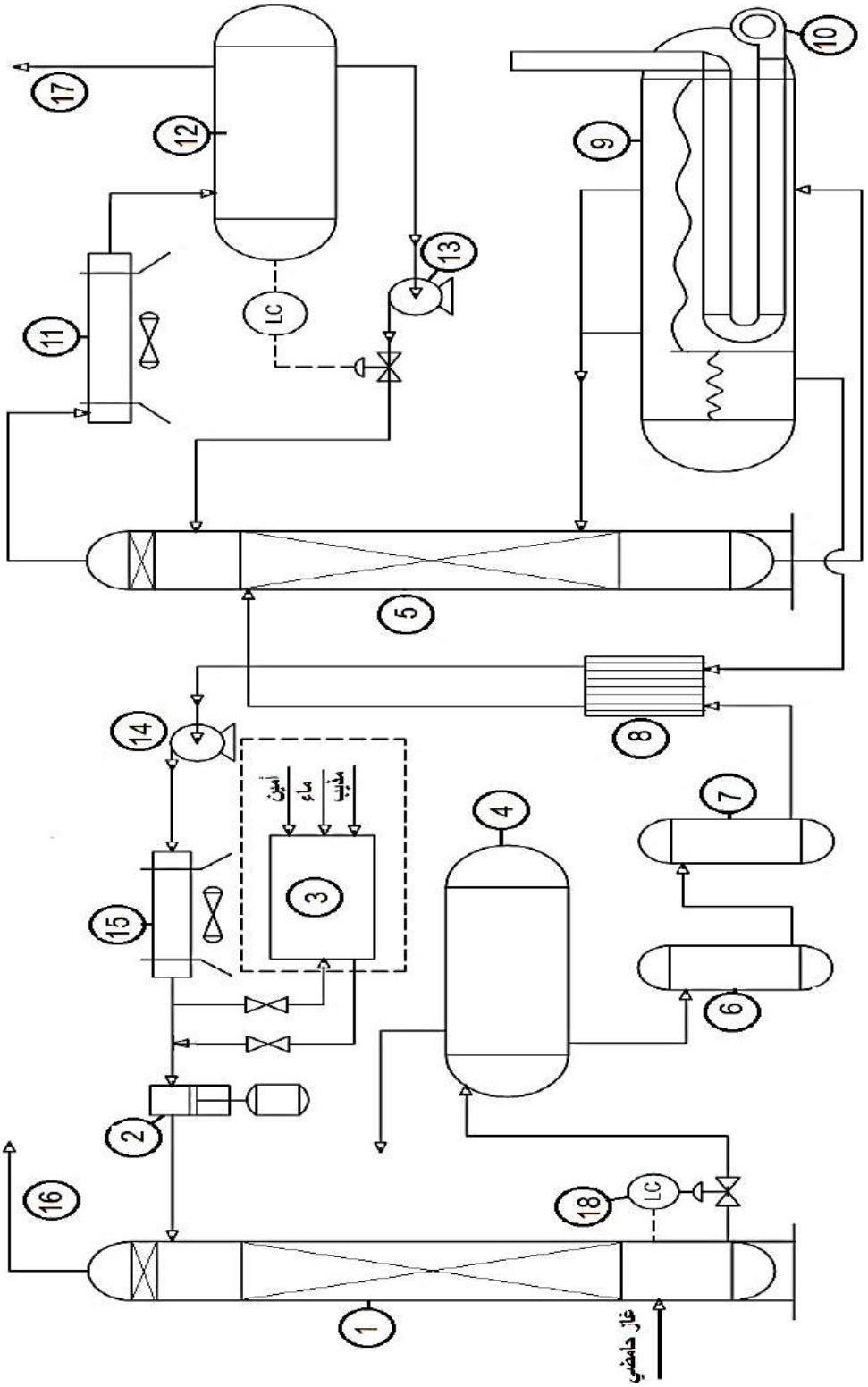
يبين الشكلأن (1-9 أ) و (1-9 ب) مخططين تدفقيين لعملية إزالة الغازات الحامضية (ثاني أوكسيد الكبريت وثاني أوكسيد الكاربون) بواسطة محلول الأمين. بالنسبة إلى المخطط (1-9 ب) يكون دخول الغاز الحامضي إلى الجزء السفلي من برج الامتصاص (1) ينتقل إلى الجزء العلوي من الاسطوانة ليلتقي عن طريق الأوعية بمحلول الأمين (Solution Amine) المدفوع مع الماء ومادة المزيل بمضخة الشحن (2) نحو سطح أجهزة التلامس، وتكون التعبئة عشوائية، أو متحكمة بصمام سيطرة (18). جهاز مزيل الرغوة (3)، عالي الكفاءة يقلل من خسائر المذيبات. إذ يتم التحكم في الأمين الغني في الجزء السفلي للوعاء، ويتم نزع غازات الكاربون عن طريق فاصل ثلاثي الطور (4).

يتم التحكم في الأمين الغني من فاصل الى برج اعادة النشاط (5) الذي يتدفق خلال مرشح الجسيمات (6)، وامتصاص كاربون (7)، والمرحلة الثانية من المبادل الحراري (8)، ويسخن الأمين الغني بنحو أكبر في برج اعادة التوليد عن طريق الحرارة لمرحلة اعادة التسخين التي يوفرها المرجل (9)، المجهز بالحرارة بواسطة المسخن (10) يتصاعد البخار من البرج ليحرر غاز ثاني اوكسيد الكاربون، CO_2 والماء H_2O، لإعادة توليد الأمين. يتم تكثيف البخار والغازات الحامضية المنفصلة عن الأمين الغني وتبريدها، على التوالي، في المكثف الراجع (11)، ويفصل البخار المكثف في مجمع الراجع (12) ومن ثم إعادته إلى البرج، ومن الممكن تنفيس الغازات الحامضية (17) أو حرقها أو توجيهها إلى نظام استعادة الكبريت. يبرد الامين المتجدد الساخن في مبرد هوائي (15) ويدور عن طريق مضخة التعزيز (14) إلى برج الامتصاص، ولإكمال الدورة يتم تسخين الأمين الغني بنحو أكبر في برج التنشيط عن طريق الحرارة التي يتم توفيرها من المرجل البخار ويتصاعد ويحرر الأمين المتجدد. يخرج الغاز النظيف (16)، ويتدفق لأعلى في اثناء مرحلة برج الامتصاص ويخرج عن طريق المخرج العلوي.

مفتاح الشكلين (1-9 أ) و (1-9 ب)					
مضخة الراجع Reflux Pump	13	مصفاة الكاربون Carbon filter	7	برج الامتصاص Amine Contactor	1
مضخة تعزيز Boost Pump	14	مبادل حراري Heat Exchanger	8	مضخة شحن Charge Pump	2
مبرد هوائي Lean Cooler	15	مسخن Heater	10	جهاز مزيل الرغوة Make-up device	3
غاز خالٍ من الغازات الحامضية Sweet Gas	16	مرجل اعادة التسخين Reboiler	9	فاصل Separator	4
غاز حامضي Acid Gas	17	مكثف الراجع Reflux Condenser	11	برج اعادة النشاط Regeneration tower	5
صمام تحكم LC	18	خزان الراجع Reflux Tank	12	مرشح غاز Gas filter	6



شكل (1- 9 أ) المخطط التدفقي لعملية أزالة الغازات الحامضية (CO_2, H_2S) بواسطة محلول الامين (لوحة) مقياس الرسم 1:1



شكل (1- 9 ب) المخطط التدفقي لعملية إزالة الغازات الحامضية (CO_2, H_2S) بواسطة محلول الامين (لوحة) مقياس الرسم 1:1

1 – 4 – 5 مخطط غسل المسيل بواسطة محلول الصودا الكاوية

يطلق على واحدة من أكثر عمليات المعالجة استخدامًا اسم المعالجة بمحلول الصودا الكاوية ، وتهدف هذه العملية إلى إزالة مركبات الكبريت مثل H2S والميركابتان (R-SH) ، وهي المسؤولة عن التآكل والرائحة للمشتقات مثل الغاز المسال والنفثا. فضلاً عن مركبات الكبريت ، فإن المعالجة بالصودا الكاوية قادرة على إزالة المركبات الضارة الأخرى مثل النيتروجين وأحماض النفثينيك / الكربوكسيل ، مما يعطي ثباتًا كيميائيًا أعلى للمشتقات.

تحتوي عملية المعالجة بالصودا الكاوية على مرحلة التجديد المستمر لمحلول الصودا الكاوية ، وهذا يقلل بنحو كبير من استهلاك الصودا في العملية مما يؤدي إلى خفض كلف التشغيل ويجعل عملية المعالجة بمحلول الصودا الكاوية أكثر مرونة في ما يتعلق بتركيز ملوث تيار التغذية. ويمكن تطبيق المعالجة الكاوية المتجددة على الغاز االمسال والنفثا والكيروسين (وقود الطائرات). إذ تتم إزالة المركبات الحمضية بعد التلامس المباشر مع محلول الصودا الكاوية ، وفقًا للتفاعلات الكيميائية الآتية:

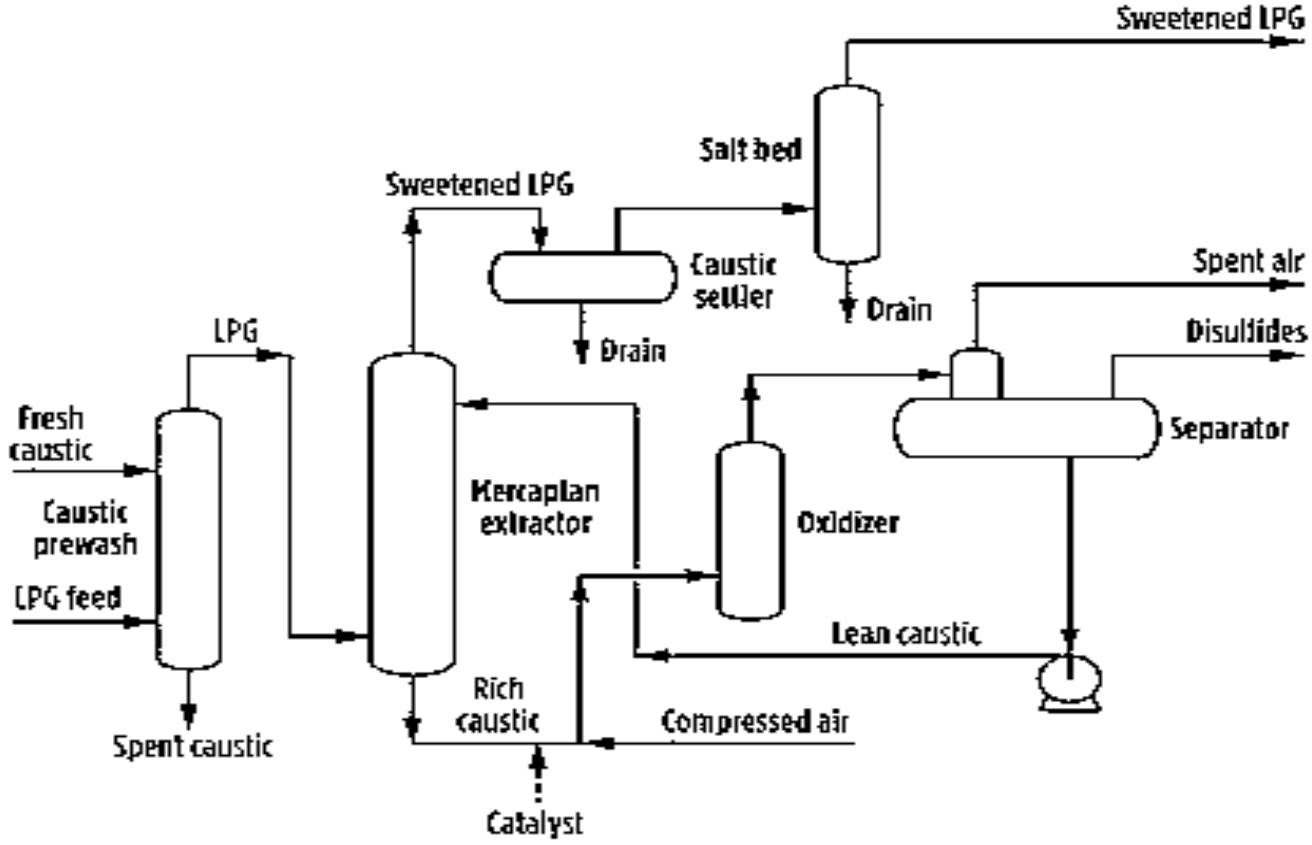
$$H2S + NaOH \rightarrow Na2S + H2O \quad \text{(استخراج H2S)} \qquad (1)$$

$$RSH + NaOH \rightarrow NaSR + H2O \quad \text{(استخراج Mercaptans)} \qquad (2)$$

$$2NaSR + H2O + ½O2 \rightarrow RSSR + 2NaOH \quad \text{(تجديدالصودا)} \qquad (3)$$

يحدث التفاعل (3) في وجود محفز متجانس محمول على الكوبالت، إذ يساعد على تجديد محلول الصودا الكاوية المستعمل في استخلاص المركابتان.

يوضح الشكل (1-10) مخطط تدفق لوحدة المعالجة بمحلول الصودا الكاوية مخصصة لمعالجة الغاز المسال إذ يتم تغذية الغاز المسال في وعاء الغسيل الاولي بمحلول الصودا الكاوية بهدف إزالة H2S والملوثات التي يمكن أن تضر بعملية المعالجة ، يتم استخدام وعاء ترسيب الصودا الكاوية ووعاء حشوة الملح على التوالي لتقليل أملاح الصوديوم التي يتم نقلها إلى منتج الغاز المسال في الخطوة التالية يتم توجيه الغاز المسال إلى عمود الاستخراج إذ يحدث التلامس بين الغاز المسال والمحلول الكاوي. يتم ضخ محلول الصودا الكاوية المستهلك (rich caustic) في الجزء العلوي من العمود إلى قسم المعالجة من أسفل العمود. وفي قسم المعالجة يتم حقن الهواء والمحفز السائل في المحلول الكاوي الغني بالمركابتيد من أسفل المستخرج ، ويتم تغذية الخليط إلى عمود مؤكسد ، إذ تتم أكسدة المركابتان المستخرجة إلى ثاني كبريتيدات (RSSR). ويتم فصل زيت ثاني كبريتيد ، محلول كاوي ، وهواء مستهلك في فاصل ثاني كبريتيد. ويتم إعادة تدوير المادة الكاوية إلى المستخرج (extractor)، ويتم حرق الهواء المستهلك وإرسال زيت الكبريتيد إلى خزان (خارج وحدة الغسل).



شكل (1-10) مخطط معالجة الغاز المسال (LPG) بمحلول الصودا الكاوية (لوحة) مقياس الرسم 1:1

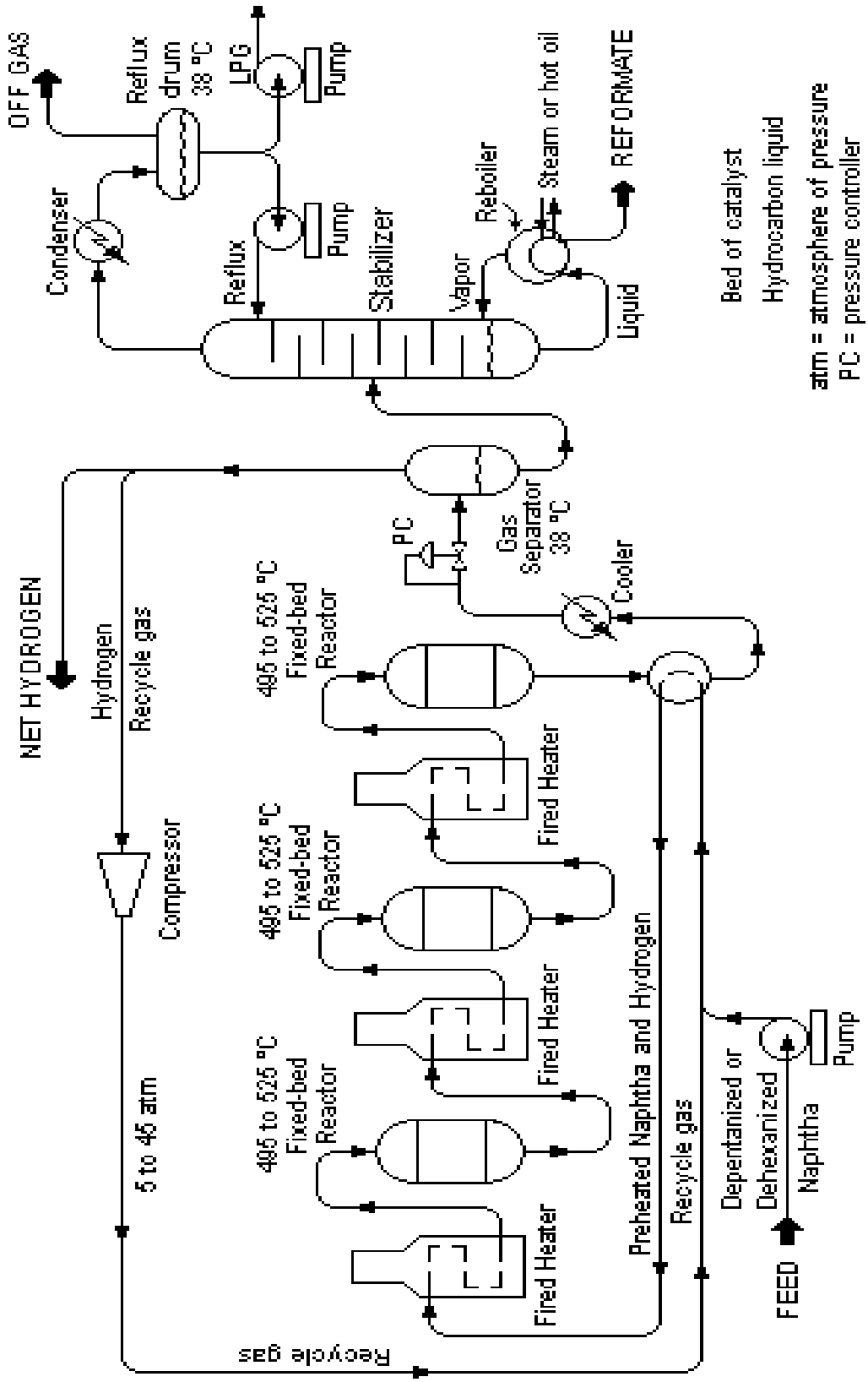
مفتاح معدات الشكل (1-10)					
	LPG Feed	تغذية الغاز المسال		Stripper caustic	صودا منزوعة
	Fresh caustic	محلول كاوي جديد		oxidizer	مؤكسد
	Caustic prewash	الغسل الاولي بالصودا		Compressed air	هواء مضغوظ
	Separator	فاصل غاز عن سائل		extractor	مستخرج
	Rich caustic	صودا غني بالكبريت		Caustic settler	مرسب الصودا
	Sweetened LPG	LPG محلى		Spent air	هواء تالف
	catalyst	عامل مساعد		drain	تصريف

1 – 5 وحدة انتاج الكازولين (الريفورميت)

يطلق على عملية تحسين الكازولين من النفثا الثقيلة, التي تتكون من البرافينات المستقيمة ذات العدد الاوكتاني المنخفض ؛ عملية انتاج الريفورميت ويوضح الشكل (1-11) مراحل هذه العملية. إذ تتم عملية تحسين الكازولين باضافة الهيدروجين النقي مع البرافينات وباستخدام العامل المساعد (الالومينا المحمل عليها البلاتين)، و لكي تتم التفاعلات يتطلب وجود ثلاثة مفاعلات مع فرن تسخين لكل مفاعل؛ لأن التفاعلات تتم بواسطة الحرارة والضغط العاليين؛ لأن التفاعلات ماصة للحرارة. ينتج من المفاعلات ايزوبارفينات ومركبات

اروماتية وهي (البنزين، والتولوين، والاثيل بنزين)، وهذه المركبات ذات عدد اوكتاني عالٍ. ويتم تنشيط العامل المساعد سنوياً.

ويتم ضخ التغذية السائلة (في الجزء السفلي الأيسر من الشكل 1-11) حتى ضغط التفاعل (5-45 ضغط جوي)، ويتم ربطها بتيار من غاز إعادة التدوير الغني بالهيدروجين. يتم تسخين خليط الغازات السائلة الناتجة بواسطة مبادل حراري وبعد ذلك يتم تبخير خليط التغذية المسخن بالكامل وتسخينه إلى درجة حرارة التفاعل (495-520 درجة مئوية) قبل دخول المواد المتفاعلة المتبخرة إلى المفاعل الأول. يكون التفاعل الرئيس هو نزع الهيدروجين من النفثينات وهو ماص للحرارة بدرجة عالية، وينتج عنه انخفاض كبير في درجة الحرارة بين مدخل المفاعل ومخرجه . للحفاظ على درجة حرارة التفاعل المطلوبة ومعدل التفاعل ، تتم إعادة تسخين التيار المتبخر في المسخن الثاني (ذي الشعلة) قبل أن يتدفق خلال المفاعل الثاني. تنخفض درجة الحرارة مرة أخرى عبر المفاعل الثاني ويجب إعادة تسخين التيار المتبخر مرة أخرى في المسخن الثالث (ذوالشعلة) قبل أن يتدفق خلال المفاعل الثالث. مع استمرار التيار المتبخر عبر المفاعلات الثلاثة ، تنخفض معدلات سرعة التفاعل وبالتالي يكون حجم المفاعلات أكبر. في الوقت نفسه ، تكون كمية إعادة التسخين المطلوبة بين المفاعلات أصغر. عادةً ما تكون ثلاثة مفاعلات هي كل ما هو مطلوب لتوفير الأداء المطلوب لوحدة إعادة التشكيل بالعامل المساعد. يتم تبريد نواتج التفاعل الساخن من المفاعل الثالث جزئيًا عن طريق التدفق عبر المبادل الحراري حيث يتم تسخين التغذية إلى المفاعل الأول مسبقًا، ثم تتدفق عبر مبادل حراري مبرد بالماء قبل أن تتدفق عبر وحدة التحكم في الضغط (PC) في فاصل الغاز. ويعود معظم الغاز الغني بالهيدروجين من وعاء فاصل الغاز إلى دخول ضاغط غاز الهيدروجين المعاد تدويره ويتم تصدير صافي إنتاج الغاز الغني بالهيدروجين من تفاعلات إعادة التشكيل للاستخدام في عمليات التكرير الأخرى التي تستهلك الهيدروجين (مثل وحدات نزع الكبريت بالهيدروجين و / أو وحدة تكسير بالهيدروجين. المنتج من اسفل المثبت هو إعادة تشكيل السائل عالي الأوكتان الذي سيكون أحد مكونات الكازولين لمنتج المصفاة) يمكن مزج المُعاد تشكيله مباشرةً في حوض الكازأويل . وتستخدم النفثا الخفيفة كمادة أولية لوحدات الازمرة، اما النفثا الثقيلة فانها تستخدم كمادة أولية لوحدات الريفورميت المنتج يكون كازأويل محسناً .



شكل (1-11) مخطط وحدة انتاج الكازأويل (الريفورميت) (لوحة) مقياس الرسم 1:1(مخطط اثرائي)

مفتاح الشكل (1-11)				
Hydrocarbon Liquid	هيدروكاربون مسال		Feed	تغذية
Atmosphere pressure	ضغط جوي		Pump	مضخة
Pressure controller	مسيطر ضغط		Bed of catalyst	عامل مساعد معبأ
Recycle gas	غاز مدور		Liquid	سائل
Fired heater	مسخن ذو شعلة		Gas separator	فاصل غاز
Reboiler	مرجل		Reflux	راجع
Preheated naphtha and hydrogen	نفثا و هيدروجين مسخنان		Condenser	مكثف
Fixed bed reactor	مفاعل الحشوة الثابتة		Off gas	غاز خارج
Compressor	ضاغط		Stabilizer	معدة تثبيت
Reflux drum	خزان الراجع		Net hydrogen	هيدروجين غير متفاعل
Steam	بخار		Reformate	ريفورميف
Depentanized naphtha	نفثا منزوعة البنتان		Dehexinized naphtha	نفثا منزوعة الهكسان

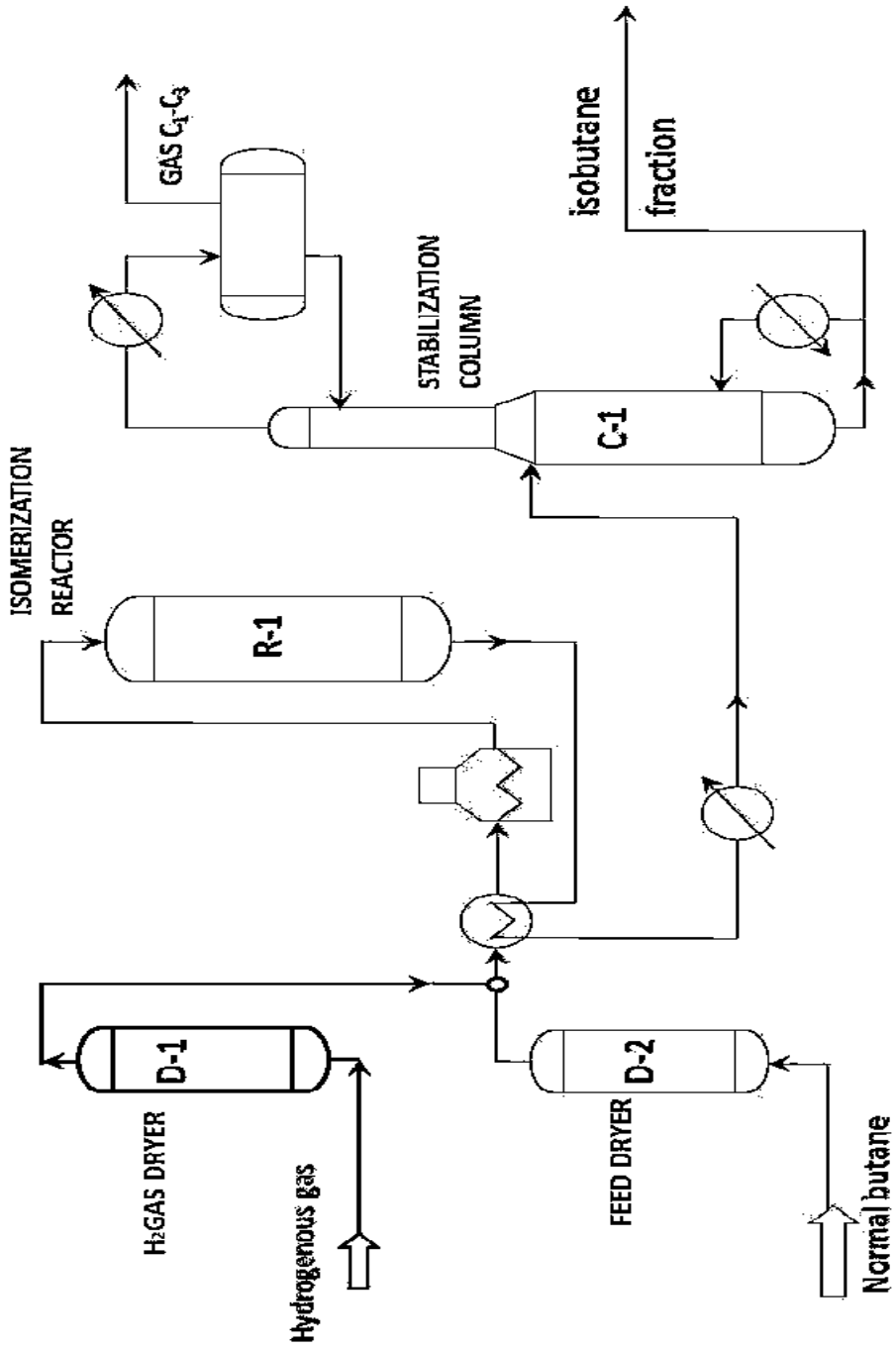
1 – 6 المخطط التدفقي لعملية انتاج البنزين المحسن بواسطة الازمرة

الأزمرة هي عملية يتم فيها إعادة ترتيب ذرات المركب دون تغيير خصائصه الكيميائية ، أي إن جزيء المادة يغير شكله فحسب، وتتم في عملية ازمرة المشتق النفطي معالجة البرافينات المستقيمة الموجودة في النفثا الخفيفة او البنزين الطبيعي وتحويلها الى مركبات ايزوبرافينية خفيفة (متفرعة) ذات عدد اوكتاني عالٍ مثل مركبات البنتان الاعتيادي (nC_5)، والهكسان الاعتيادي (nC_6)، او البيوتان الاعتيادي (nC_4)، إذ يتم تحويله الى الايزوبيوتان.

ويظهرالمخطط (الشكل 1-12) عملية الأزمرة (Isomerization process) ويظهر في المخطط عدة معدات تشترك في العملية والتي ترسم بصورة رموز وكذلك خطوط دخول وخروج المادة مع مراعاة الدقة والوضوح للرسم لأماكن دخول نقطة عبور وخروجها من خط الى خط أخر، والأسهم الاشارة.

تجرى عملية الازمرة داخل مفاعل يحوي على عامل مساعد نوع (Zeolite) الزيولايت الذي يحوي على نسبة من البلاتين تصل إلى 3% ,وهي نسبة عالية، أما حديثاً فيستخدم عامل مساعد الالومينا محمل عليها بلاتين بنسبة 0.28 % ، وعادة تضاف مادة عضوية هي دايمثل داي كلورايد لتحقق الدالة الحامضية على المادة الحاملة للعامل المساعد، وهذا يستخدم في مصفى الدورة .

ويستخدم الهيدروجين لمنع عملية التفحم وتضرر العامل المساعد . إذ يمرر البيوتان الاعتيادي (nC_4) بعد مزجه بالهيدروجين ,في بداية التشغيل, الى فرن لرفع درجة حرارته الى درجة حرارة التفاعل المطلوبة والتفاعل سيحدث في المفاعل الحاوي على عامل مساعد هو البلاتين، وبعد المفاعل يتم تبريده ويرسل الى وعاء الضغط العالي إذ يتحرر الهيدروجين ويعاد استعماله بالتدوير مرة اخرى , ثم ترسل المادة الخارجة من اسفل الوعاء (وعاء الفصل) الى برج التثبيت (stabilizer) ،فالغازات المتحررة من اعلى البرج كالإيثان والبروبان وقليل من غاز الهيدروجين ترسل الى شبكة الغاز fuel gas net، اما المادة الخارجة من قعر برج التثبيت فهي ترسل الى برج التجزئة او الفصل (splitter) لعزل الايزوبيوتان .



شكل(1-12) مخطط انتاج البنزين المحسن بواسطة الازمرة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (1-12)			
غاز هيدروجين	Hydrogenous gas	Feed	مادة التغذية
عمود التثبيت	Stabilization Column	Dryer	مجففة
مفاعل الأزمرة	Isomerization Reactor	separator	فاصل
مستقيم	Normal		

7-1 ألمخطط التدفقي لعملية الألكلة Flow diagram of Alkylation process

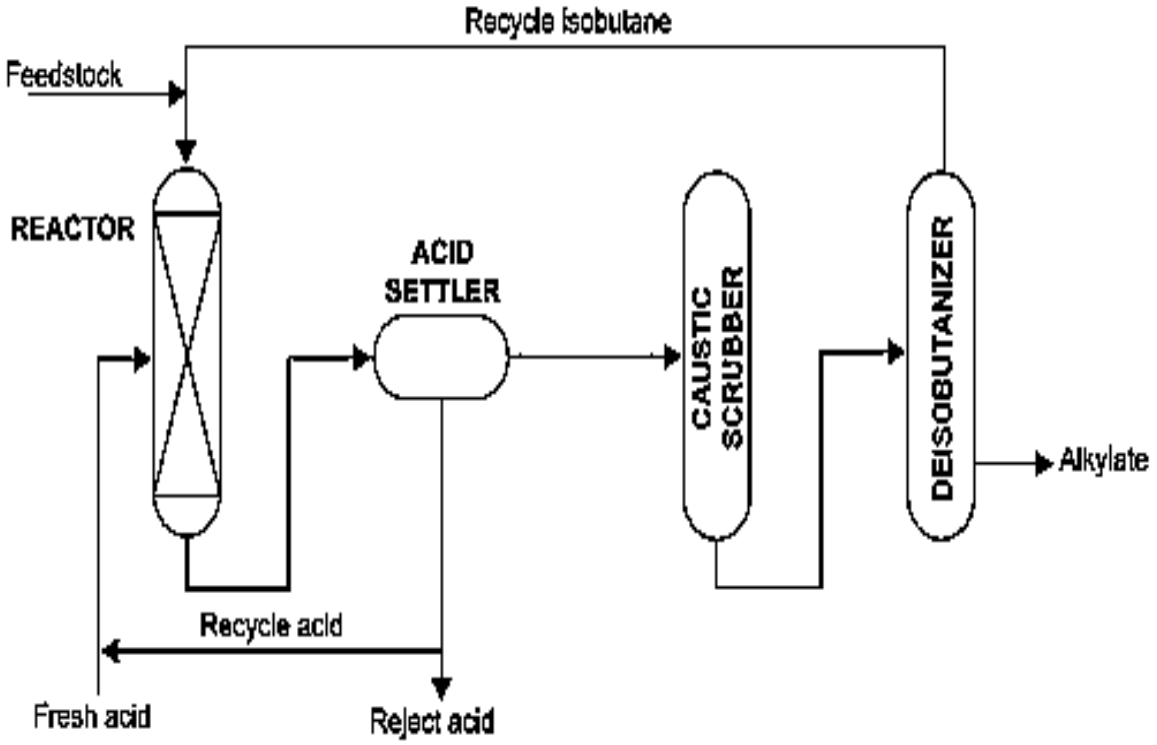
الألكلة هي عملية نقل لمجموعة ألكيل بواسطة تفاعل كيميائي وذلك من جزيء إلى جزيء آخر. وهي عملية أنتاج كازأويل ذو عدد اوكتاني عالٍ من تفاعلات المواد الاوليفينية كالبروبلين، والبيوتالين مع الايزوبروبان، في وسط حامضي قوي، وتتم التفاعلات الكيمياوية بدرجات حرارة عالية تصل الى 500 ^{o}C درجة مئوية و ضغط يتراوح من 200-400 bar. أما إذا تم استخدام عامل مساعد فتنخفض درجة الحرارة ب50 ^{o}C مئوية اقل والضغط الى 30 bar باراً اقل.

وتُعد عملية الالكلة من العمليات أو الوحدات المعقدة وذلك لحدوث تفاعلات أولية وثانوية لإكمال عملية الالكلة، وتجرى تفاعلات جانبية كالبلمرة والتكسير التي تتكون نتيجتها المركبات المختلفة، التي تؤدي إلى انخفاض العدد الاوكتاني لمادة الالكليت الذي يعتبرهو منتح وحدة الالكلة. ان الالكليت هو عبارة عن خليط من الهيدروكاربونات البرافينية ذات السلاسل المتفرعة وتكون عالية العدد الاوكتاني. ومن أهم متطلبات هذه الوحدة هو انخفاض الشوائب في المادة المغذية ولا سيما المحتوى الكبريتي وبقية الشوائب لان ارتفاع هذه الشوائب يؤدي إلى ارتفاع كمية الحامض التعويضية للوحدة بسبب تكوينها مركبات حامضية عرضية .

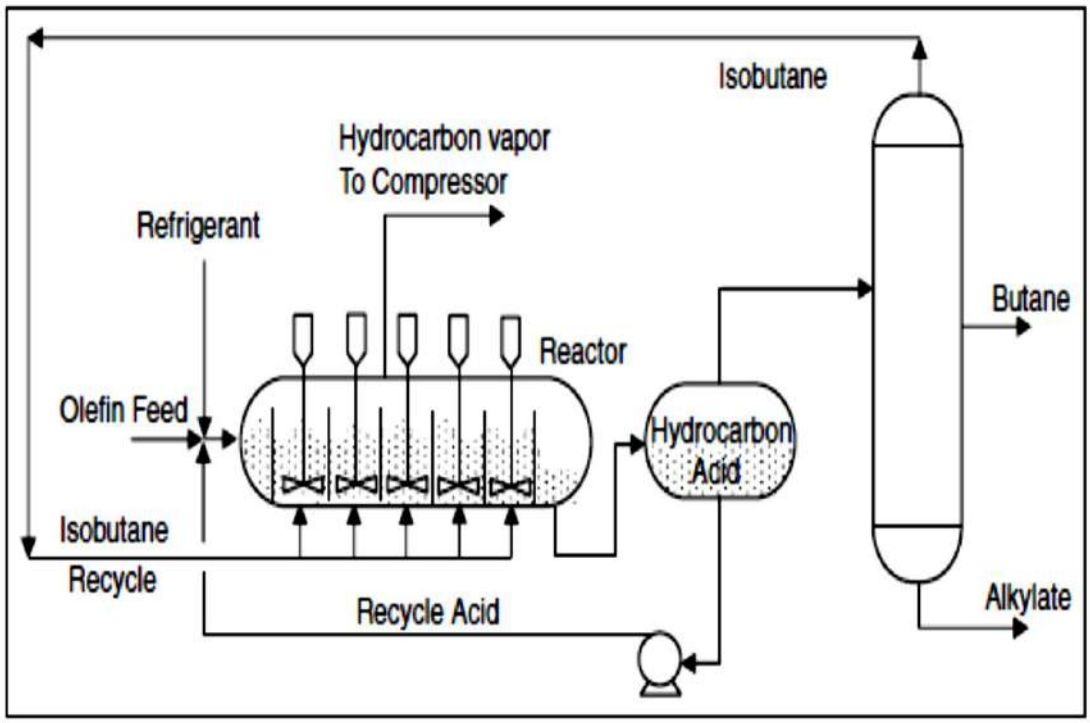
ومن اهم اقسام هذه الوحدة هي **قسم المفاعل,** و**قسم اعادة نشاط الحامض** في حالة استخدام حامض الهيدروفلوريك (HF)، اما في حالة استخدام حامض الكبريتيك فلا تتم اعادة تنشيطه لارتفاع كمية الحامض المستخدمة، وانما يتم تجميع الحامض المستهلك واعادته الى معمل انتاج حامض الكبريتيك لإعادة تنشيطه. ومن الاقسام المهمة في الوحدة هي قسم التعادل لمعادلة الغازات الحامضية قبل دفعها الى الشعلة، والقسم الاخير في وحدة الالكلة هو **قسم التجزئة والفصل** لفصل مادة الالكليت عن المنتجات العرضية الاخرى.,ويمثل المخطط (الشكل 1-13) رسماً لوحدة الألكة (Alkylation process) والتي تتكون من عدة ابراج، وكذلك يمثل خطوطاً انابيب دخول المواد وخروجها واعادة التدوير، لذلك تجب المراعاة بالدقة والوضوح ومواقع كل عملية مع تسمية وخط الكتابة.

إذ تدخل مادة التغذية بعد مزجها، وهي خليط (مادتي الايزوبيوتان والايزوبيوتلين) الى منظومة التبريد، إذ تمزج الاوليفينات الداخلة مع الايزوبيوتان والعامل المساعد المستخدم هو حامض الكبريتيك او حامض الهيدروفلوريك المركز، ويتم ضخه بواسطة مضخة خاصة الى داخل هذه المنظومة وفي هذه الحالة يجب ان تكون جميع مكونات التفاعل في حالة سائلة، وتكون درجات الحرارة بحدود (4 ^{o}C)، وهي درجة التبريد المطلوبة لحدوث التفاعل . ثم يدخل المزيج البارد الى المفاعل إذ توجد خلاطات خاصة في داخل هذه المفاعلات وذلك لمزج السوائل وخلطها بنحو جيد ولضمان حصول تماس جيد واختلاط كفء بين جزيئات الاوليفينات وجزيئات الايزوبيوتان وبوجود الحامض المركز يتم التفاعل المطلوب . ثم يرسل المزيج المتفاعل بعد خروجه من المفاعلات الى وعاء تركيد الحامض لفصله عن المركبات النفطية الناتجة والخارجة من اعلى وعاء التركيد للحامض لفصله عن المركبات النفطية المتفاعلة ثم يسحب الحامض من اسفله لتنقيته والمحافظة على تركيزه العالي بحدود (95-96%)، ويوضح الشكل (1-14أ) المخطط التدفقي لعملية الالكلة باستخدام حامض الهيدروفلوريك (HF) اما الشكل (1-14 ب) فيوضح المخطط التدفقي لعملية الالكلة باستخدام حامض الكبريتيك (H2SO4).

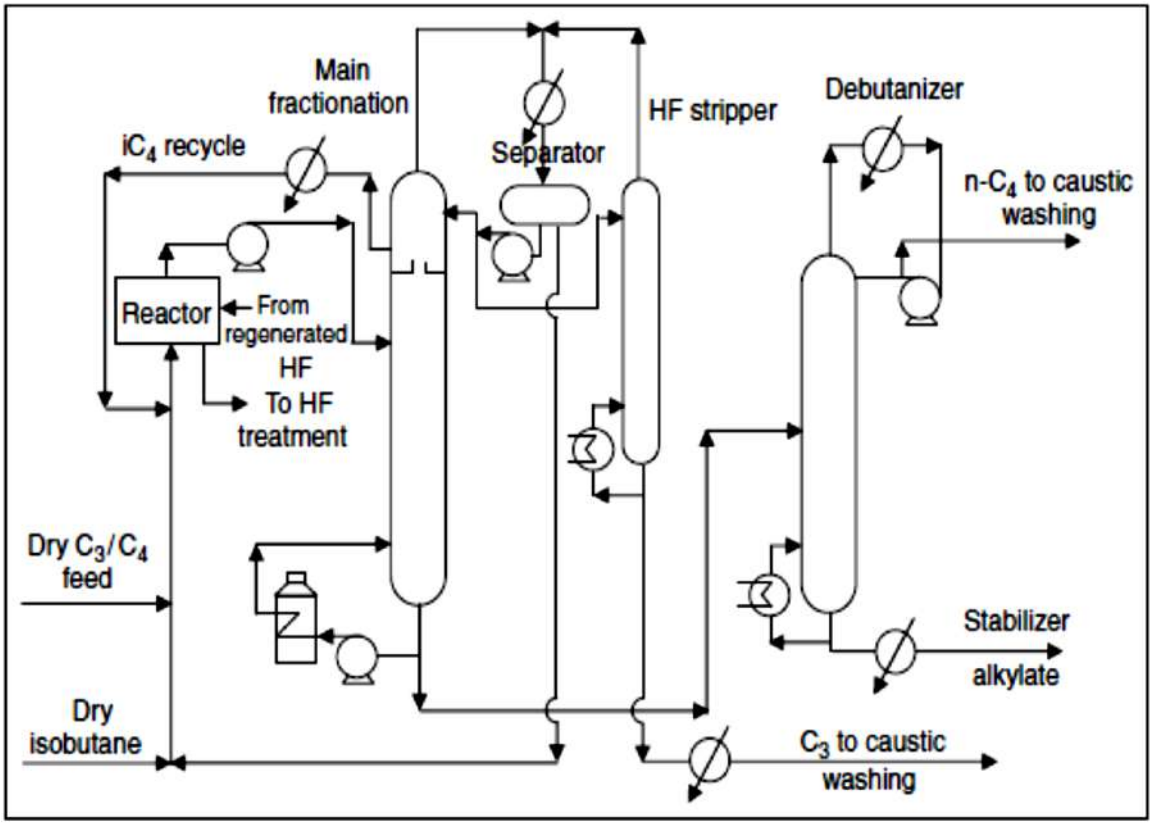
مفاتيح الاشكال (1-13) (1-14 أ) (1-14 ب)	
مادة التغذية	Feed
الحامض النقي والمعاد	Fresh and Recycle Acid
خزان التركيد الحامض	Acid Settler
غسل الحامض	Caustic Scrubber
مزيل ال isobutan	Deisobutanizer
مزيل ال butane	Debutanizer
مزيل ال propane	depropanizer
الالكيت	Alkylate
مفاعل	Reactor
مرسب	Settler
معيد تركيز ال HF	HF regenerator
نازع الحامض	Acid stripper
زيوت حامضية	Acid oils
بخار هيدروكاربوني	Hydrocarbon vapor
ضاغط	Compressor



شكل (1-13) ألمخطط التدفقي العام لعملية الألكة (لوحة) مقياس الرسم 1:1



شكل (1-14أ) المخطط التدفقي لعملية الألكلة باستخدام حامض الكبريتيك (لوحة) مقياس الرسم 1:1



شكل (1-14ب) المخطط التدفقي لعملية الألكلة باستخدام حامض الهيدروفلوريك (لوحة)

مقياس الرسم 1:1

8-1 - المخطط التدفقي لعملية التكسير بالعامل المساعد

تكون وحدات التكسير بالعامل المساعد المائع (التحفيزي) مستمرة العمل في مصافي النفط لتحويل زيوت الغاز منخفضة القيمة إلى منتجات ذات قيمة (أي البنزين والديزل)، وهي بتصاميم مختلفة (المتجاور side-by-side) او المدمج stacked) ويقصد به فصل أو دمج الاجزاء الرئيسة للوحدة. وتعتمد عملية التكسير التحفيزي اعتماداً رئيساً على المحفز بحسب طبيعته وشكله، وأهم المحفزات هي: المونتموريلونيت montmorillonite، والزيوليت zeolite، والمانيزا MgO، وغيرها.

شكل (1-15) صورة لوحدة التكسير في مصافي النفط موضحة عليها الاجزاء الرئيسة للوحدة .

المفاعل (reactor) و**المنشط** (regenerator) يعدان قلب وحدة التكسير، إذ يبين مخطط التدفق التخطيطي في الشكل (1-15) النوع المتجاور إذ تدخل مواد النفط الخام (يسخن زيت الغاز الثقيل الى درجات حرارة بحدود 430 °C -315) لتتحد مع النفط الطيني المعاد تدويره من أسفل مرسب الطين، وتُحقن في رافع المحفز ويتم تبخيرها وتكسيرها إلى جزيئات أصغر من البخار بواسطة التلامس والخلط مع مسحوق المحفز الساخن الآتي من المنشط. ان جميع تفاعلات التكسير تتم في رافع المحفز إذ يتدفق المحفز للأعلى ليدخل إلى المفاعل عند درجة حرارة تبلغ نحو 535 °C وضغط يصل إلى نحو 1.72 bar.

المفاعل عبارة عن وعاء تكون فيه أبخرة المنتج المسحوقة: (أ) منفصلة كمّا يسمى المحفز المستهلك spent catalyst عن طريق تدفقه عبر فواصل دوامية ثنائية المراحل داخل المفاعل و(ب) يتدفق المحفز المستهلك لأسفل عن طريق قطاع تعرية البخار لإزالة أي أبخرة هيدروكاربونية قبل أن يعود المحفز المستهلك إلى منشط المحفز catalyst regenerator. يتم تنظيم التدفق عن طريق صمام منزلق slide valve.

يترك المحفز الساخن (715 °C) المنشط ليطفو داخل وعاء إرجاع الحافز catalyst withdrawal well ويمكن لأي من غازات المداخن المحترقة الخروج والتدفق مرة أخرى إلى المنطقة العلوية من المنشط. يتم تنظيم تدفق الحافز المجدد إلى نقطة حقن المادة الخام أسفل رافع المحفز

عن طريق صمام منزلق موجود جهة المحفز المجدد. يغادر الغاز المتدفق الساخن المنشط بعد مروره عبر مجموعات متعددة من الفواصل الدوامية Cyclists ثنائية المراحل التي تزيل الحافز العالق من غاز المداخن.

وينتج التفاعل أبخرة (عند 535 °C وضغط 1.72 bar) تتدفق من قمة المفاعل إلى القطاع السفلي من برج (عمود) التقطير Distillation column، إذ يتم تقطيرها إلى المنتجات النهائية لعملية التكسير التحفيزي المائع من نفثا مكسرة، زيت وقود، وغازات العادم. بعد المزيد من المعالجة لإزالة مركبات الكبريت، تصبح النفثا المكسرة وقود سيارات مزيجاً عالي الأوكتان.

النفط المنتج من أسفل المجزئ الرئيس يحتوي على بقية جزيئات محفزات التي لم يتم إزالتها بالكامل بواسطة الفواصل الدوامية في قمة المفاعل. لهذا السبب، يشار الى النفط المنتج من القاع باسم النفط الطيني. جزء منه يعاد تدويره مرة أخرى إلى المجزئ.

ويتم ضخ بقية النفط الطيني عن طريق مرسب الطين. نفط القاع الآتي من المرسب يحتوي على معظم جزئيات محفز النفط الطيني، ويعاد تدويره إلى رافع المحفز عن طريق دمجها مع النفط الخام . في هذا التصميم يتدفق الغاز المحترق (أول وثاني أكسيد الكاربون) عند 715 °C وضغط 2.41 bar يمر عبر فاصل المحفز الثانوي الذي يحتوي على أنابيب حلزونية لإزالة الجزئيات الموجودة في غاز المداخن الخارج من المنشط.

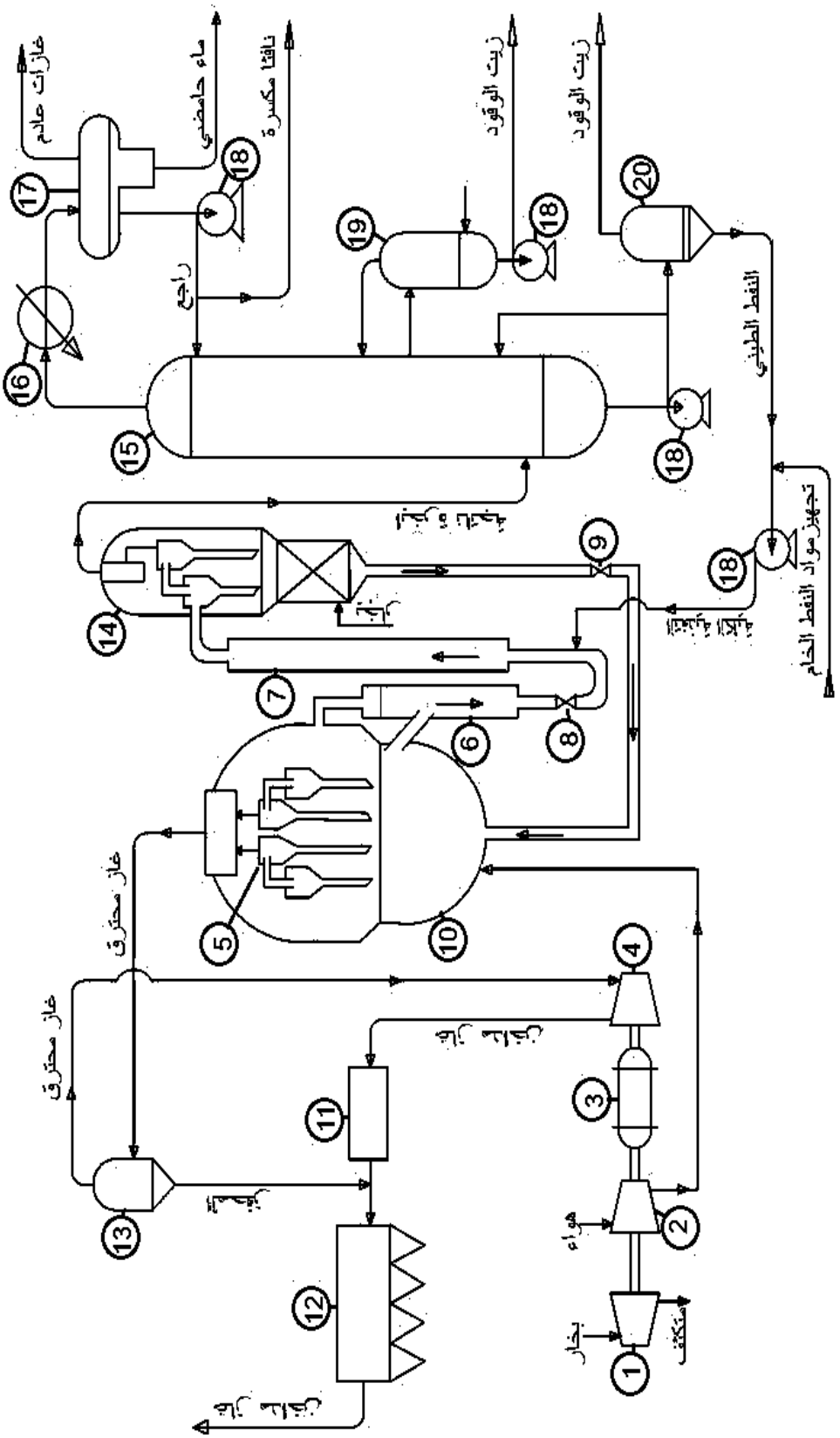
وهذا مطلوب لمنع تآكل الشفرات الموجودة في المدد التوربيني turbo-expander التي يمر غاز المداخن أمامها. تمدد غاز المداخن عبر turbo-expander يوفر الطاقة الكافية لتحريك ضاغط هواء الاحتراق بالمجدد. مولد المحرك الكهربائي قد يستهلك أ طاقة كهربائية أو ينتجها. إذا ما لم يولد تمدد غاز المداخن الطاقة الكافية لتحريك ضغط الهواء، ويعطي مولد/المحرك الكهربائي الطاقة الإضافية المطلوبة. إذ ينتج عن تمدد غاز المداخن طاقة زائدة عن تلك المطلوبة لتشغيل ضغط الهواء، ويحول مولد المحرك الكهربائي الطاقة الزائدة إلى طاقة كهربائية ويوصلها للنظام الكهربائي بالمصفاة.

بعد ذلك يمر غاز المداخن المتمدد عبر غلاية توليد- بخار (يشار إليها باسم غلاية أول أوكسيد الكاربون)، إذ يحترق فيها غاز أول أكسيد الكاربون الموجود بغاز المداخن كوقود لتوفير البخار المستخدم في المصفاة، في النهاية يمر غاز المداخن عبر المرسب الإلكتروستاتيكي لإزالة الجسيمات المترسبة حفاظاً على البيئة.

ويستخدم التوربين البخاري داخل منظومة معالجة غاز المداخن (موضح في المخطط) لتشغيل ضاغط هواء الاحتراق بالمنشط منذ بدء تشغيل وحدة التكسير حتى يوجد ما يكفي من غاز المداخن المحترق الكافي لإنهاء المهمة. ويبين الشكل (1-16) المخطط التدفقي لوحدة التكسير بالعامل

المساعد للمائع (التحفيزي للموائع) المستخدمة في مصافي النفط، (لوحة). وفي ادناه جدول يوضح مفتاح الاسماء ووصف الأجزاء المكونة للوحدة.

مفتاح الشكل (1-16)					
1	توربين بخاري لبدء الحركة Start-up Turbine	8	صمام منزلق لمنشط المحفز Regenerated catalyst slid valve	15	برج (عمود) التقطير (المجزئ الرئيس) Distillation Column
2	ضاغط هواء الاحتراق Air Compressor	9	صمام منزلق للمحفز المستهلك Spent Catalyst slid valve	16	مكثف Condenser
3	محرك كهربائي/مولد Electric motor /Generator	10	المنشط Regenerator	17	خزان الراجع Reflux Drum
4	ممدد توربيني Turbo-Expender	11	غلاية اول اوكسيد الكاربون CO Boiler	18	مضخة Pump
5	فاصل دوامي (جهاز فصل اعصاري) Cyclones	12	مرسب الكتروستاتيكي Electric Precipitator	19	المجزئ Sidecut Stripper
6	وعاء ارجاع الحافز Catalyst withdrawal well	13	فاصل المحفز الثانوي Catalyst Separator	20	مرسب الطين Slurry Settler
7	رافع المحفز Catalyst Riser	14	مفاعل Reactor		



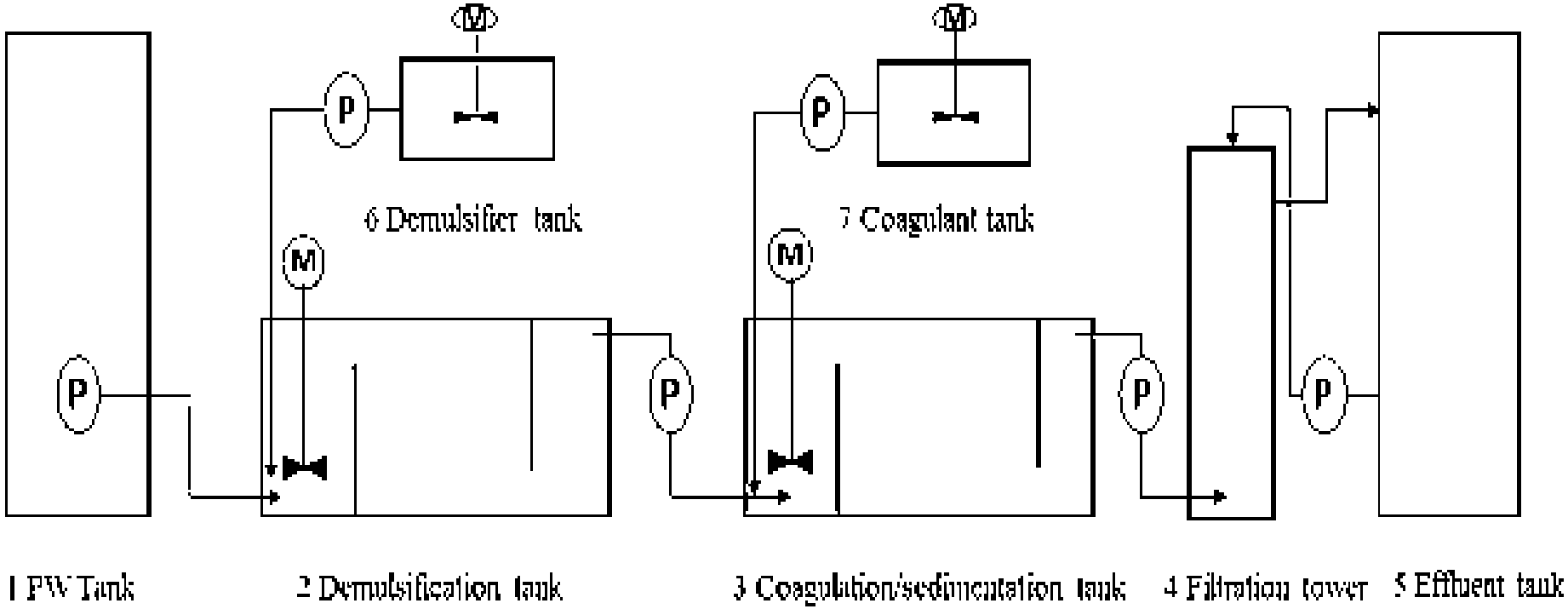
شكل (1-16) المخطط التدفقي لوحدة التكسير بالعامل المساعد للمائع المستخدمة في مصافي النفط.
(لوحة) مقياس الرسم 1:1

1 – 11 عمليات الخلط (Mixing processes)

يشترك الخلط في كل خطوة من خطوات صناعة النفط من الاستكشاف إلى تسويق المنتجات. ففي أثناء حفر آبار النفط والغاز ، يتم إدخال سائل الحفر في البئر. ويتكون السائل من خليط من الطين ومستحلب الماء في الزيت المستقر. يتم تحضير المستحلب بصورة وجبات عن طريق تشتيت (نشر) المياه في الزيت في خزانات مضغوطة. والوظائف الرئيسة لطين الحفر تشمل توفير الضغط الهيدروستاتيكي لمنع السوائل المتكونة من الدخول إلى تجويف البئر، مع إبقاء رأس البئر باردة ونظيفة، أثناء الحفر.

وفي المصفى النفطي قبل ادخال النفط الخام لعملية التقطير الجوي تتم ازالة الاملاح الموجودة في النفط الخام والتي تسبب التآكل في المعدات وتسمم العوامل المساعدة المستخدمة في المصفى النفطي، وتتم عملية الازالة بالخلط والترسيب. وفي العديد من وحدات معالجة المشتقات النفطية التي تحتوي على خزانات الخلط المستمر ، مثل وحدات التفحيم (coking unit), والتكسير المميع بالعامل المساعد (FCC) , وحدة كسر اللزوجة (Visbreaking unit)، ووحدة كسر الاستحلاب لخليط الزيت-الماء (Oil-water demulsifying unit) تؤدي عملية الخلط دورًا حيويًا. وبالتالي ، فأن عمليات الخلط (Mixing processes) لها دورً مهم في الصناعة النفطية.

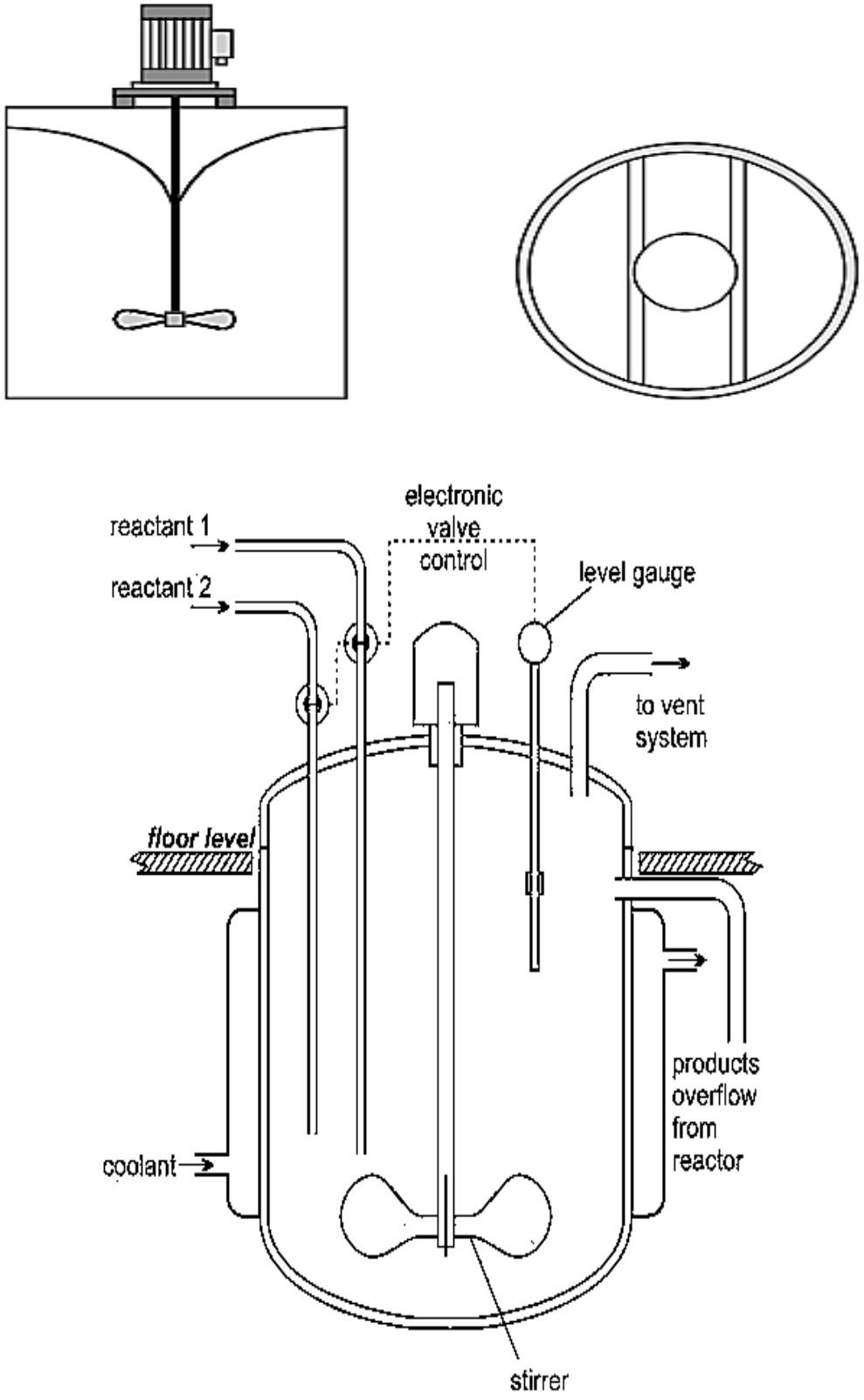
ويًكون النفط الخام والماء مزيجاً يسمى مستحلباً (Emulsion). عملية فصل الماء عن النفط الخام أو الزيوت الأخرى تسمى كسر الاستحلاب (De-emulsion). ويوضح الشكل (1-17) وحدة كسر الاستحلاب التي تتكون من مراحل كسر الاستحلاب ، والتخثير ، والترسيب ، والترشيح. وفي المرحلتين الاولى و الثانية تتم اضافة مواد كيمياوية مثل (ألكيل ثلاثي ميثيل الأمونيوم البروميد) لكسر الاستحلاب و(كلوريد الالمنيوم) للتخثير. وفي كلتا المرحلتين تؤدي اجهزة الخلط دوراً مهماً لغرض زيادة كفاءة العمل .



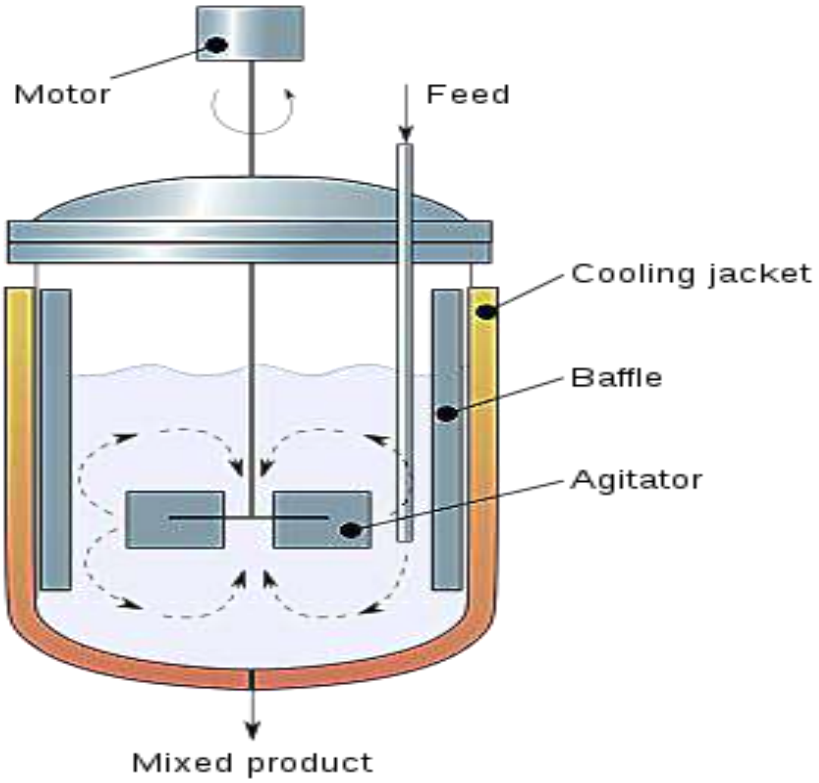
الشكل (1-17) مخطط يوضح وحدة كسر الاستحلاب (لوحة) مقياس الرسم 1:1

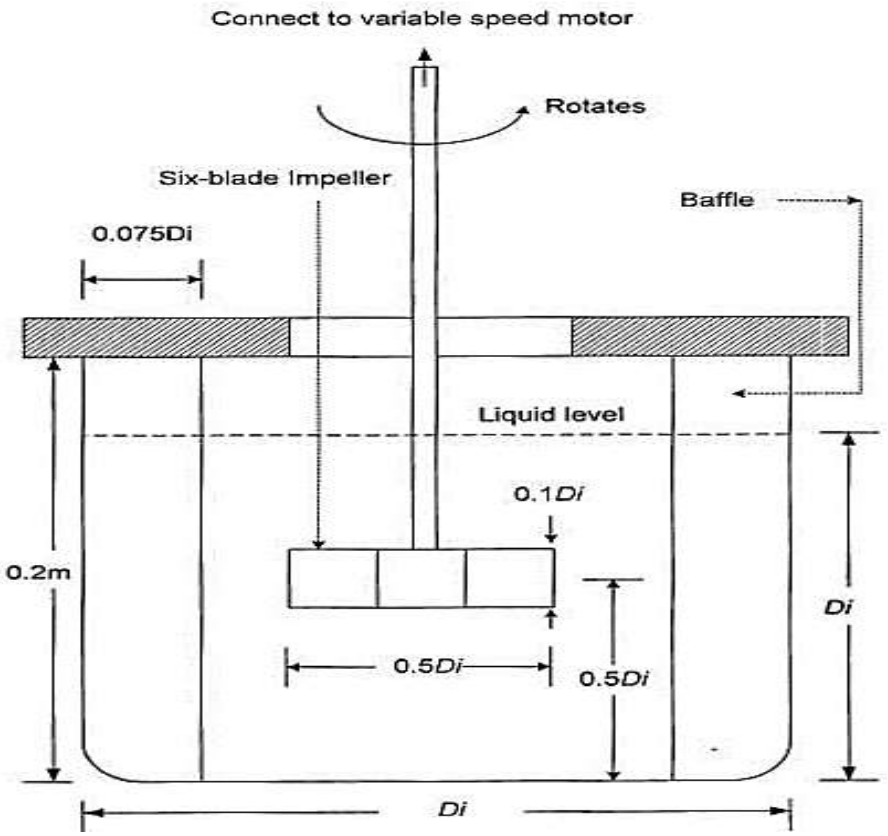
مفتاح الشكل (1-17)		
1	PW	الماء المنتج مع النفط الخام
2	Demulsification tank	خزان كسر الاستحلاب
3	Coagulation tank	خزان التخثير
4	Filtration tower	برج الترشيح
5	Demulsifier	كاسر الاستحلاب
6	Coagulant	مادة التخثير
7	Effluent	خروج

هناك انواع عديدة من الخلاطات الميكانيكية ، سنستعرض الانواع المستخدمة في الصناعة النفطية فحسب.,ويوضح الشكل (1- 18 أ، ب) نوعين من اجهزة الخلط المستمر. ويوضح الشكل (1-19) مجسماً لجميع أشكال جزء خلط السوائل، أما الشكل (1-20) فيوضح المخطط الميكانيكي لجزء الخلط.



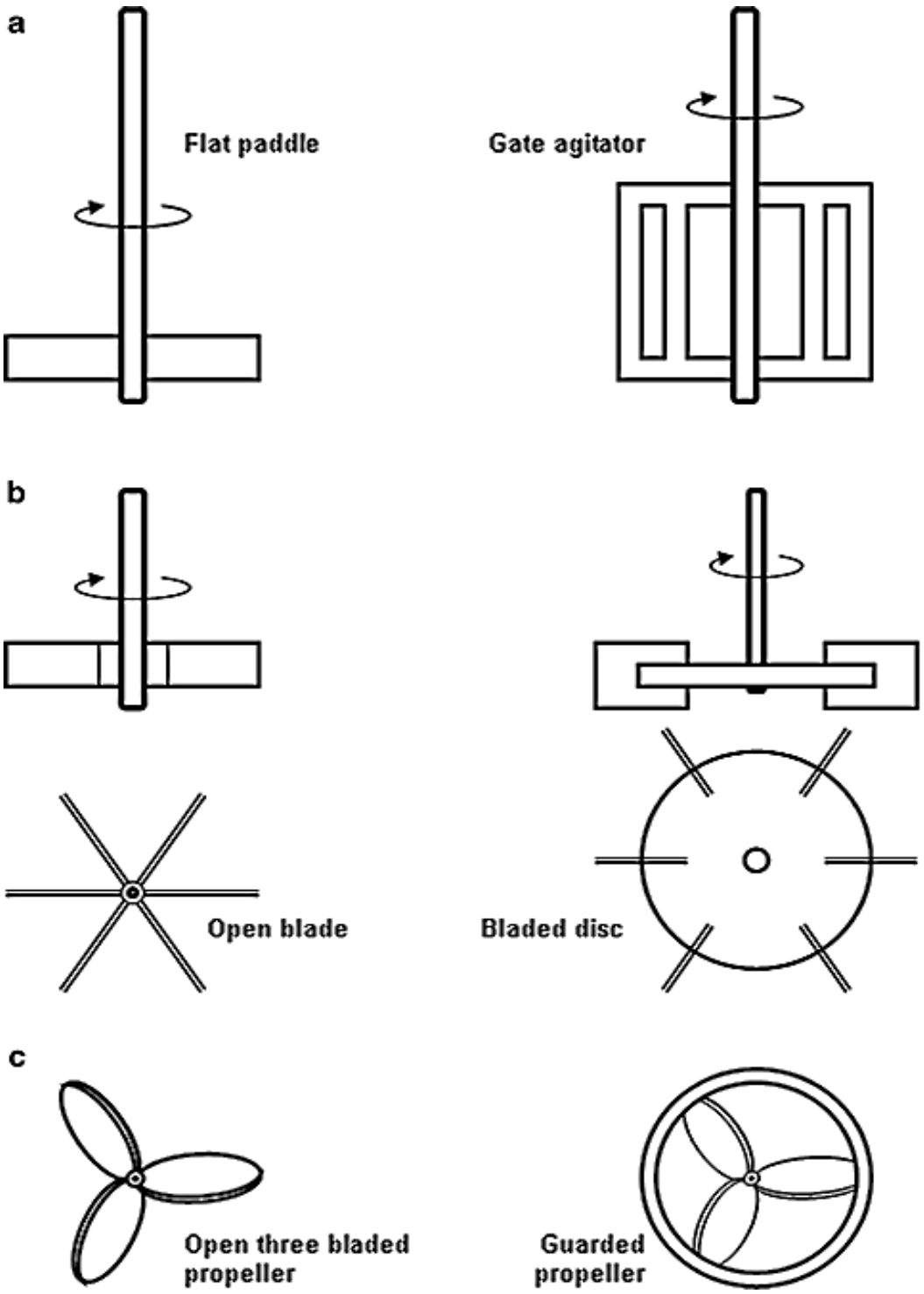
شكل (1- 18أ) وعاء خلط مستمر ذو خلاط نوع البشارة (لوحة) مقياس الرسم 1:1





شكل (1- 18ب) وعاء خلط مستمر ذو خلاط نوع التوربين(لوحة) مقياس الرسم 1 : 1

شكل (1- 19) مجسم لجميع أنواع جزء خلط السوائل (اثرائي)



شكل (1-20) المخطط الميكانيكي لأنواع جزء الخلط (لوحة) مقياس الرسم 1 : 1

مفتاح الاشكال (1-18) (1-19) (1-20)					
Open blade شفرة مفتوحة		Bladed disc قرص ذو شفرات		Guarded propeller دافع مقفول	
Gate agitator قلاب بوابة		Gate blade شفرة بوابة		Flat paddle مجداف مسطح	
Curved blade paddle مجداف ذو شفرة مقوسة		Dispersing homogenizing blade شفرة تشتيت و مجانسة		Open three bladed propeller دافع ذو ثلاث شفرات مفتوحة	
Ribbon blade شفرة شريطية		Screw type نوع برغي		Level gauge مقياس المستوى	
Baffle مصد		Agitator قلاب		Mixed product منتج مخلوط	
Cooling jacket غطاء تبريد		Feed تغذية		Motor محرك	
Connected to variable speed motor متصل بمحرك متغير السرعة		Spiral propeller blade دافع ذو شفرة لولبية		Products overflow from reactor فائض المنتجات من المفاعل	
Liquid level مستوى السائل		Six-blade impeller دافع ذو ست شفرات		Floor level	
Coolant مادة تبريد		To vent system الى منظومة التنفيس		Rotates يدور	
Reactant متفاعلة		Electronic valve control التحكم في الصمام الالكتروني			

1 – 11 مخطط وحدة معالجة المياه الصناعية الملوثة

تُعدَّ المواد الهيدروكاربونية من اخطر الملوثات الصناعية على الإطلاق في الوقت الحاضر وذلك لعدة أسباب ،منها:

ضخامة كمياتها وصعوبة تحللها عن طريق البكتريا فضلاً عن أن العديد منها تعدَّ مواد مسرطنة. تتوفر في جميع المصافي العديد من الوحدات لمعالجة المياه الصناعية الملوثة، ولكن في اغلب الأحيان تكون

هذه الوحدات غير قادرة على جعل المياه الصناعية ضمن المواصفات المطلوبة يتم إضافة وحدات أخرى يمكنها التعامل مع المواد الهيدروكاربونية ، ومن هذه الوحدات وحدات الامتزاز باستخدام الكاربون المنشط

ويمكن تقسيم طرائق معالجة مياه الفضلات على ثلاث طرائق:

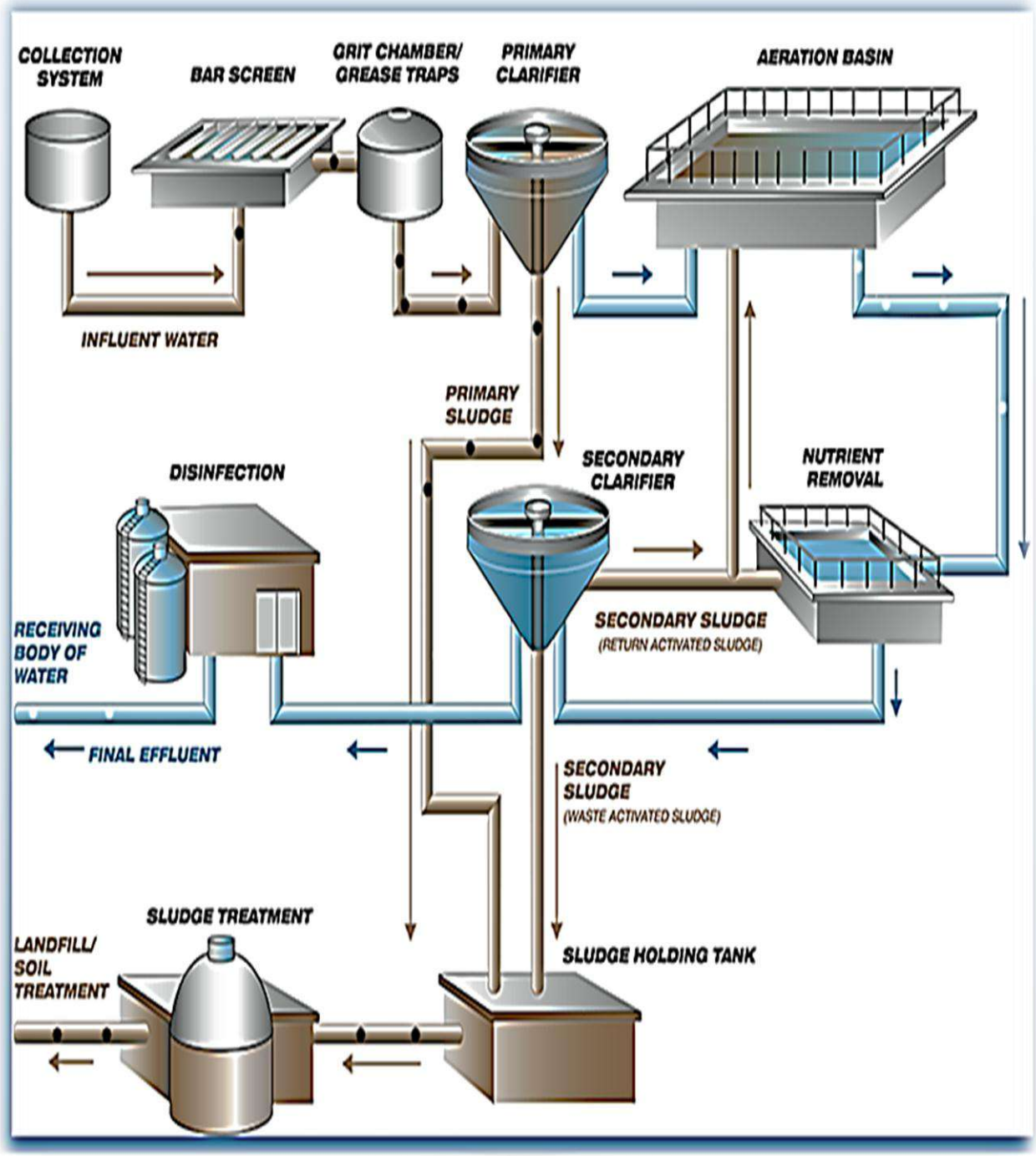
1- المعالجة الأولية 2- المعالجة الثانوية 3- المعالجة المتقدمة .

إذ تستخدم المعالجة الأولية لإ زالة المواد الصلبة العالقة من مياه الفضلات سواء كانت هذه المواد قابلة للتحلل أم غير قابلة للتحلل فيمكن إزالة المواد الصلبة العالقة بعملية الترسيب مع إضافة بعض المخثرات أو تتم إزا لتها باستخدام المناخل أو المرشحات والمعالجة الثانوية تكون بطريقة التطويف . وأخيراً وحدات المعالجة المتقدمة حيث تقوم هذه الوحدات بإ زالة الملوثات التي يقوم إ زالتها بالطرائق السابقة ومن أهم طرائق المعالجة المتقدمة هي عمليات الامتزاز، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي ،وضخ الكلور، والأوزون.

والامتزاز بواسطة الكاربون المنشط تقنية مفيدة وفعالة لمعالجة المياه الملوثة الصناعية وكمعالجة متقدمة للمواد الخارجة من وحدات المعالجة البايولوجية .تستخدم تقنيات الامتزاز بنحو واسع في مجال

إزالة كميات صغيرة من الملوثات الموجودة في حجم كبير من المائع .,تتم معالجة المواد الخارجة من مصافي النفط التي تحتوي على الفينول والفورفور، أوعناصر سامة والامونيا بطرائق مختلفة مثل الأكسدة الكيميائية، والفصل الفيزيائي، والمعالجة البايولوجية. الشكل (1-21) يمثل مجسماً لمراحل معالجة نموذجية للمياه الملوثة. وهذه المراحل هي:

1- خزانات التجميع. 2- الفصل الميكانيكي بالشبكة. 3- الترشيح بغرفة الحصى. 4- المصفي الاولي. 5- احواض التهوية. 6- ازالة المواد العضوية. 7- المصفي الثانوي. 8- وحدة التعقيم بالكلور (في حالة الحاجة الى الاستخدام البشري للماء). 9- وحدة تجميع ومعالجة الحمأة المتجمعة من الترسيب الاولي و الثانوي.



شكل 1-21 مجسم لمراحل معالجة المياه الملوثة (اثرائي)

مفتاح معدات الشكل (1-21)			
دخول الماء	Influent water	نظام التجميع	Collection system
غرفة الحصى (للترشيح)	Grit chamber	غربال شريطي	Bar screen
حوض التهوية	Aeration basin	المصفي الاولي	Primary clarifier
ازالة المواد العضوية	Nutrient removal	المصفي الثانوي	Secondary clarifier
الحمأة الاولية	Primary sludge	التعقيم	Disinfection
خزان تجميع الحمأة	Sludge holding tank	الحمأة الثانوية	Secondary sludge
الخروج النهائي	Final effluent	معالجة الحمأة	Sludge treatment
		تسلم الماء	Receiving body of water

الشكل (1-22) مخطط عام لوحدة معالجة المياه الملوثة لمصفى نفطي. أما الشكل (1-23) فيوضح مخططاً لوحدة معالجة المياه الملوثة في مصفى الدورة في بغداد . والمراحل الاساسية هي:

1- وحدة معالجة اولية تتضمن حوضين من نوع (API) لازالة الزيت من الماء؛

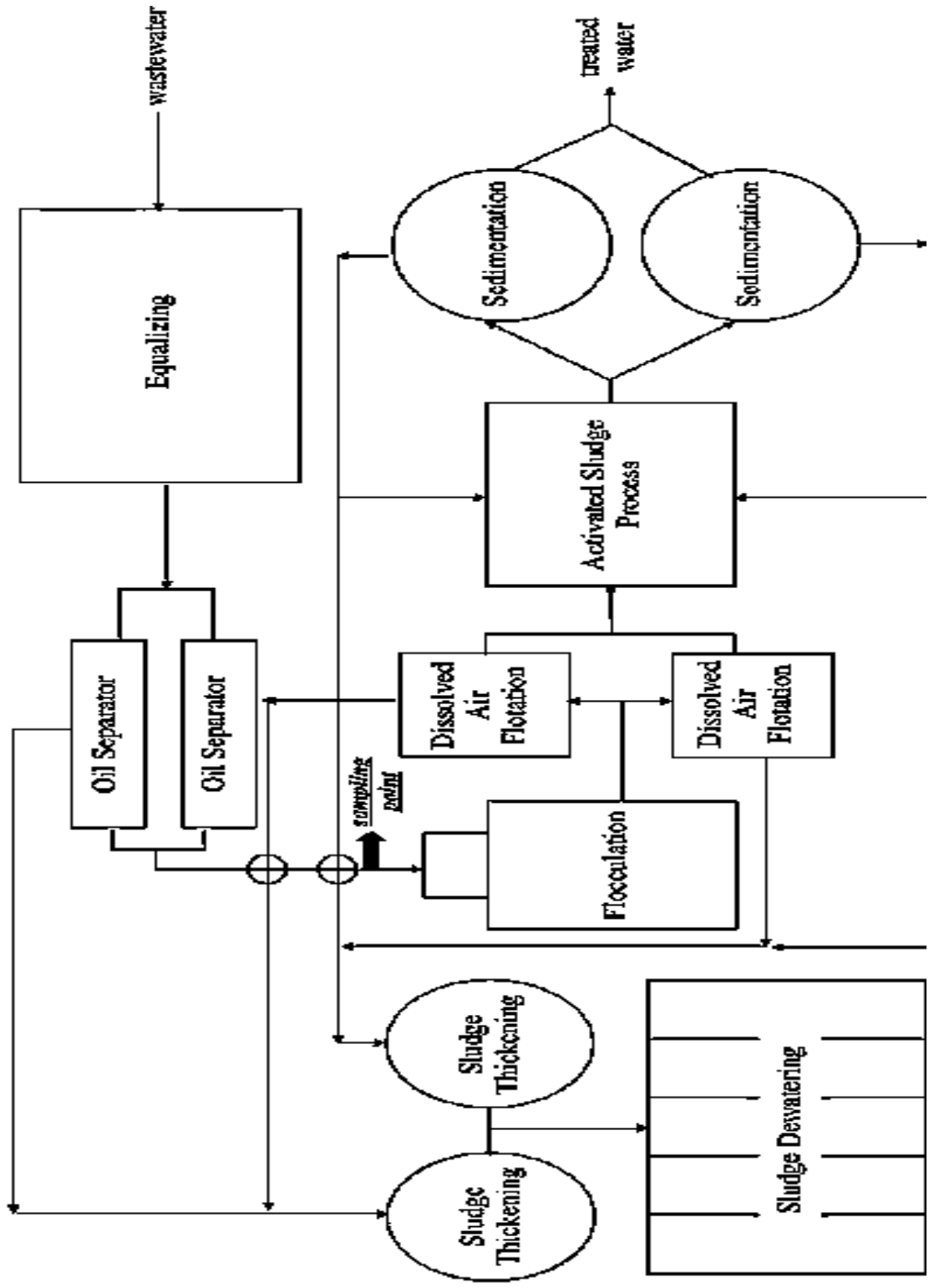
2- خزانات لاضافة المواد الكيمياوية لاغراض التطويف (مثل Alkyl Phosphoric acid) ، والتخثير(مثل Aluminum Sulfate أو Ferric Chloride).

3- أوعية تصفية الماء المياه العادمة.

4- أحواض التهوية و التطويف.

5- أحواض التخثير.

6- احواض ترسيب الحمأة .



شكل (1-22) مخطط لوحدة معالجة المياه العادمة في مصفى نفطي (لوحة) مقياس الرسم1: 1

مفتاح الشكل (1-22) و الشكل (1-23)				
Equalizing	المعادلة		Oil separator	فاصل الزيت
Sampling point	نقطة سحب النموذج		Dissolved air floatation	التطويف بالهواء المذاب
Flocculation	التخثير		Aeration basin	حوض التهوية
Activated sludge process	عملية الحمأة المنشطة		Sedimentation	الترسيب
Sludge thickening	تثخين الحمأة		Sludge dewatering	إزالة الماء من الحمأة
influent	الداخل		Primary treatment unit	وحدة المعالجة الاولية
Intermediate treatment unit	وحدة المعالجة الوسطية		Secondary treatment unit	وحدة المعالجة الثانية
DAF(dissolved air flotation) unit	وحدة التطويف بالهواء		Sludge treatment unit	وحدة معالجة الحمأة
Aeration tank	خزان التهوية		Recycle line	خط التدوير
Operation line	خط التشغيل		Sludge thickener	مثخن الحمأة
Sludge treatment by CaO and CO2	معالجة الحمأة بواسطة أوكسيد الكالسيوم وثاني اوكسيد الكاربون		Wastewater collection tank	خزان تجميع الماء الملوث

ان وحدة معالجة المياه الملوثة في مصفى الدورة (الشكل 1-23) ذات طاقة تصفية 750 متراً مكعباً \ ساعة، وتتكون من اربعة اجزاء، هي:

1- أحواض تجميع المياه الملوثة الآتية من وحدات الانتاج (التكرير الجوي، والفراغي، وانتاج الدهون ووحدات انتاج الطاقة)، وتحتوي المياه على خليط من مركبات هيدروكاربونية، وحوامض، وقواعد، و مذيبات، مثل الفرفرال، والفينولات، ومثيل اثيل الكيتون (MEK) وتسمى احواض (API).

2- أحواض المعالجة الكيميائية: حوض الخلط وحوض الفصل.

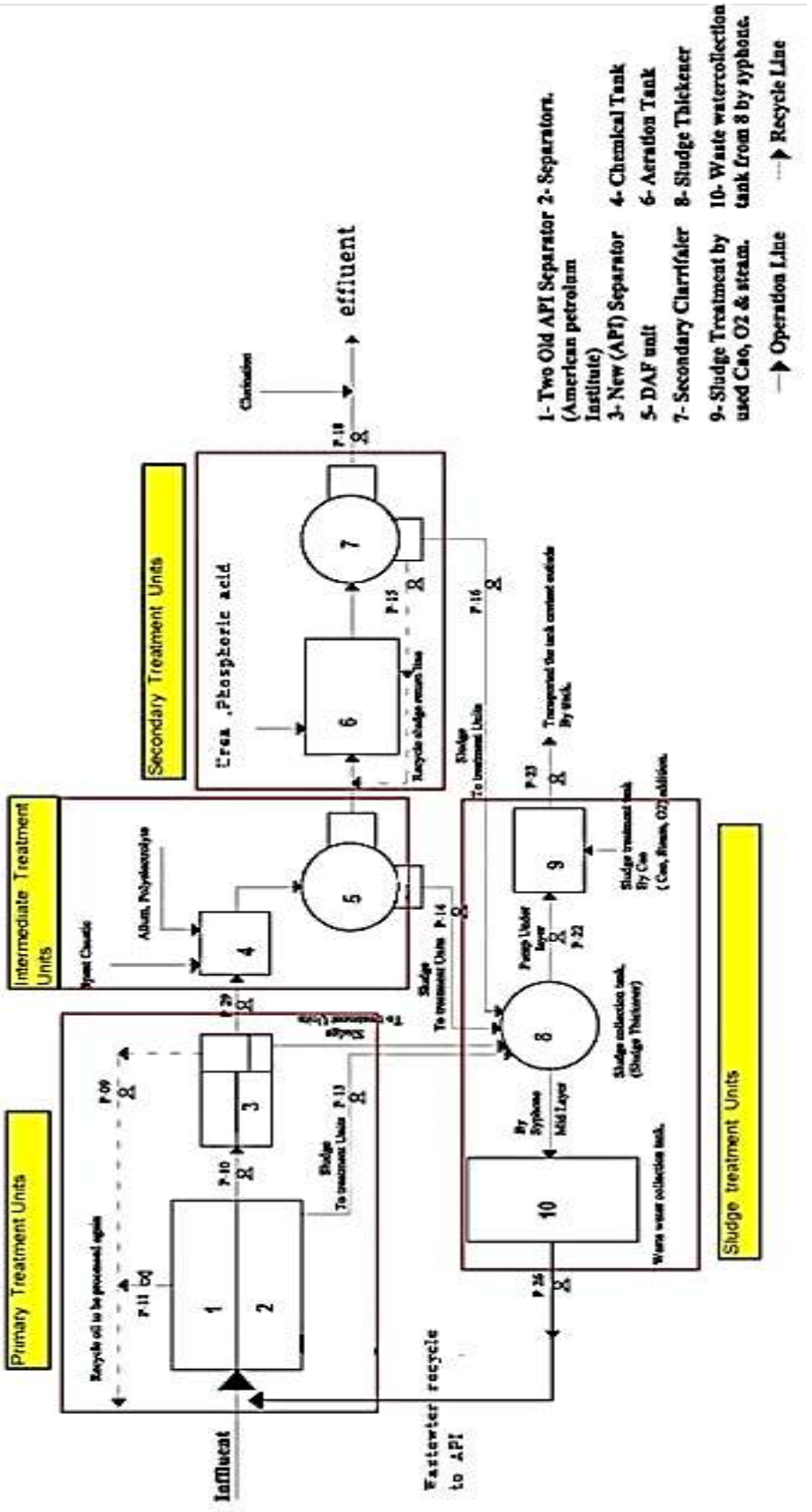
في هذه المرحلة تتم معادلة حموضة المياه واضافة مواد كيمياوية لترسيب الاملاح العناصر الفلزات الثقيلة من الفناديوم والنيكل وتضاف مادة ملبدة تدعى البولي الكتروليت لتجميع الحمأة (sludge) لكي يفصل عن الماء. وبعدها تفصل الحمأة بالتطويف (floatation) عن طريق نفخ الهواء في الماء من الاسفل.

3- أحواض المعالجة البيولوجية:

هي مرحلة استهلاك المخلفات النفطية والعضوية باستخدام البكتريا الهوائية التي تتغذى على المخلفات و تحويلها الى طاقة وغاز ثاني اوكسيد الكاربون. ولكي تعمل هذه البكتريا يجب امدادها بالأوكسجين عن طريق اذابة الهواء في الماء. ثم تجمع الحمأة في خزان الفصل وترسل بعد ذلك الى خزان تجميع الحمأة.

4- مرحلة فصل الحمأة عن المياه:

يوجد خزان كبير دائري ومثبت عليه خلاط يدور بسرعة بطيئة يجمع الحمأة (Sludge) من مراحل المعالجة الكيمياوية والبيولوجية ويرسلها الى معدة التصفية بالصب (Decanter) إذ تقل كمية الماء الى النصف، وبعدها يضخ الحمأ الى المحرقة العمودية ليتحول الحمأ الى رماد ، ويجمع بعدها الرماد مع النورة $Ca(OH)_2$. وبعدها تفصل بواسطة المرشحات الدوارة الفراغية حيث يفصل الماء عن المادة الصلبة .



شكل (1-23) مخطط لوحدة معالجة المياه العادمة لمصفى الدورة في بغداد (اثرائي)

الفصل الثاني

المعدات الأساسية الحاكمة في الصناعة النفطية

2 – 1 برج التقطير

2 – 1 – 1 برج التقطير ذو الصواني

2 – 1 – 2 برج التقطير ذو الحشوة

2 – 1 – 2 – 1 برج التقطير ذو الحشوة

2 – 1 – 2 – 2 برج التقطير متعدد الحشوات

2 – 2 معدات الاستخلاص بالمذيب

2 – 2 – 1 الخلاط – المركد

2 – 2 – 2 أبراج الاستخلاص الرذاذة ذات الحشوة

2 – 2 – 3 أبراج الحواجز

2 – 2 – 4 أبراج الصواني المثقبة

2 – 3 المفاعلات

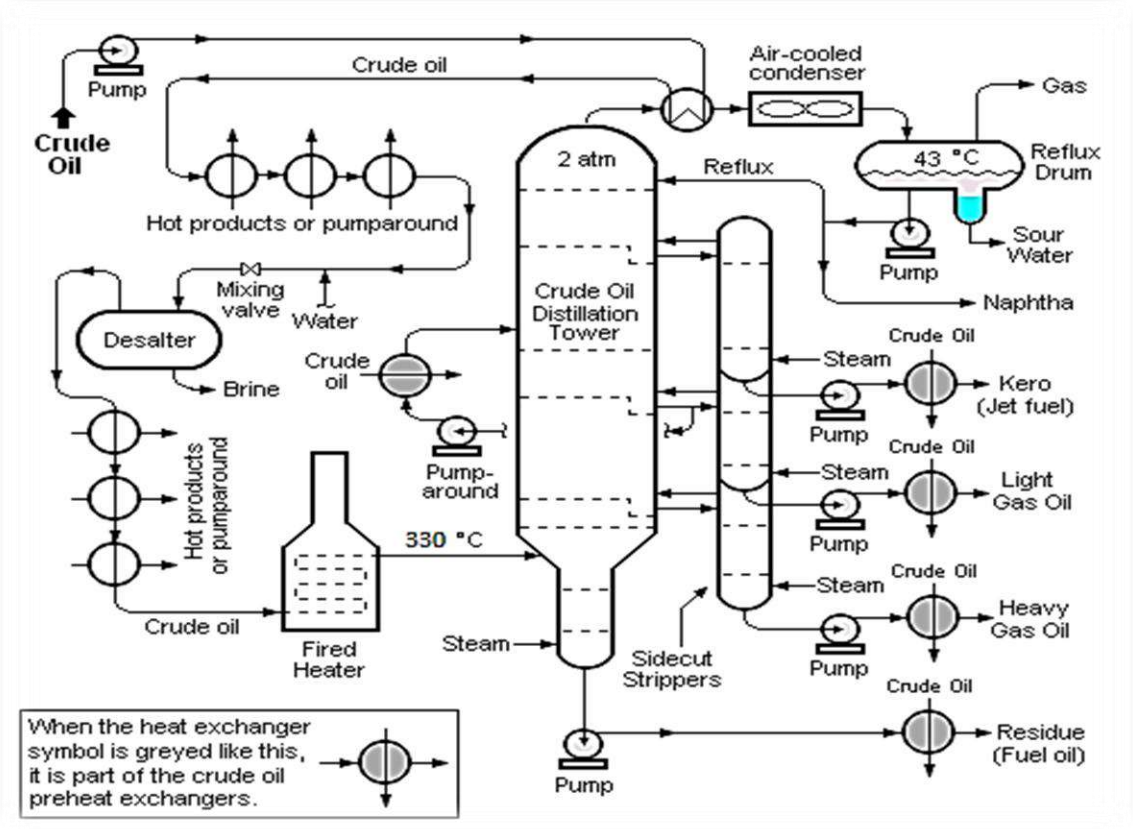
2 – 3 – 1 مفاعلات الطبقة الثابتة

2 – 3 – 2 مفاعلات الطبقة المميعة

2 – 1 برج التقطير ذو الصواني

تقطير النفط عملية من العمليات الضرورية التي يمكن معالجة النفط الخام بها، واستخلاص المركبات العديدة المرغوبة منه، وتحويلها إلى منتجات صالحة للاستهلاك، إذ انه ليس من الممكن استعمال زيت النفط الخام بالصورة التي يوجد بها في باطن الأرض .والمقصود بالتقطير فصل النفط الخام إلى مكوناته وجزيئاته الأصلية عن طريق التقطير بالتجزئة وإعادة ترتيبها لتكون مجموعات تختلف عن الموجودة في النفط الخام ، أي تصنيعها إلى منتجات نهائية صالحة للاستخدام.

تمثل وحدة التقطير اساس عمل المصفى النفطي، اما الوحدات الاخرى فهي اما لتحسين مواصفات منتجات عملية التقطير وإما وحدات خدمية لإنتاج ماء التبريد أو البخار أو معالجة المياه العادمة. ويخضع النفط في عملية التقطير (أي التكرير) في مصافي النفط الى فصل النفط الخام ذي المزيج المعقّد من المكوّنات المختلفة إلى هيدروكاربونات ذات أطوال سلسلة وتراكيب مختلفة عن بعضها اعتمادا على الفروقات في درجات الغليان بين مكونات المزيج، ويستخدم القسم الأكبر من المركّبات الهيدروكاربونية الموجودة في النفط في الوقود في حين أنّ القسم الباقي يدخل كمادّةً أوّليةً في الصناعات الكيميائية المختلفة. ويوضح الشكل (1-1 أ) وحدة التقطير النموذجية في المصفى النفطي.



الشكل (2-1 أ) مخطط لوحدة تقطيرالنفط الخام النموذجية في المصفى النفطي (اثرائي)

في تكرير النفط يستخدم نوعان من ابراج التقطير، برج التقطير ذو الصواني او برج التقطير ذو الحشوة. وعموما يتم اجراء عملية تقطير النفط الخام في برج التقطير ذي الصواني.

يتكون برج التقطير ذو الصواني من انبوب اسطواني يحتوي على عدد من مراحل الفصل بين مكونات المزيج النفطي تسمى بالصواني، يعتمد عددها على نوعها، وكفاءة الفصل المرغوبة، وعدد المنتجات

مطلوبة. وسيتم استعراض أبراج التقطير ذات الصواني استناداً على نوع صينية التقطير. ومن اهم انواع الصواني المستخدمة في ابراج تقطير النفط الخام :

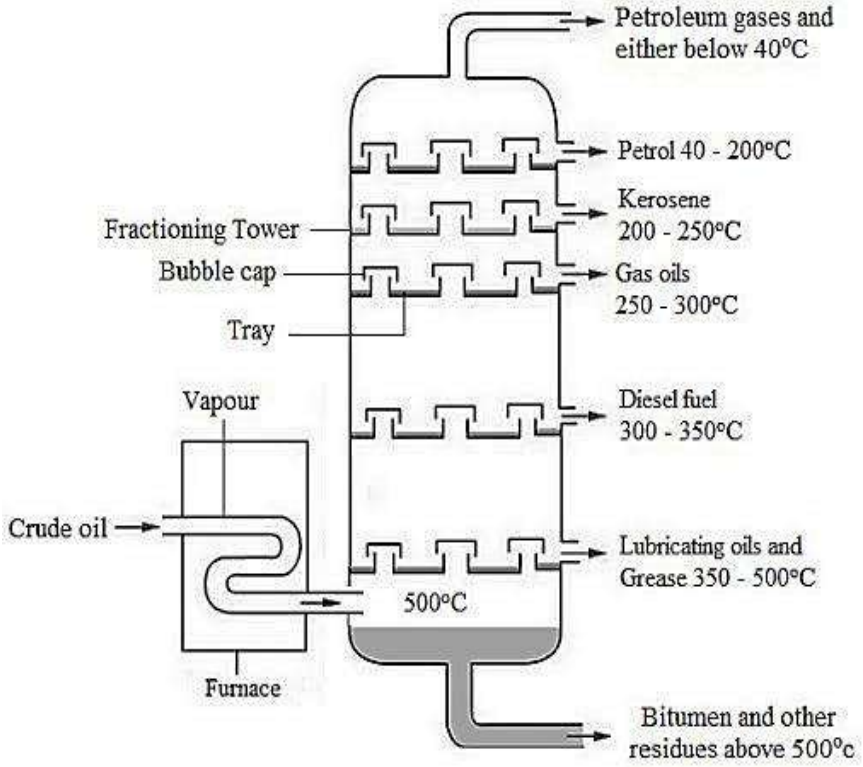
أ - صينية غطاء الفقاعة (Bubble cap tray).

ب - الصينية المنخلية (Sieve tray).

ج - صينة الصمام (Valve tray).

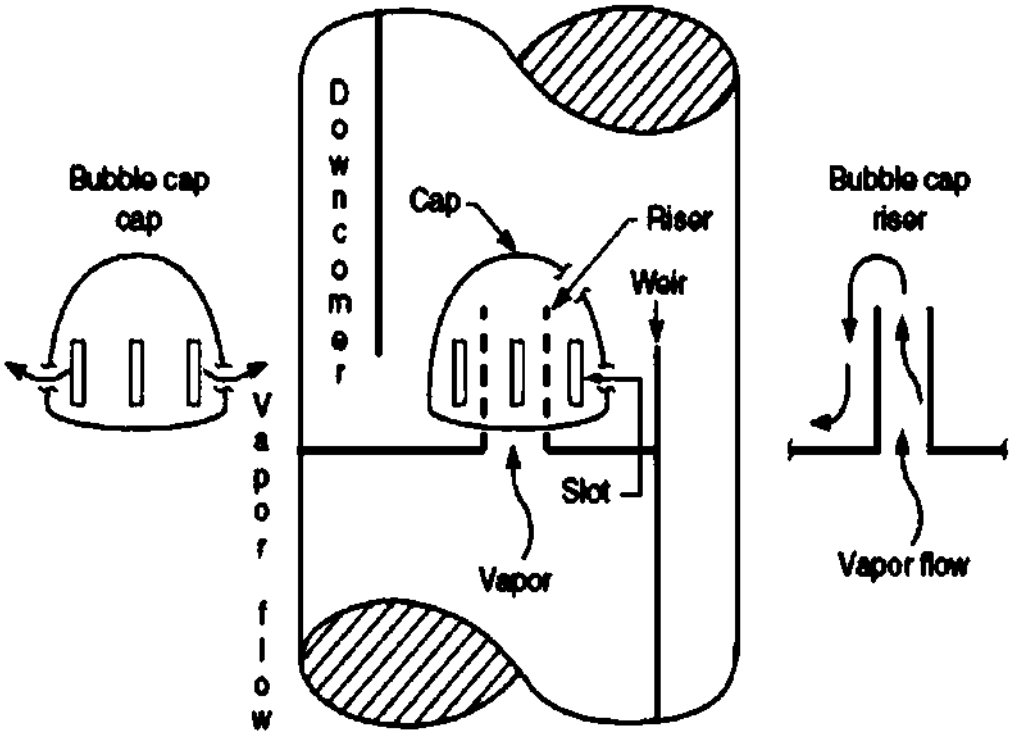
2 – 1 – 1 برج التقطير ذو صينية غطاء الفقاعة (Bubble cap tray).

هذا النوع هو الاكثر استخداماً في عمليات تقطير النفط الخام، ويتميز بكفاءة عالية في التقطير واستقرارية عمله إذ يستخدم في ابراج انتاج المنتجات عالية النقاوة مثل وحدات تحسين الكازولين. ويوضح الشكل (2-1 ب) برج التقطير ذا صينية غطاء الفقاعة لتقطير النفط الخام ويلاحظ في الشكل المشتقات النفطية مع درجات حرارة صينية كل مشتق نفطي. ويبين الشكل (2-2) مخططاً توضيحياً لصينية تقطير واحدة داخل برج التقطير مع أجزاء غطاء الفقاعة.



الشكل (2-1ب) مخطط برج التقطير ذو صينية غطاء الفقاعة لتقطير النفط الخام (اثرائي)

مفتاح الشكلين (2- 1أ) و (2- 1ب)				
Desalter	مزيل الاملاح		Bubble cap	غطاء فقاعة
Pump around	مضخة التدوير		Furnace	فرن
Reflux drum	خزان الراجع		Vapor	بخار
Heavy	ثقيل		Crude oil	نفط خام
Sour water	ماء حامضي		Petroleum gases	غازات نفطية
Sidecut stripper	نازعات للقطفة الجانبية		Fractionating tower	برج تجزئة
steam	بخار		Residues	بقايا

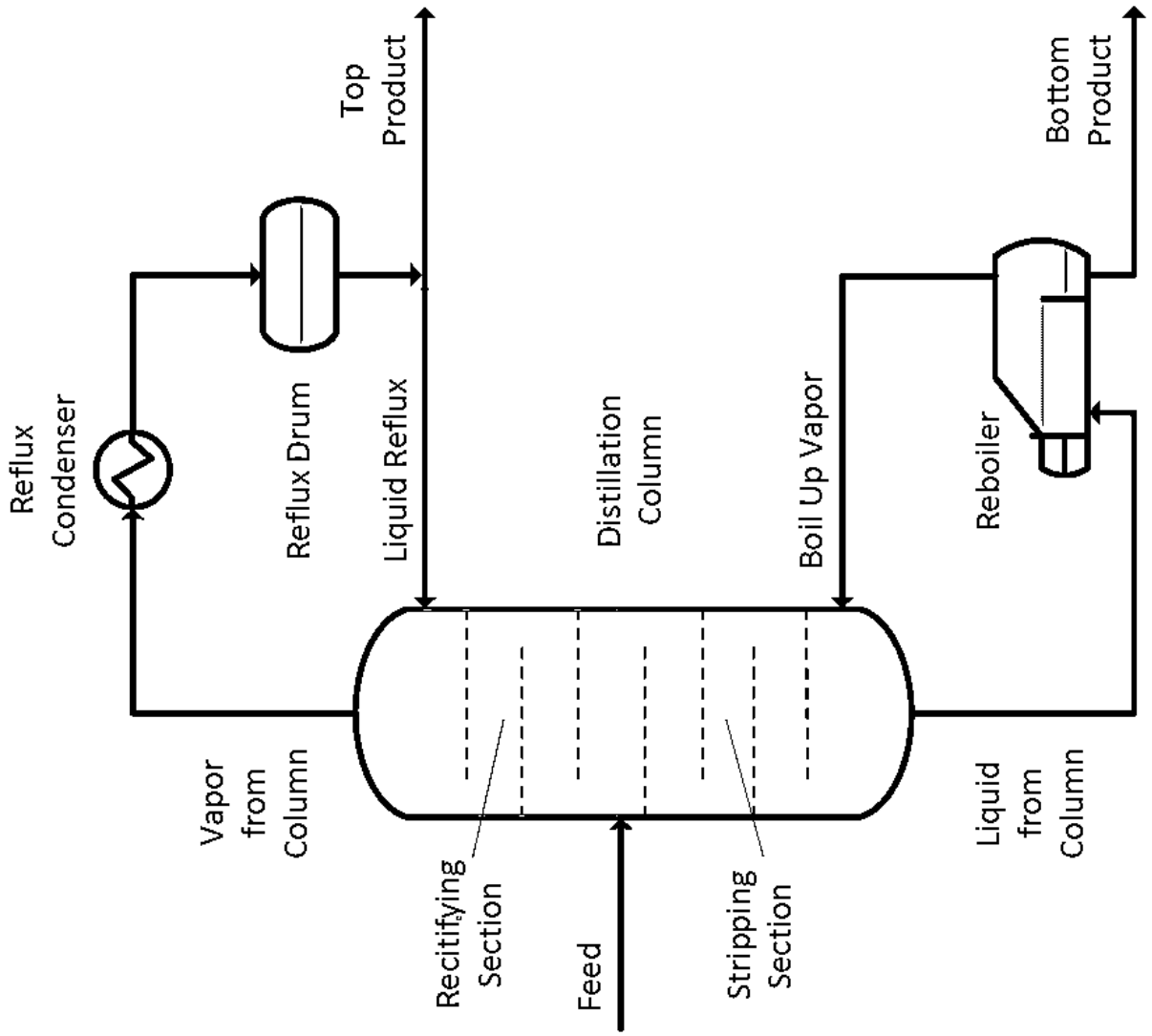


الشكل (2-2) مخطط توضيحي لصينية تقطير واحدة داخل برج التقطير (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-2)	
Bubble	**فقاعة**
Cap	**قبعة**
Vapor	**بخار**
Flow	**تدفق**
Riser	**مصعد**
Weir	**حاجز**
Slot	**شق**

2-1-2 برج التقطير ذو الصينية المنخلية (Sieve tray)

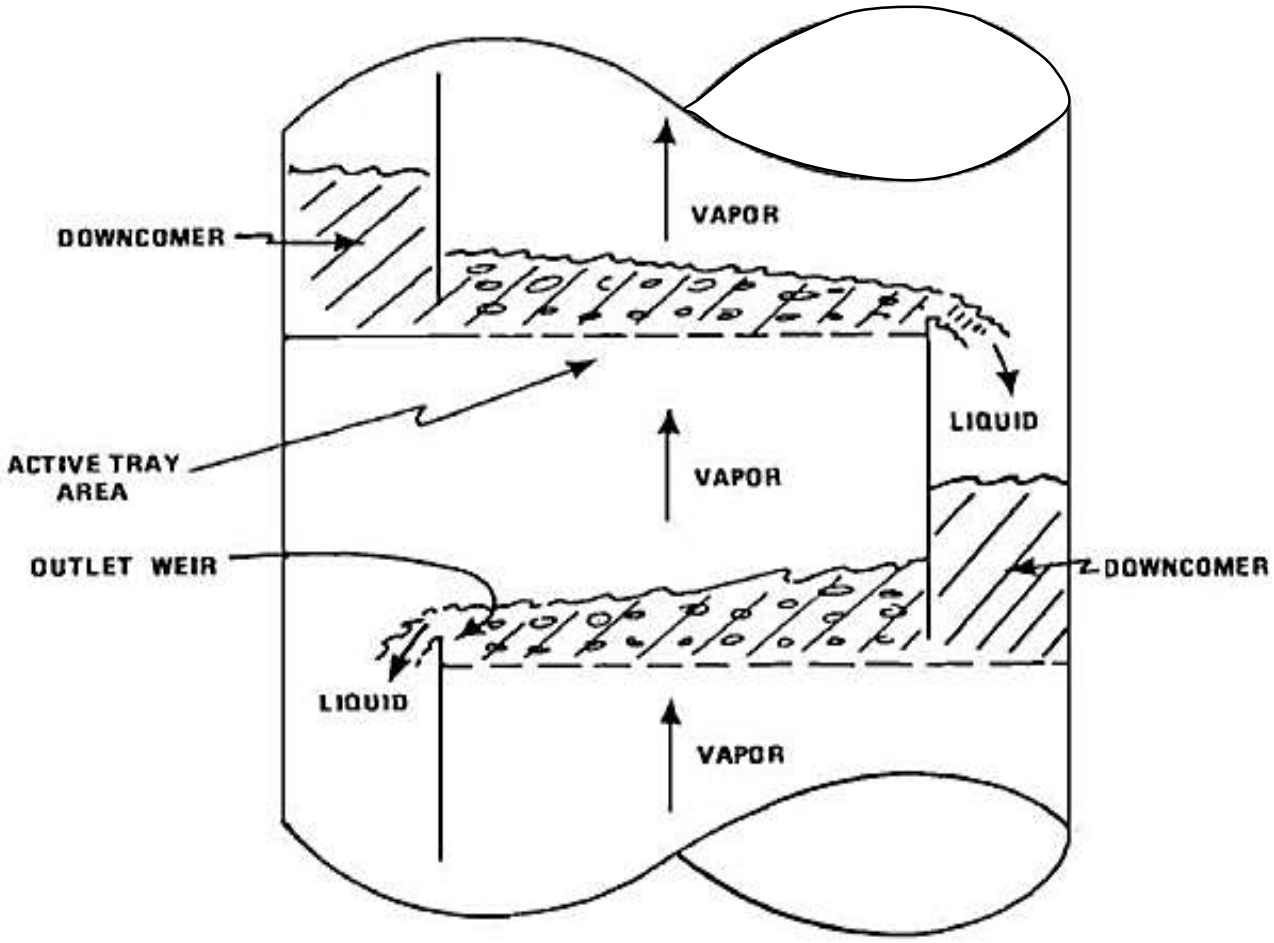
هذا النوع من ابراج التقطير يتميز من النوع السابق بأنه الاسهل تصميما وتنفيذا وله طاقات انتاجية اعلى إلا أن كفاءة الفصل فيه اقل من برج التقطير ذي صينية غطاء الفقاعة. ويستخدم للانظمة ثنائية السوائل, مثلا فصل الكحول الاثيلي من مزيج الكحول و الماء أو الهكسان عن التلوين.ويوضح الشكل (2-3) مخططاً لبرج التقطير ذي الصواني المنخلية مع الاجهزة التشغيلية المساعدة في عمله مثل المرجل (Reboiler) والمكثف (condenser) السائل الراجع مع خزان التجميع (Drum).



الشكل (2-3) مخطط لبرج التقطير ذي الصواني المنخلية مع الاجهزة التشغيلية المساعدة في عمله (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-3)	
Section	**مقطع**
Rectifying	**تكرير**
Stripping	**انتزاع**
Reflux	**راجع**
Distillation column	**عمود تقطير**
Vapor from column	**بخار من العمود**
Liquid from column	**سائل من العمود**
Reboiler	**مرجل**
Drum	**خزان**
Boil up	**غلي**

أما الشكل (2-4) فيوضح مخططاً لصواني منخلية داخل البرج حيث يمر السائل فوقها .



الشكل (2-4) مخطط توضيحي لصواني منخلية داخل البرج مع جريان السائل(لوحة)

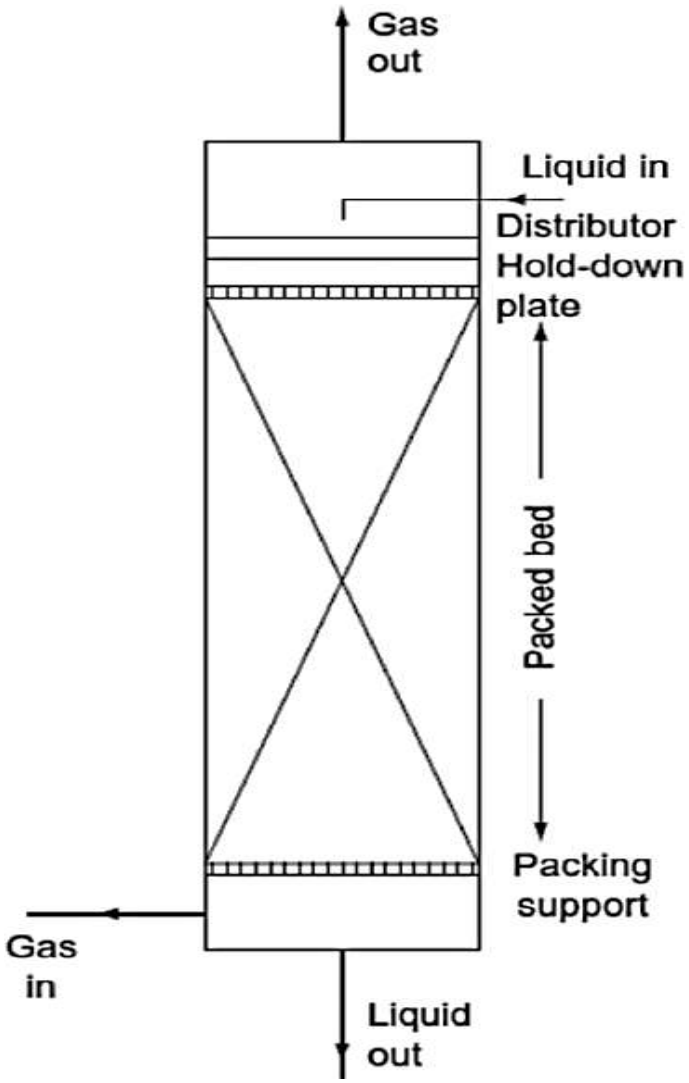
مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-4)	
Vapor	**بخار**
Liquid	**سائل**
Downcomer	**مجرى النزول**
Outlet Weir	**حاجز الخروج**
Active	**فعال**
Tray	**صينية**
Area	**مساحة**

1 – 2 برج التقطير ذو الحشوة

ان معظم استخدامات برج التقطير ذي الحشوة هي في تحسين مواصفات المشتقات النفطية وفي الصناعات البتروكيمياوية وكذلك في عمليات تنقية المياه, إذ إن برج التقطير ذو الحشوة لا يستخدم لإجراء عملية تقطير النفط الخام، لان النفط الخام يحتوي على مركبات اسفلتية ثقيلة قد تؤدي الى انسداد مجاري النفط الخام بين الحشوات وبالتالي توقف عملية التقطير.

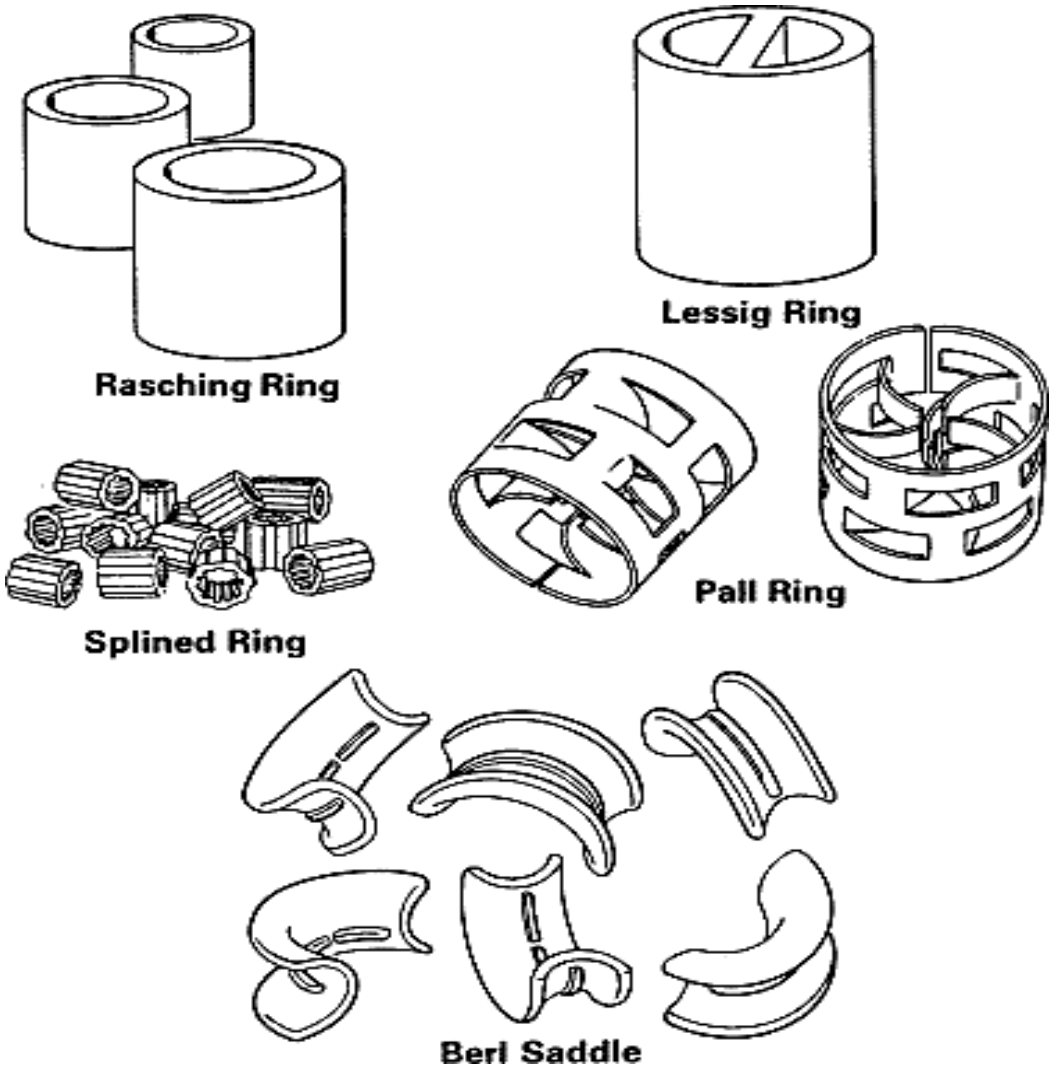
وبرج التقطير ذو الحشوة عبارة عن انبوب أسطواني عمودي مملوء بكميات كبيرة من حشوات صلبة بلاستيكية أو معدنية أو خزفية تستخدم لزيادة مساحة انتقال الكتلة بين الغاز. تم استخدامه في الصناعات منذ منتصف القرن التاسع عشر. مبدأ العمل لبرج التقطير ذي الحشوة يتضمن دخول السائل من أعلى البرج، ويتم توزيعه بالتساوي بين حشوات العمود عن طريق موزع السائل، ثم يتدفق الى الأسفل على امتداد كمية الحشوات، أما الغاز فيدخل من قاع البرج ويوزع بالتساوي عن طريق جهاز توزيع الغاز. يرتفع الغاز ليلتقي السائل ويلامسه على حشوات العمود حيث يتم تبادل الكتلة بين الغاز والسائل. والحشوات في البرج إما تكون بصورة مقطع واحد على امتداد البرج وإما بصورة مقطعين يفصل بينهما موزع ثانٍ.ويمثل الشكل (2-5) برج التقطير ذا الحشوة الواحدة.



الشكل(2-5) مخطط لبرج تقطير ذي حشوة قطعة واحدة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-5)	
Gas outlet	**خروج الغاز**
Liquid inlet	**دخول السائل**
Liquid distributor	**موزع السائل**
Packed bed	**عمود معبأ**
Hold down	**تثبيت**
Packing support	**حامل الحشوات**
Plate	**صفيحة**

الشكل (2-6) يوضح أنواع مختلفة من ألحشوات ألمستخدمة



الشكل (2-6) مخطط لأنواع مختلفة من حشوات برج التقطير ذي الحشوة (لوحة) (ترسم يدوياً)

مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-6)	
Splined	**محزز**
Ring	**حلقة**
Saddle	**سرج حصان**
Raschnig ring	**حلقة نوع راشنك**
Lessing ring	**حلقة نوع ليسنك**
Pall ring	**حلقة نوع بال**
Berl ring	**حلقة نوع بيرل**

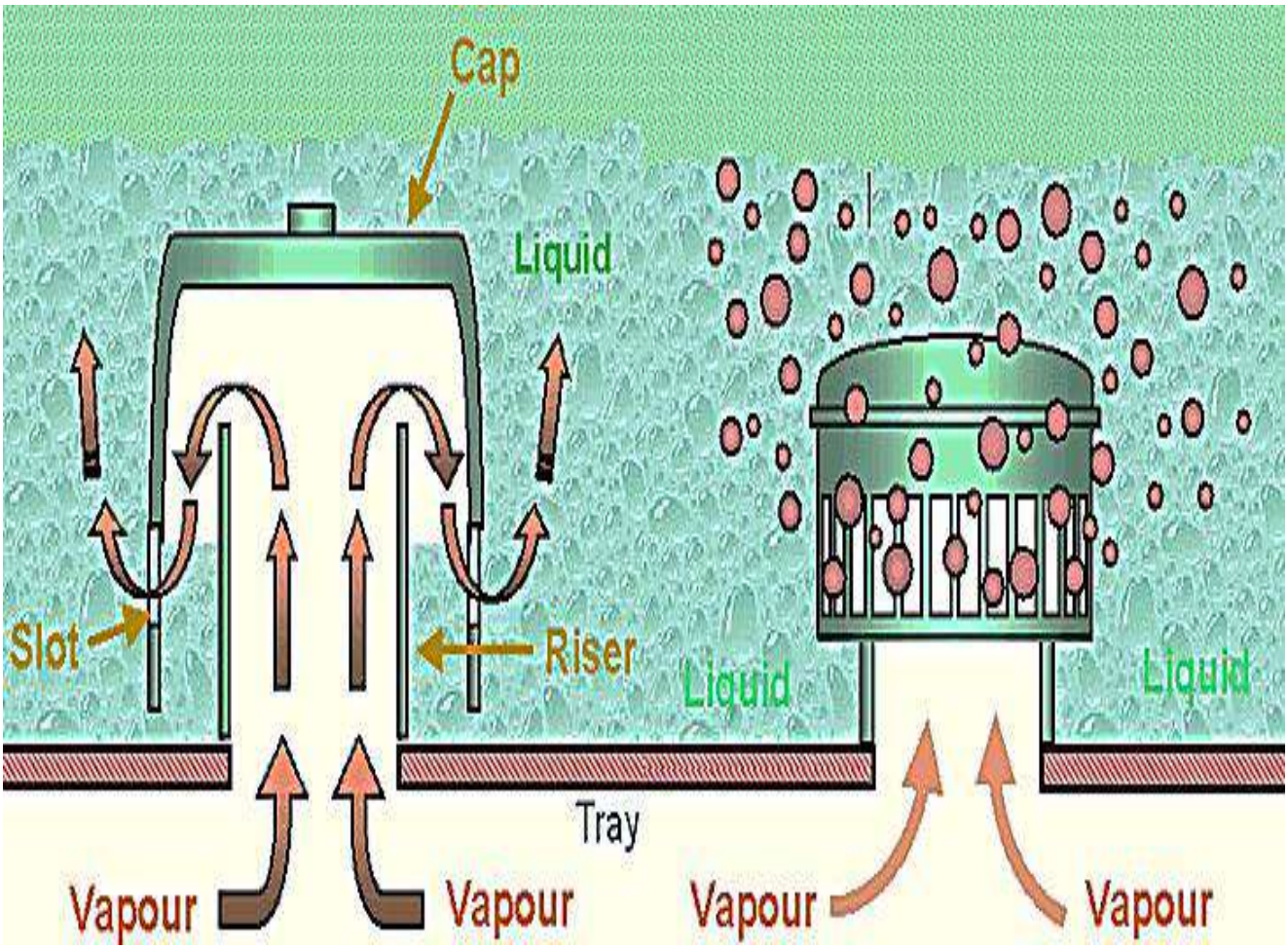
3-2 أنواع صواني التقطير

2 – 3 – 1 صينية غطاء الفقاعة (Bubble cap tray)

تحتوي صينية غطاء الفقاعة على ما يشبه المجرى الصاعد يسمى (Riser) مثبتة على كل فتحة (hole) في الصينية، ويعلو الفتحة غطاء (cover) يغطيها. يتم تثبيت الغطاء بحيث تكون هناك مسافة بين المجرى الصاعد والغطاء للسماح بمرور البخار. يتصاعد البخار (vapor) عن طريق المدخنة، ويتم توجيهه إلى أسفل بواسطة الغطاء لكي يسير البخار مسافة اطول خلال السائل، وباالتالي الحصول على تقطير اعلى، بعدها يتم تصريف البخار عن طريق الشقوق (slots) الموجودة في الغطاء، ليتدفق عن طريق السائل (liquid) الموجود على الصينية. وتُعدُّ صينة غطاء الفقاعة أعلى كفاءة في فصل مكونات النفط الخام من بقية الانواع. ويمثل الشكل (2-7) صورة لصينية غطاء الفقاعة موضوع عليها اعداد من صمامات اغطية الفقاعة.

الشكل(2-7) صورة لصينية صمامات غطاء الفقاعة (اثرائي)

الشكل (2-8) تفصيل مسار البخار خلال أجزاء صمام غطاء الفقاعة .

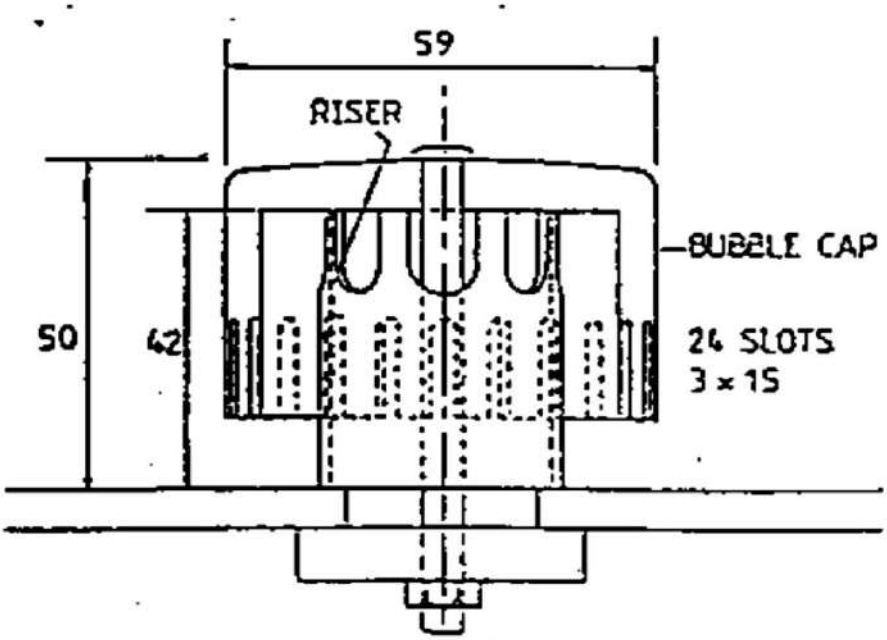


الشكل 2-8 مخطط تفصيلي لأجزاء غطاء الفقاعة (اثرائي)

مفتاح الشكل (2-8)	
Cap	غطاء
Vapour	بخار
Riser	مصعد
Slot	شق
Tray	صينية
Liquid	سائل

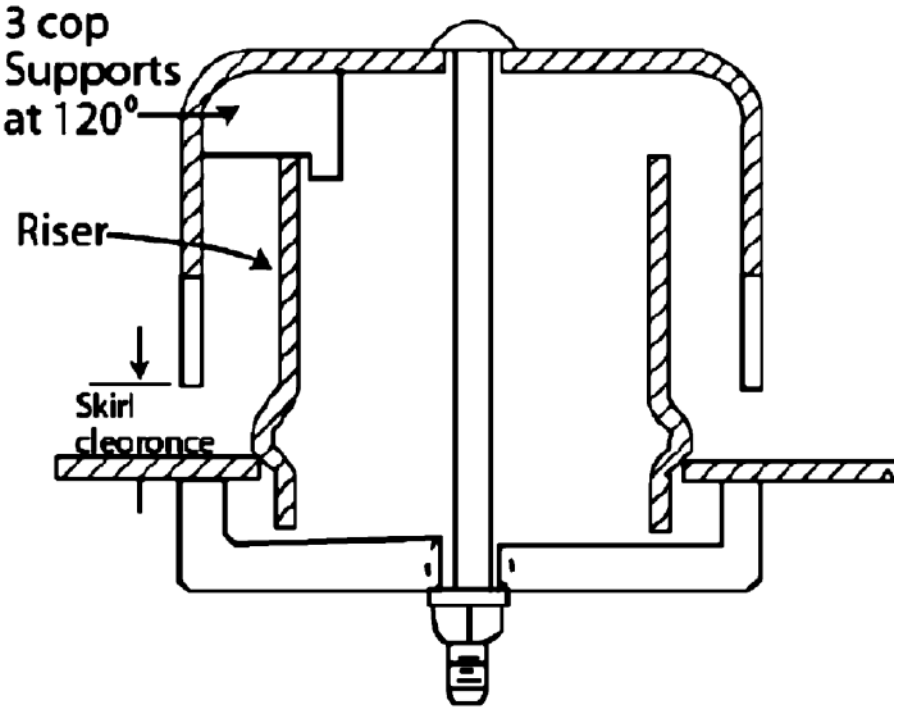
أما الشكل (2-9) فيوضح التفصيلات الميكانيكية لصمام غطاء الفقاعة.

(أ)



تفاصيل غطاء القبعة

(ب)



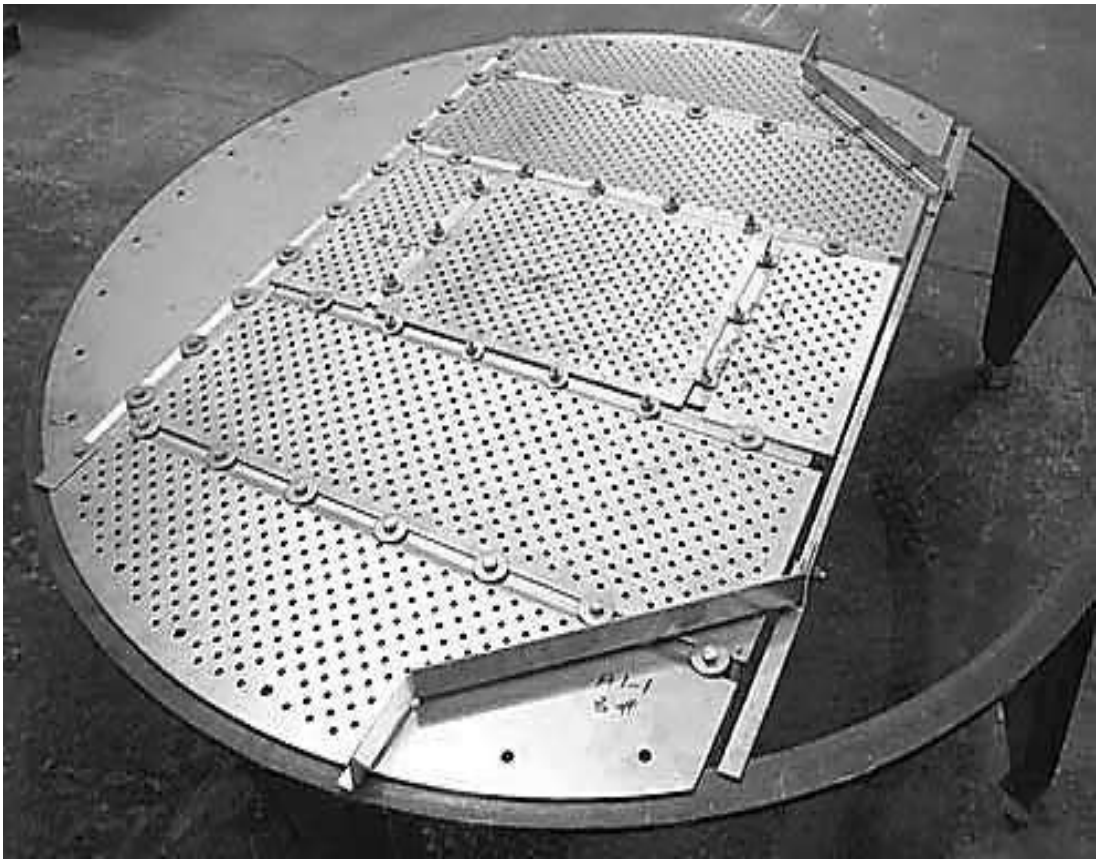
الشكل (2-9) منظر أمامي (أ) لصمام غطاء الفقاعة و (ب) مقطع طولي (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-9)	
Bubble cap	غطاء الفقاعة
Riser	مصعد
Slot	شق
Tray	صينية
Clearance	سماحية
Details	تفصيلات
Skirt	حزام

2 – 3 – 2 صينية المنخل (Sieve tray)

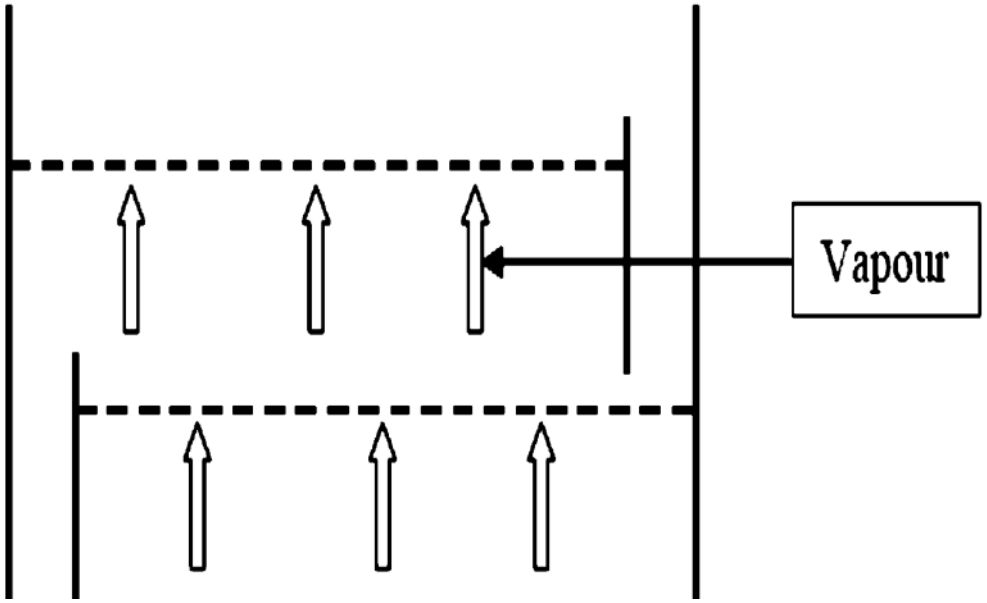
ان هذا النوع من الصواني يُعدُّ اقل كفاءة ويستخدم لانظمة ثنائية السوائل ، مثلاً فصل الكحول الاثيلي من مزيج الكحول والماء او الهكسان عن التولوين .

وصواني المنخل عبارة عن لوحات معدنية بها ثقوب. يمر البخار لأعلى مباشرة عن طريق السائل على اللوحة. ويعتمد حجم الثقوب وعددها وترتيبها على الصينية على كفاءة الفصل للعمود والطاقة الانتاجية المطلوبة . وتُعدُّ صينية المنخل الاسهل تصنيعا والاقل كلفة، الا انها اقل كفاءة في التقطير من الانواع الاخرى. الشكل (2-10) يمثل صورة لصينية المنخل.



الشكل (2 – 10) صورة لصينية المنخل (أثرائي)

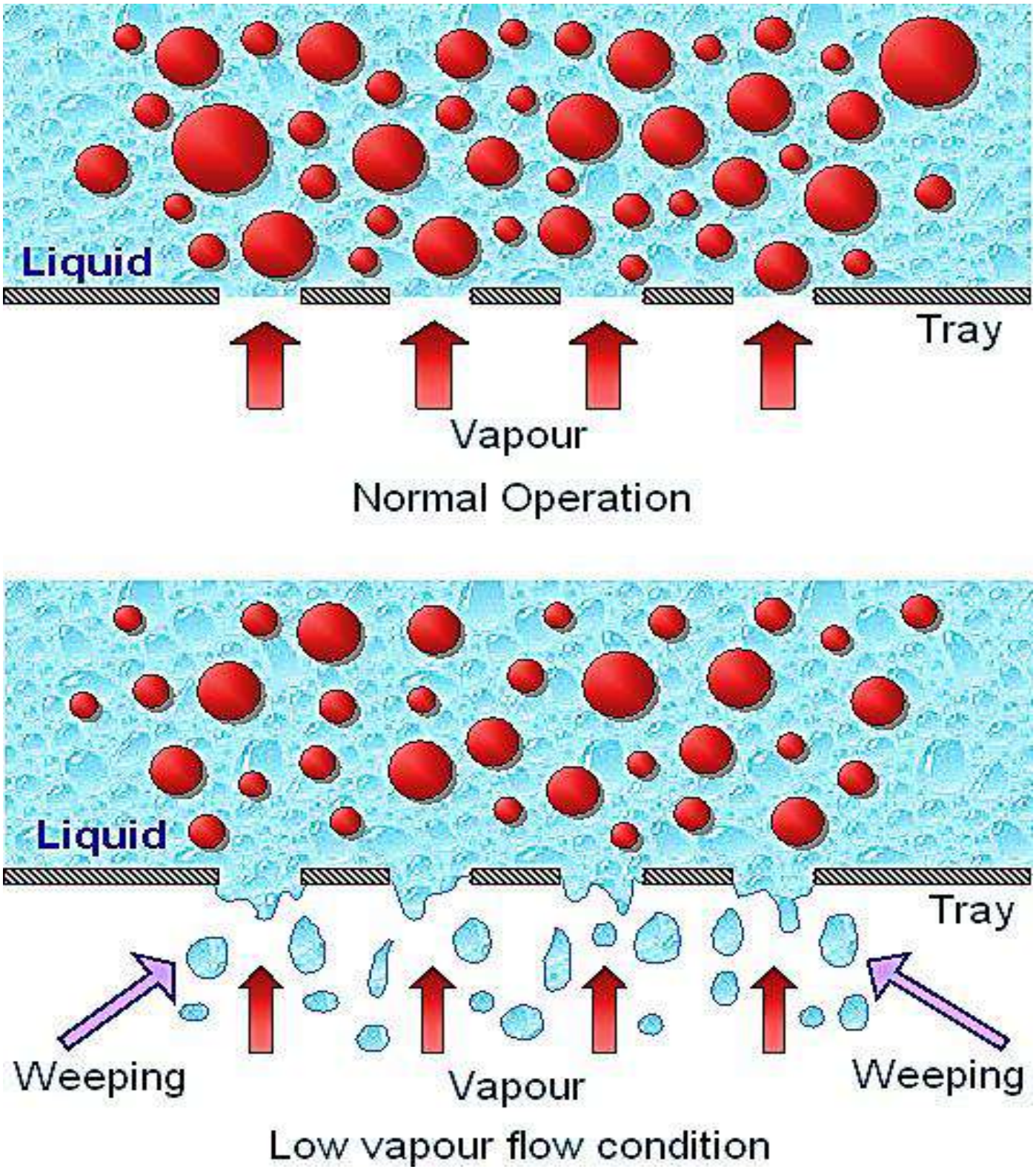
الشكل (2-11) يوضح تفصيل مسار البخار خلال ثقوب صينيتي منخل مثبتتين على الجدار الداخلي لبرج التقطير.



الشكل (2-11) مخطط لصينيتي منخل مثبتتين على الجدار الداخلي لبرج التقطير(لوحة)

مقياس الرسم 1 : 1

الشكل (2-12) يوضح تفصيل مسار البخار خلال ثقوب صينية المنخل. ويلاحظ في المخطط العلوي للشكل (2-12 أ) حالة التشغيل الاعتيادي, أما في المخطط الاسفل للشكل (2-12ب) فيلاحظ حالة تشغيل غير طبيعية، إذ عندما يكون تدفق البخار قليلاً يبدأ السائل بالنزول من الثقوب مما يقلل كفاءة التقطير. وهذه الظاهرة تسمى تدميع (weeping) الصينية.

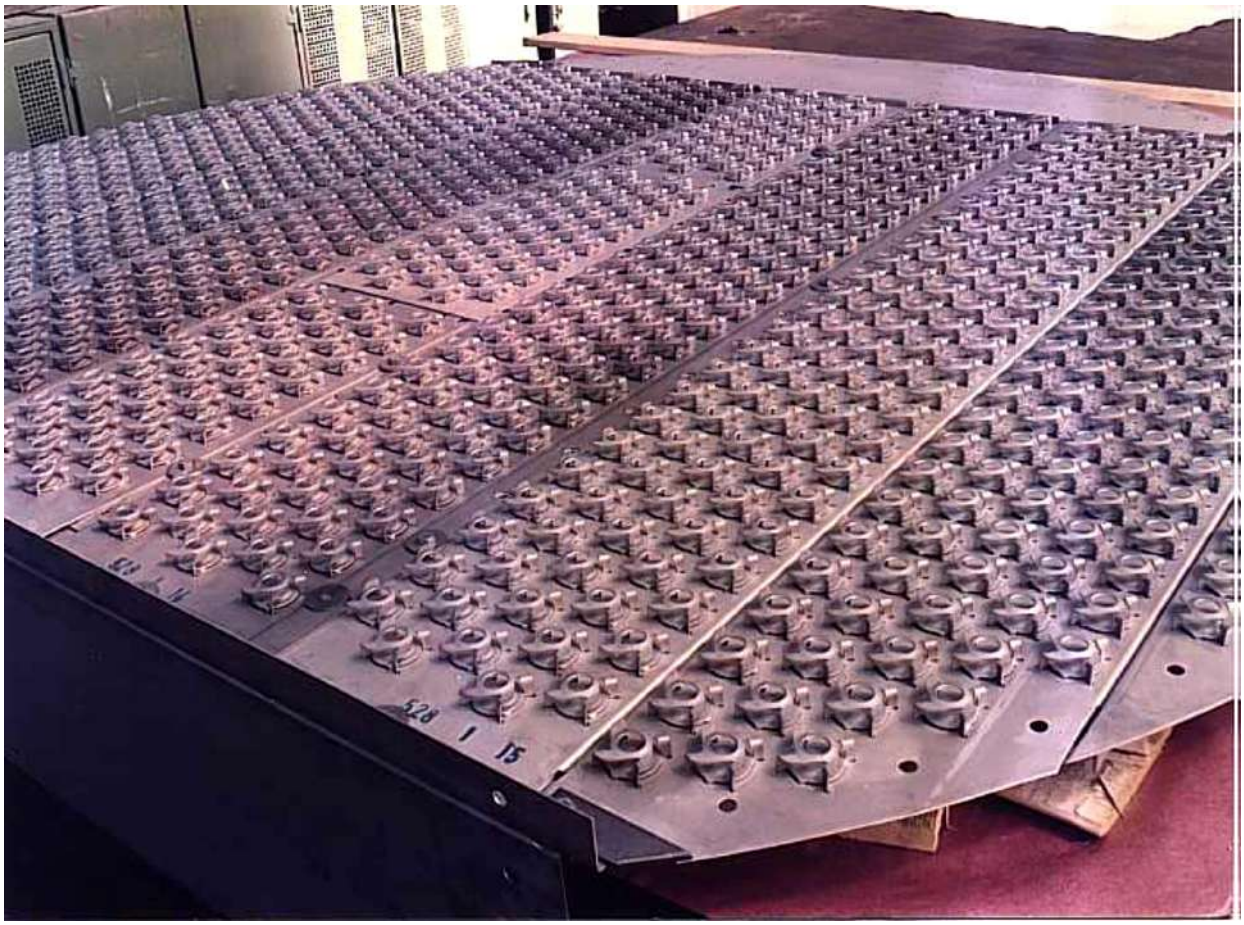


الشكل (2-12) مخطط لمسار البخار خلال ثقوب صينية المنخل (اثرائي)

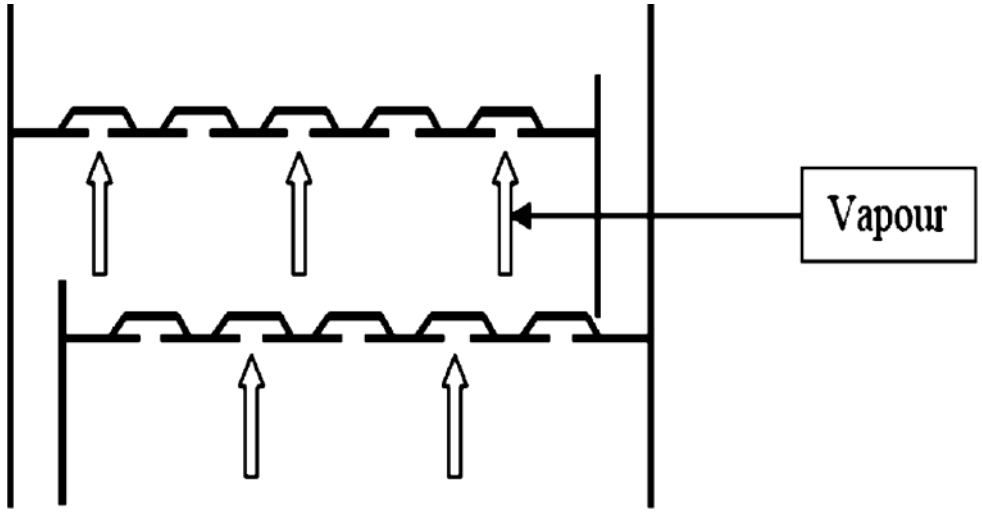
مفتاح الشكل (2-12)	
تشغيل طبيعي	Normal operation
حالة التدفق الواطئ للبخار	Low vapour flow condition
تدميع	Weeping
سائل	Liquid
صينية	Tray

2 – 3 – 3 الصينية ذات الصمام (Valve tray)

يستخدم هذا النوع من الصواني في أبراج انتاج المنتجات عالية النقاوة مثل وحدات تحسين البنزين وغيرها. في هذه الصواني ، يتم تغطية الثقوب بأغطية مزودة بجزء قابل للرفع إذ إن تدفقات البخار ترفع الأغطية ، وبالتالي تؤدي الى إنشاء منطقة تدفق ذاتية لمرور البخار. ويوجه غطاء الثقوب البخار للتدفق أفقياً في السائل، وبعد ذلك يتصاعد الى الاعلى، وبالتالي توفير خلط أفضل مع السائل مما هو ممكن في صواني المنخل. ومقدار كفاءة التقطير في صينية الصمام تكون اعلى من صينية المنخل. يمثل الشكل (2-13) صورة لصينية الصمام وضع عليها اعداد من الصمامات. أما الشكل (2-14) فيوضح مسار البخار خلال صينتي صمام في برج التقطير.



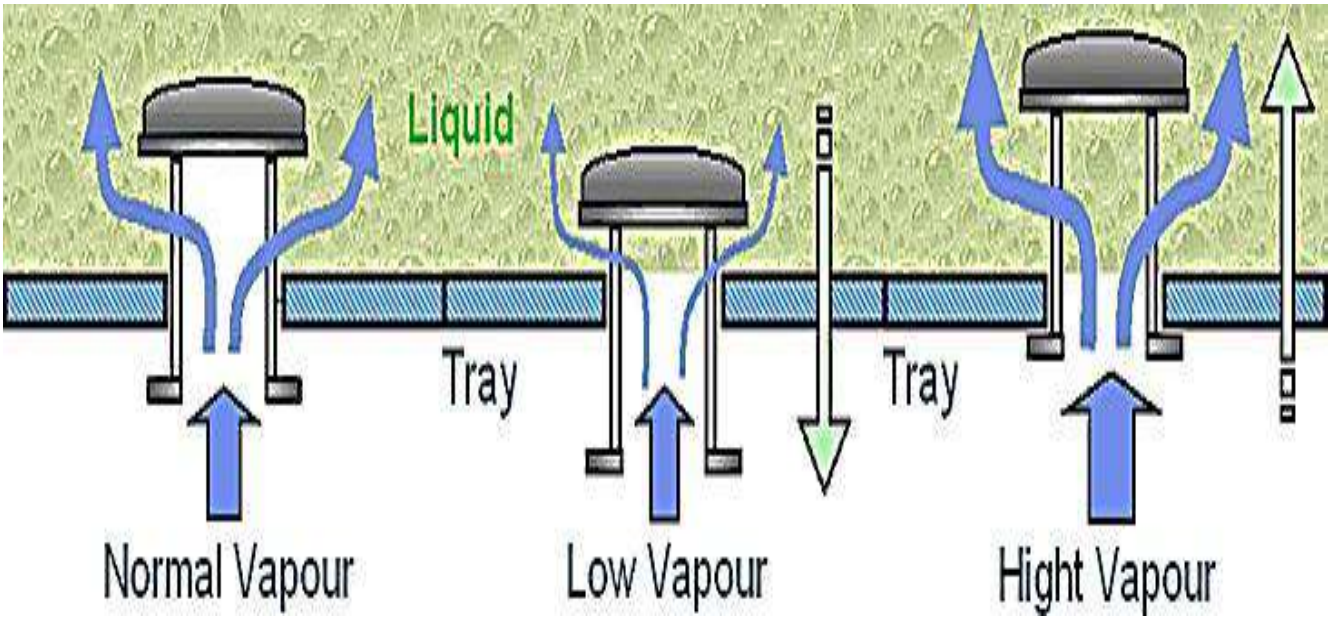
الشكل (2-13) مسار البخار خلال صينتي صمام.



الشكل (2-14) مسار البخار خلال صينتي صمام في برج التقطير (اثرائي)

يوضح الشكل (2-15) تفصيل مسار البخار خلال أجزاء الصمام في اثناء حالات تشغيل مختلفة. إذ تتحرك الصمامات لأعلى أو لأسفل استجابة لتغير معدلات تدفق البخار. فعند معدل التدفق الطبيعي (Normal vapour) ، يكون الصمام تقريبًا في الوضع الأوسط (الشكل إلى اليسار).

وعند معدلات بخار منخفضة (Low vapour) (الشكل في المنتصف) ، يستقر القرص فوق الثقب ويغطيه لتجنب تدميع السائل. يجب أن تكون الصمامات ثقيلة بما يكفي لمنع الفتح المفرط عند معدلات تدفق بخار منخفضة. مع زيادة معدل البخار، يرتفع القرص عموديًا (الشكل الأيمن). ويتم تقييد الحركة الصاعدة للقرص إما عن طريق الاحتفاظ بالساقين وإما القفص. قد تحدث ظاهرة تسمى التدميع (weeping) إذا حدث انفتاح كبير للصمام قبل الأوان ، وهذا سيقلل من كفاءة صينية الصمام.

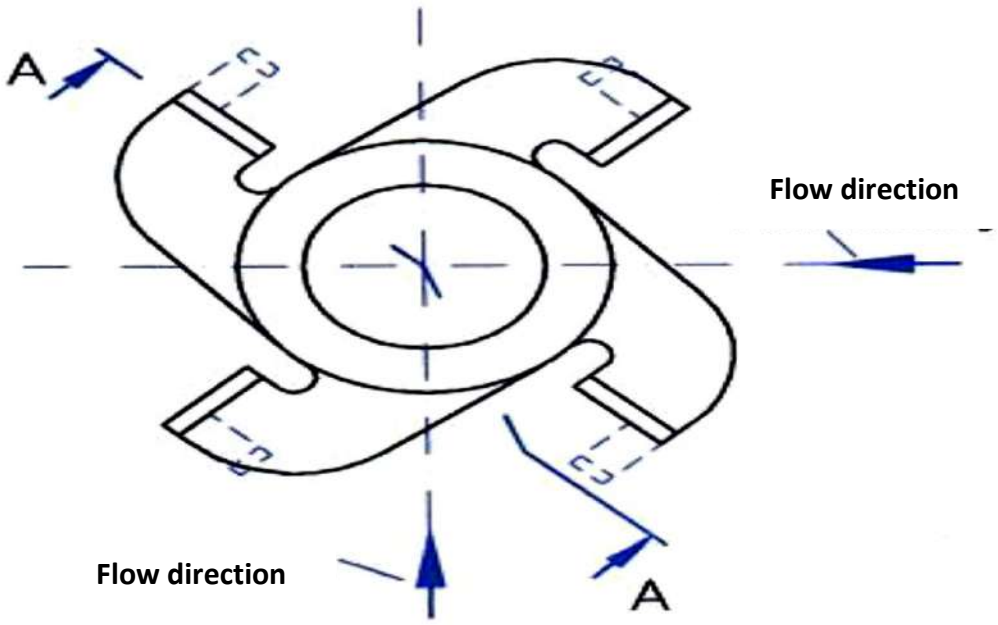


الشكل 2-15 تفصيل مسار البخار خلال أجزاء الصمام في اثناء حالات تشغيل مختلفة (اثرائي)

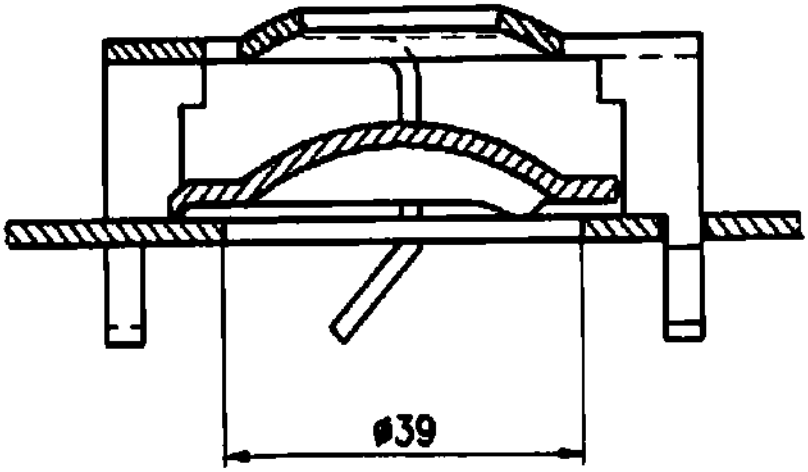
الشكل (2-16) مجسم لاحد انواع الصمامات المستخدمة.

الشكل (2-16) مجسم لصمام (اثرائي)

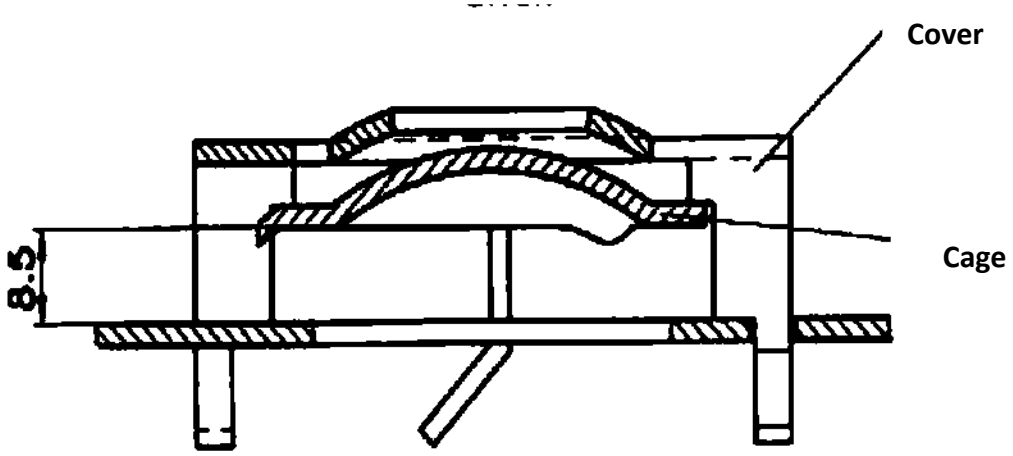
الشكل (2-17) تفاصيلات ميكانيكية لأحد انواع الصمامات



Cross Section A – A
Closed



Cross Section A – A
Open



الشكل (2-17) تفاصيلات ميكانيكية للصمام (مقطع طولي وعمودي) (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-17)	
مقطع	Cross Section
اتجاه التدفق	Flow dirction
غطاء	Cover
قفص	Cage
الصمام في وضعية الفتح	Opened valve
الصمام في وضعية الغلق	Closed valve

2 – 4 برج الامتصاص

في العمليات الصناعية الكيميائية والمجالات المتعلقة بها مثل تكرير النفط، يعني الامتصاص يعني عادة امتصاص الغاز. وفي هذه العملية يكون مزيج الغازات (أو البخار) على تماس مع السائل المذيب المختار ليمتص نوعاً واحد أو أكثر من مكونات المزيج الغازي، وتعتمد عملية الامتصاص على عدة عوامل، منها؛ المواصفات الفيزياوية للغاز والسائل, درجة الحرارة والضغط وتركيز الغاز في الوسط الغازي وكذلك في السائل. . وفي ما يلي الأجهزة المستخدمة في عمليات الامتصاص :

2 – 4 – 1 أعمدة (أبراج) الحشوة

تتكون أعمدة **(أبراج)** الحشوة (الأشكال 2- 18 و 2-19) من الأجزاء الاتية :

أ – الغلاف الاسطواني : يصنع من معدن مبطن بطبقة من مادة مقاومة للتآكل ، او من الزجاج او البلاستك او السيراميك . يراعى عند نصب العمود ان يكون عمودياً.

ب – فتحة دخول الغازات : تقع فتحة دخول الغاز اسفل العمود، إذ يدخل الغاز ويصعد خلال الحشوة، ثم يخرج من اعلى البرج ، وتكون فتحة دخول الغازات اعلى من مستوى فتحة خروج السائل من أسفل البرج.

ج – طبقة الحشوة : توجد عدة أنواع من الحشوات (الشكل 2-20)، ويتم اختيار الحشوة بناء على العوامل الآتية:

1- تحقيق مساحة سطحية مناسبة للتلامس بين الغاز والسائل وزيادة مدة التلامس لتقليل حجم البرج.

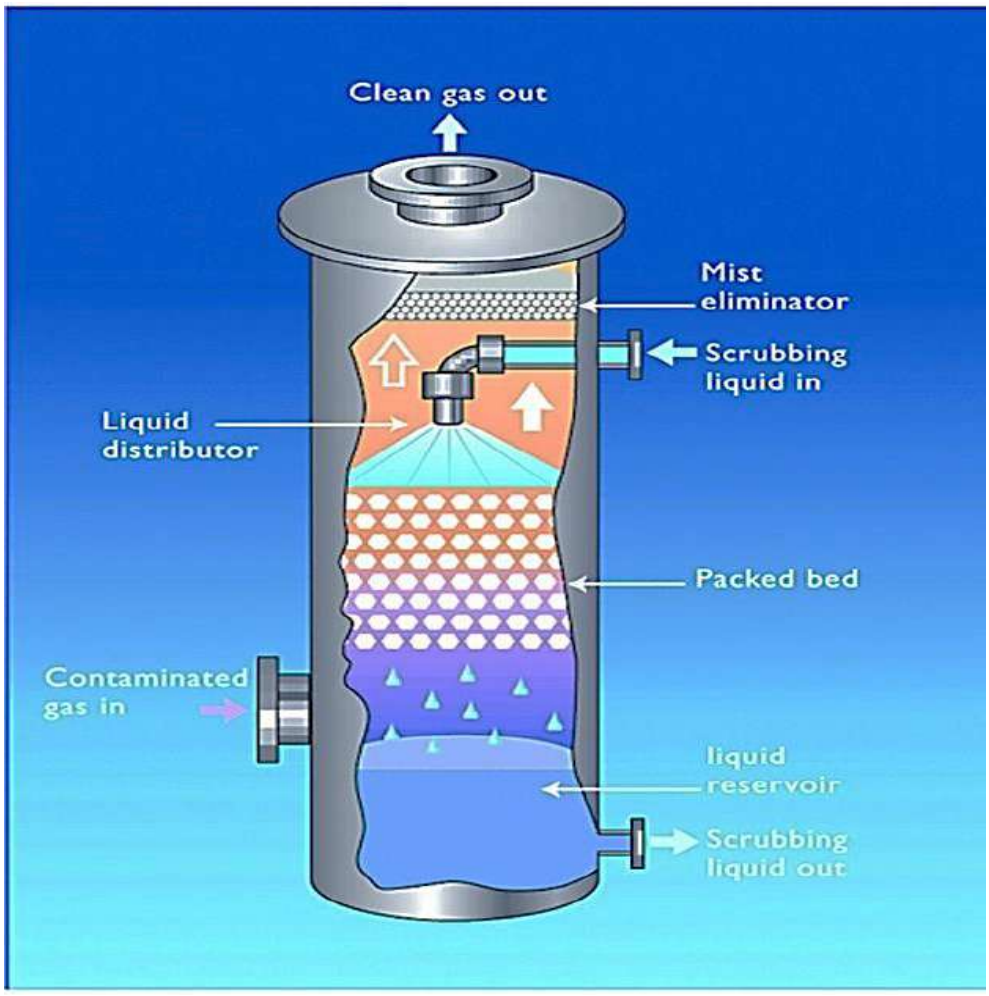
2- لتحقيق السريان المضطرب ولها خواص البلل على سطحها لتسمح بانتقال المادة بنحو جيد مع تقليل فرق الضغط داخل العمود .

3- يجب ان تكون خاملة كيمياوياً نسبة الى المواد التي تتلامس معها، أي إنها لا تتفاعل معها.

4- رخيصة الثمن .

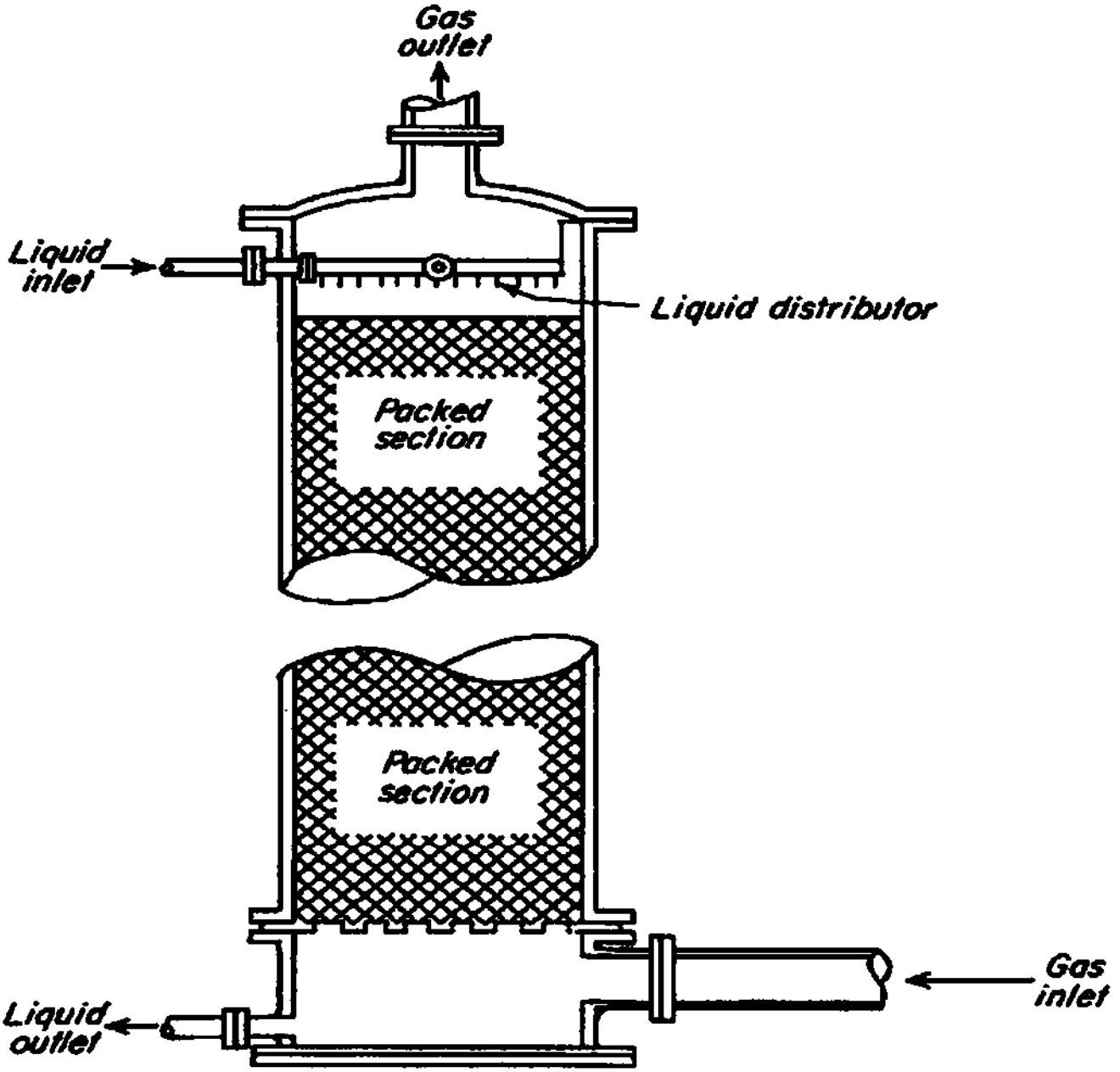
5- ذات صلادة ميكانيكية جيدة لمقاومة التهشم داخل برج الامتصاص.

ولابد من الاشارة الى ان الحشوات في البرج تكون محمولة على صفيحة مثقبة تسمح لمرور الغاز والسائل.



الشكل 2-18 مجسم ثلاثي الابعاد لبرج امتصاص (اثرائي)

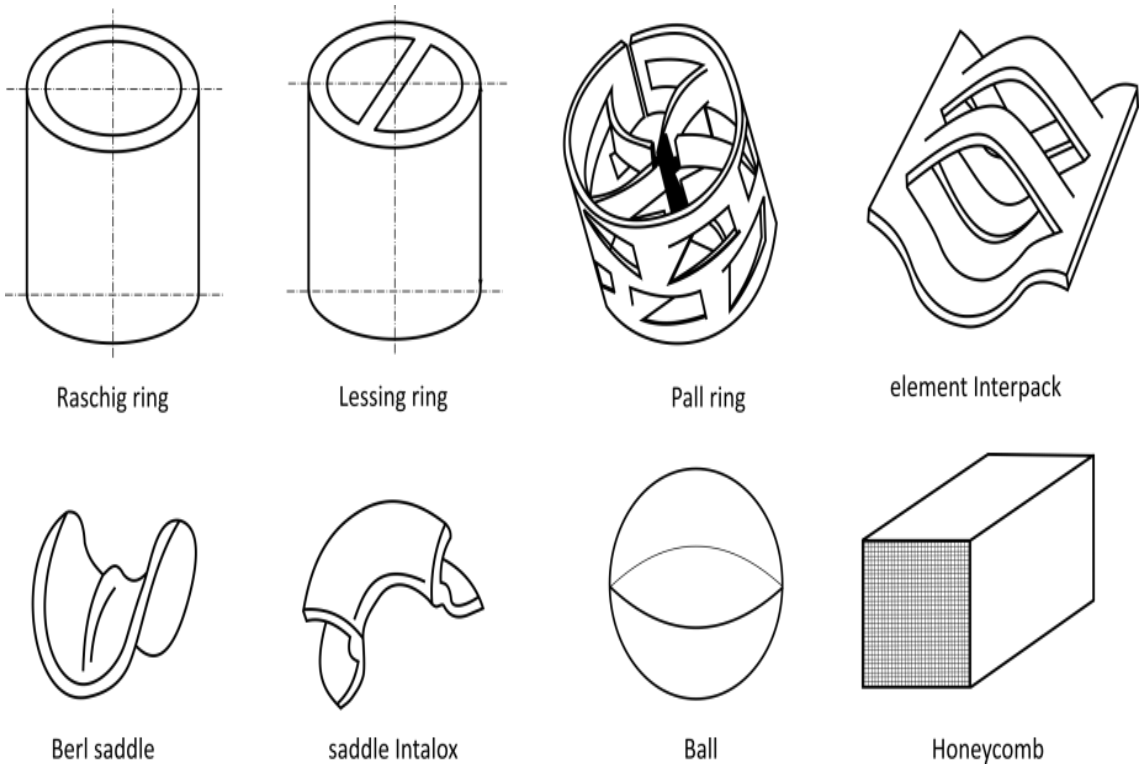
مفتاح الشكل (2-18)	
Gas outlet	خروج الغاز
Liquid inlet	دخول السائل
Liquid distributor	موزع السائل
Packed bed	عمود معبأ
Liquid reservoir	خزان السائل
Scrubbing liquid in/out	السائل المغسول الداخل/الخارج
Mist eliminator	مزيل الرذاذ
Contaminated	ملوث
Clean	نقي



شكل (2-19) برج الامتصاص ذو الحشوة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-19)	
Gas inlet/outlet	غاز داخل/خارج
Liquid inlet/outlet	سائل داخل/خارج
Packed section	مقطع محشو
Liquid distributor	موزع سائل

شكل (2- 20) اشكال مختلفة من الحشوات المستخدمة في اعمدة (ابراج) الامتصاص المحشوة.

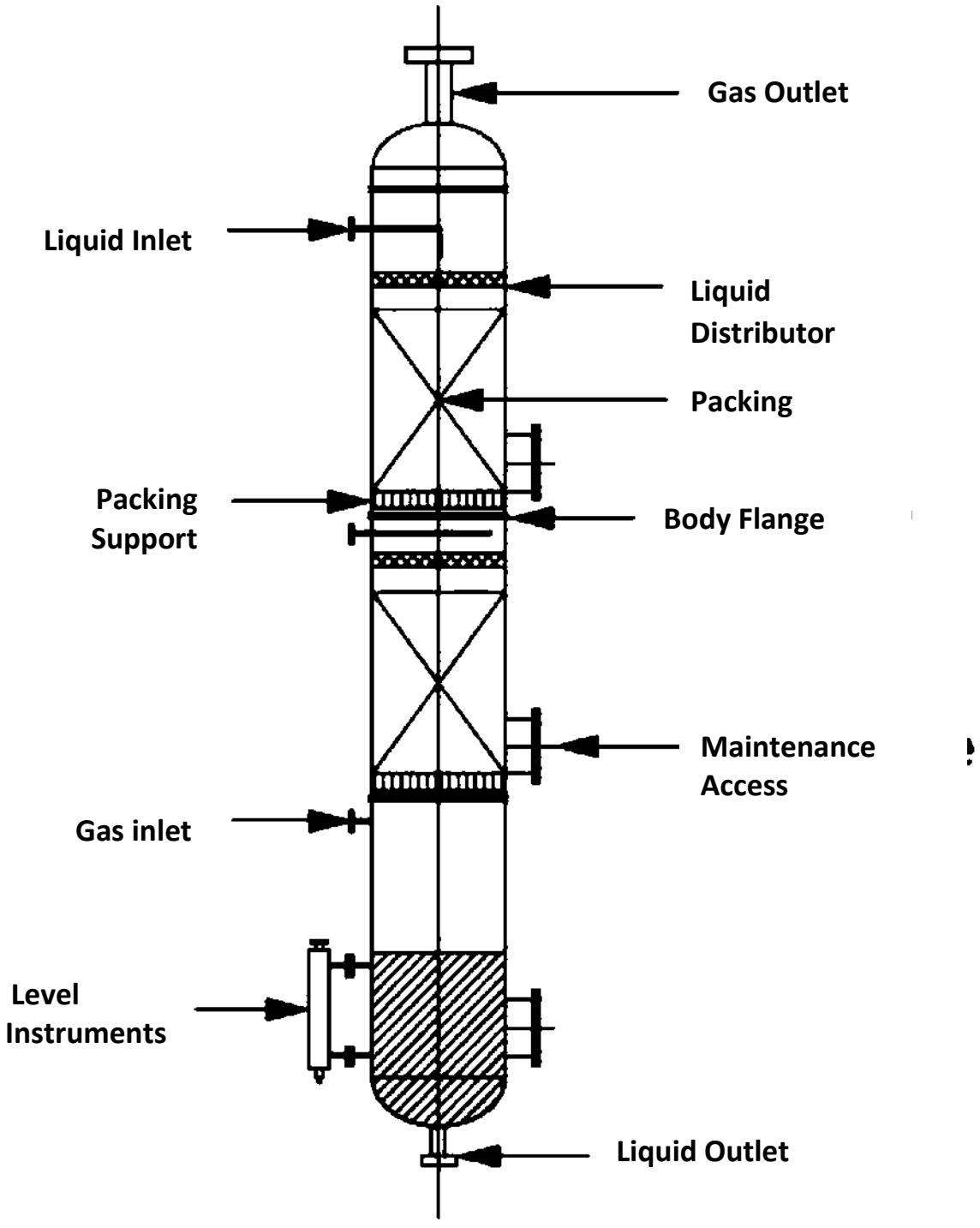


شكل (2- 20) اشكال مختلفة من الحشوات (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-20)	
honeycomb	**خلية نحل**
element interpack	**شكل رزمة متداخلة**
Saddle intalox	**سرج نوع انتلوكس**
Raschnig ring	**حلقة نوع راشنك**
Lessing ring	**حلقة نوع ليسنك**
Pall ring	**حلقة نوع بال**
Berl saddle	**سرج نوع بيرل**
Ball	**كرة**

2-4 الاعمدة (الابراج) ذات الطبقات

البرج (العمود) ذو الطبقات الشكل (2-21) وعادة ما يكون من النوع متعدد طبقات الحشوة ومتعاكس الجريان (اتجاه الغاز الى الاعلى والسائل الى الاسفل) ، إذ على كل طبقة من طبقات العمود الغاز والسائل يكونان بتماس مباشر ومن ثم ينفصلان عند تركهما للطبقة.

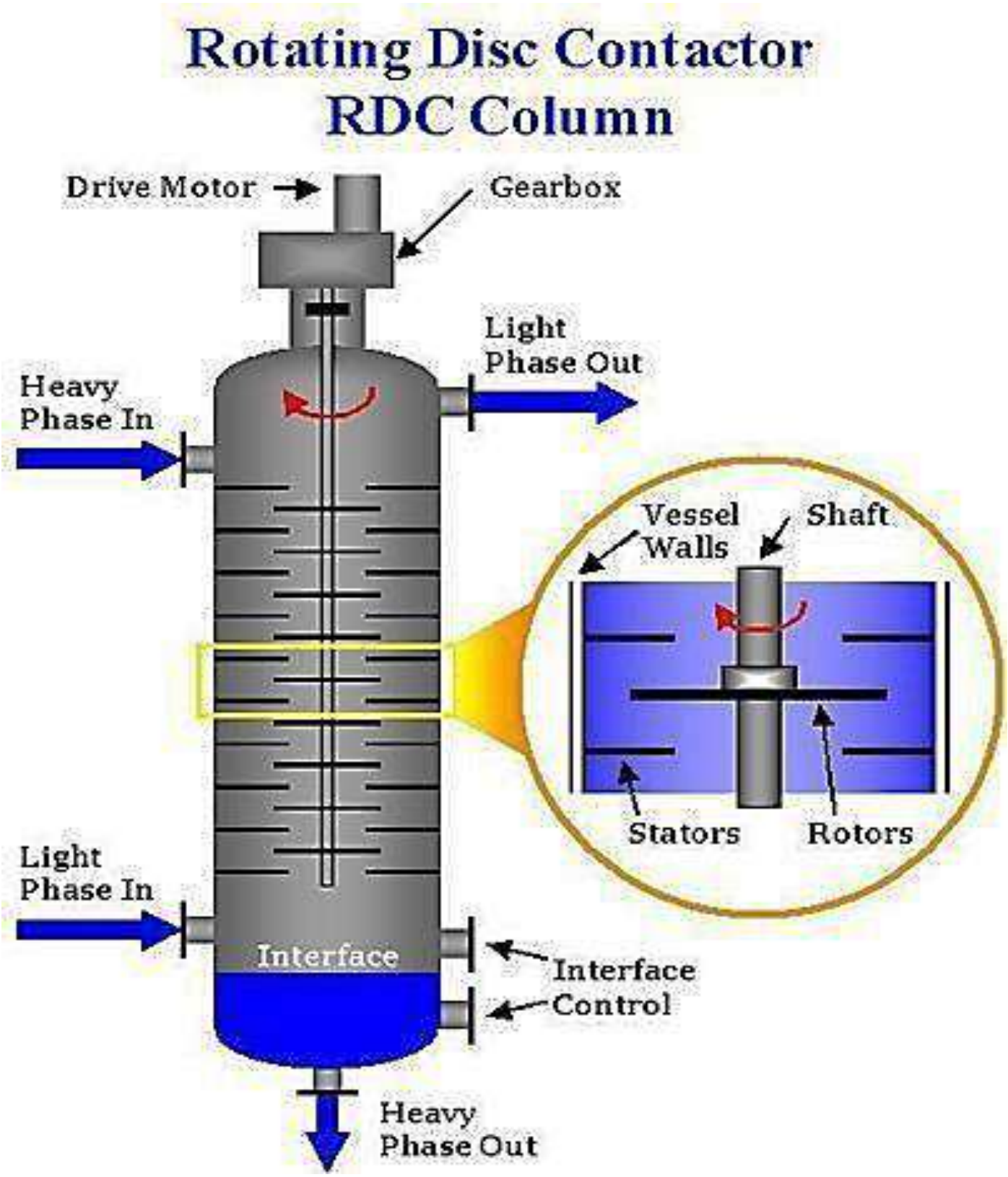


الشكل (2-21) البرج ذو الطبقات(لوحة)مقياس الرسم 1:1

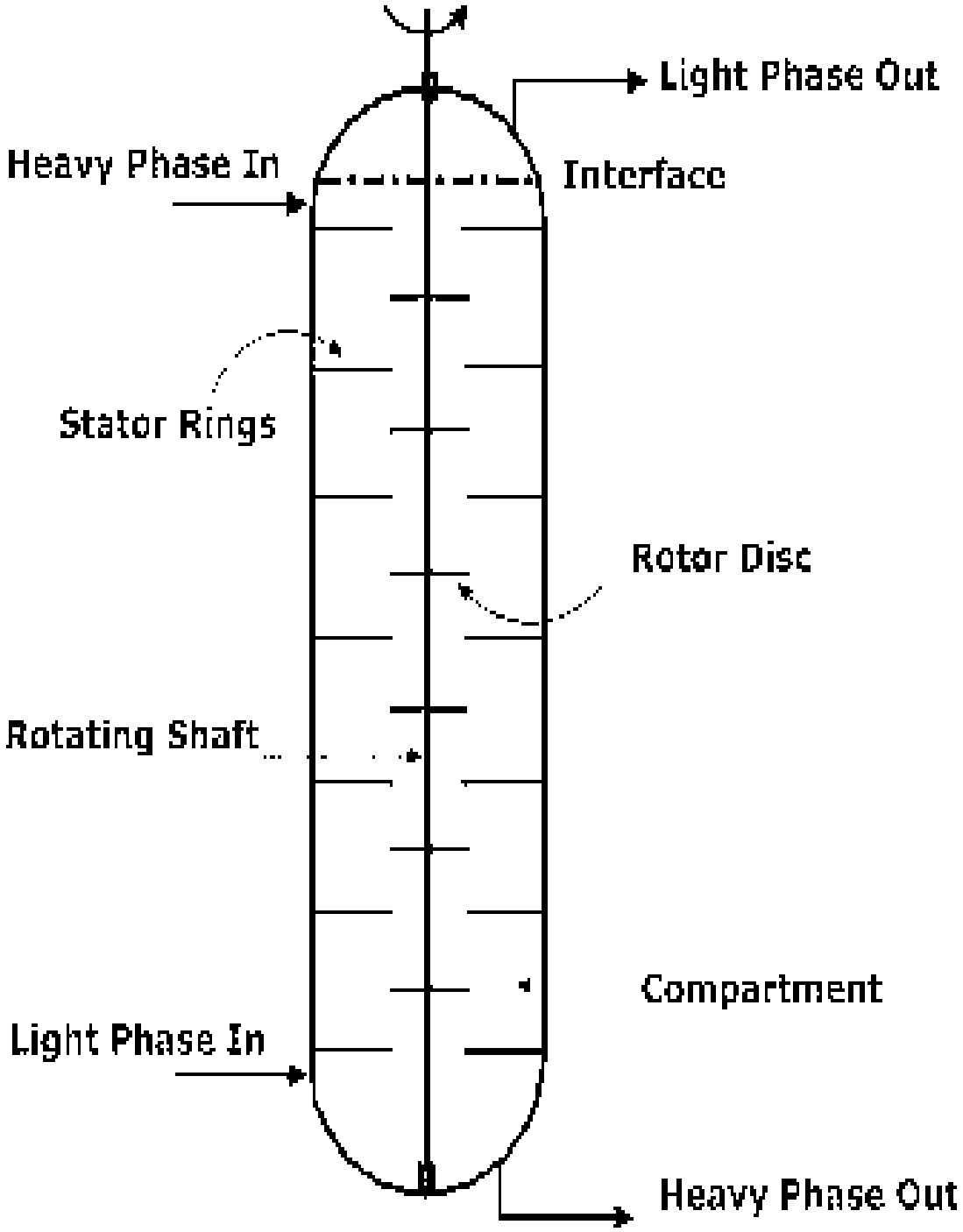
مفتاح الشكل (2-21)	
Gas outlet	خروج الغاز
Body flange	فلنجة ربط جسم العمود
Liquid inlet	دخول السائل
Liquid distributor	موزع السائل
packing	حشو
Maintenance	الصيانة
Packing support	حامل الحشو
Excess	دخول
level	مستوى السائل
Instruments	جهاز سيطرة

2 – 5 عمود الاستخلاص (Extraction)

عملية الاستخلاص تقنية كيميائية يتم بموجبها عزل مركّب ما من مزيج سائل-سائل بمذيب مناسب ينحل به هذا المركّب المراد فصله. يعتمد مبدأ الفصل بالاستخلاص عموماً على علاقة توزع المكوِّنات بين سائلين غير قابلين للامتزاج أو على اختلاف قابلية ذوبان المكونات في مذيب ما. لاجل فهم الاستخلاص نأخذ مثالاً من واقع الصناعة النفطية, هو انتاج زيوت المحركات التي تحتوي عادة على نسبة من الاسفلت (وهي مادة غير مرغوب فيها في زيت المحركات)، لذا يجب فصلها من زيت المحركات. وإذ إن مادة الاسفلت ذائبة في الزيت فيتم فصلهما بطريقة الاستخلاص عن طريق اضافة مذيب البروبان السائل. وباستخدام برج الاستخلاص ذي الصواني المثقبة الدوارة (Rotator Disc Column) ويرمز له (RDC) إذ يقوم البروبان بتكوين طبقتين أحدهما خفيفة تدعى (Extract) تحتوي على زيت المحرك والبروبان و الأخرى ثقيلة تسمى (Raffinate) وتحتوي على الاسفلت والبروبان ويلاحظ ان البروبان كمذيب قام بتجزئة الاسفلت عن الزيت مما يسهل تنقية الزيوت. يوضح الشكلان (2-22) و (2-23) برج الاستخلاص ذي الصواني الدوارة.



شكل (2-22) برج الاستخلاص ذو الصواني الدوارة (اثرائي)



شكل (2-23) برج الاستخلاص ذو الصواني الدوارة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الاشكال (2-22) و (2-23)				
Drive motor	محرك التدوير		compartment	غرفة
Gear box	صندوق التروس		Rotating shaft	عمود التدوير
Rotor disc	قرص الدوار		Vessel wall	جدار الوعاء
Stator rings	حلقات ثابته		interface	حد التقاء
Light phase	الطور الخفيف		control	سيطرة
Heavy phase	الطور الثقيل			

تعمل وأجهزة الاستخلاص بطريقتين ، اما نظام الوجبات او نظام الانتاج المستمر.

أما عن المعدات المستخدمة في عمليات الاستخلاص، فهي على ثلاثة انواع :

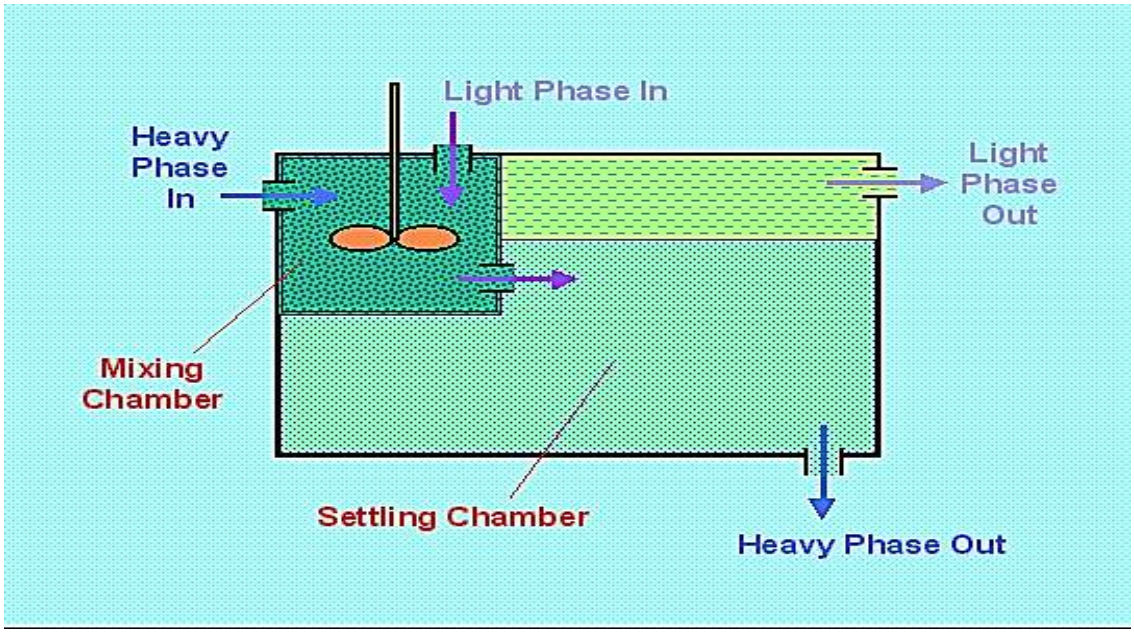
1- الخلاط المرسب (mixer-settler).

2- أعمدة الاستخلاص (extraction column).

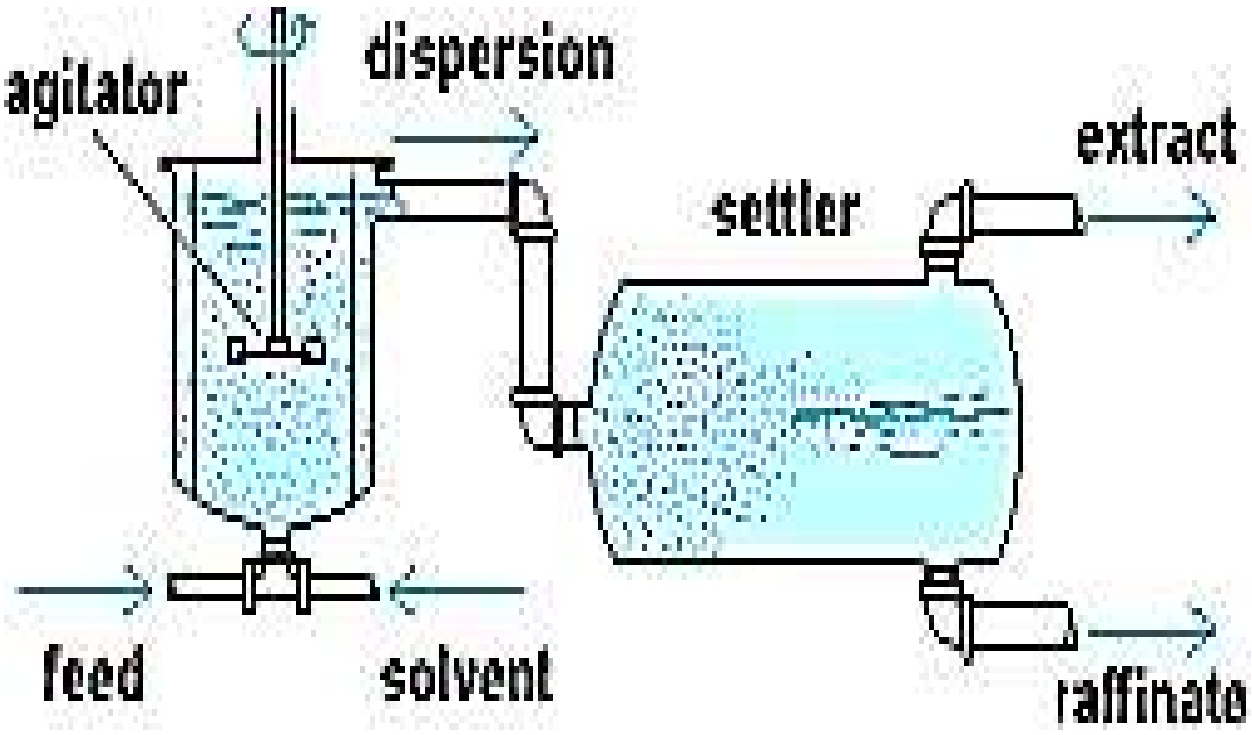
3- أجهزة الطرد المركزي (centrifugal extraction equipment).

2 – 5 – 1 الخلاط –المركد

هو نوع من أجهزة الاستخلاص بالمذيب ، يتكون من مرحلتين ، إحدهما لخلط الاطوار مع بعضها لتحقيق عملية انتقال المادة ، ولأخرى مرحلة التركيد الساكن بفعل الجاذبية لغرض فصل الاطوار . تحتوي المنظومة على وعاء خلط مزود بخلاط لإجراء عملية مزج السائل المغذي (الطور الثقيل) مع المذيب (الطور الخفيف) ، ثم انسياب الخليط الى المركد الذي ينصب اسفل الخلاط ، ويحتوي على صفائح تساعد في عملية فصل الاطوار بالتركيد بفعل الجاذبية . في حالة التشغيل غير المستمر يكون كل من الخلاط والمركد وحدة واحدة (الشكل 2-24)، ويتألف الجهاز من خزان يحتوي على توربين او مروحة هزازة لمزج السوائل، وبعد انتهاء عملة الخلط يتم توقيف الهزاز ويترك الخليط ، وبالاعتماد على الجاذبية الارضية يفصل الخليط الى طبقتين هما المستخلص والباقي، ويتم سحبهما خلال فتحة تقع اسفل الخزان . اما في حالة التشغيل المستمر فالجهاز يتألف من جزأين منفصلين هما الخلاط والمركد (2-25) ، وبعد انجاز عملية الخلط يجرى نقل الخليط الى المركد لكي يتم فصل المستخلص عن البا قي .

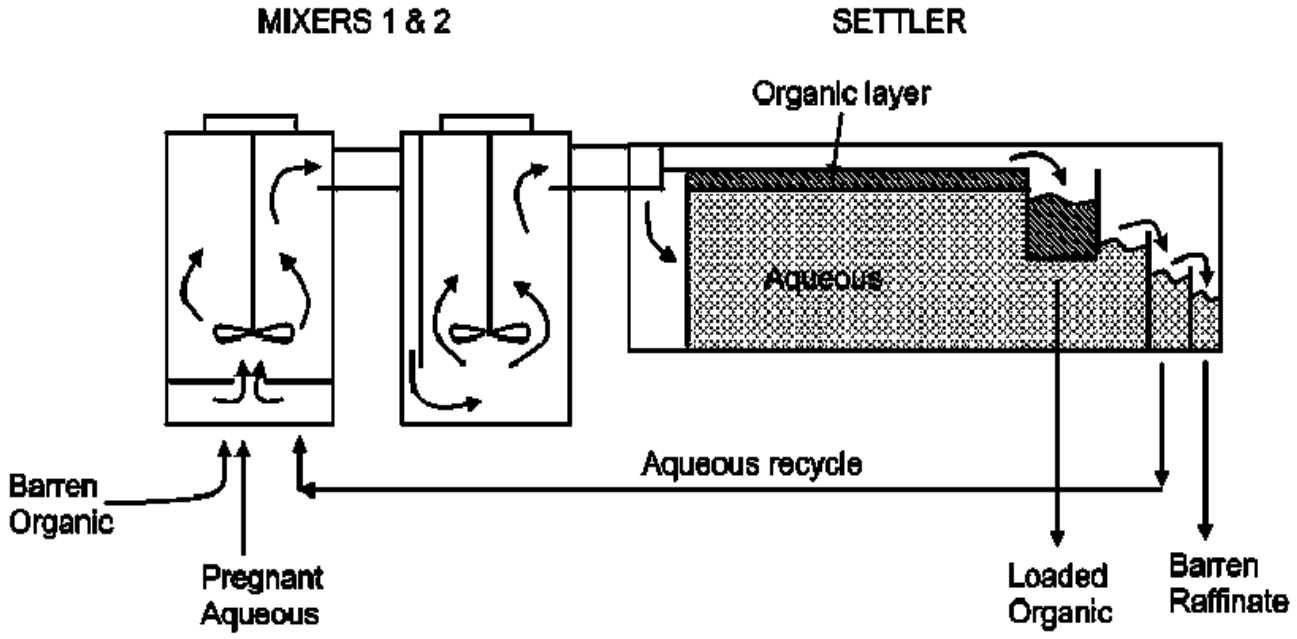


شكل(2-24) مخطط الخلاط – المركد المتحد (اثرائي)



شكل(2-25) الخلاط – المركد المنفصل (اثرائي)

مفتاح الشكلين (2-24) و (2-25)	
Heavy phase in	دخول الطور الثقيل
Light phase in	دخول الطور الخفيف
Settling chamber	غرفة الاستقرار
Mixing chamber	غرفة الخلط
Heavy phase out	خروج الطور الثقيل
Light phase out	خروج الطور الخفيف
Agitator	خلاط
Dispersion	تشتيت الاطوار
Feed	التغذية
Raffinate	النقي
Solvent	مذيب
extract	مستخلص



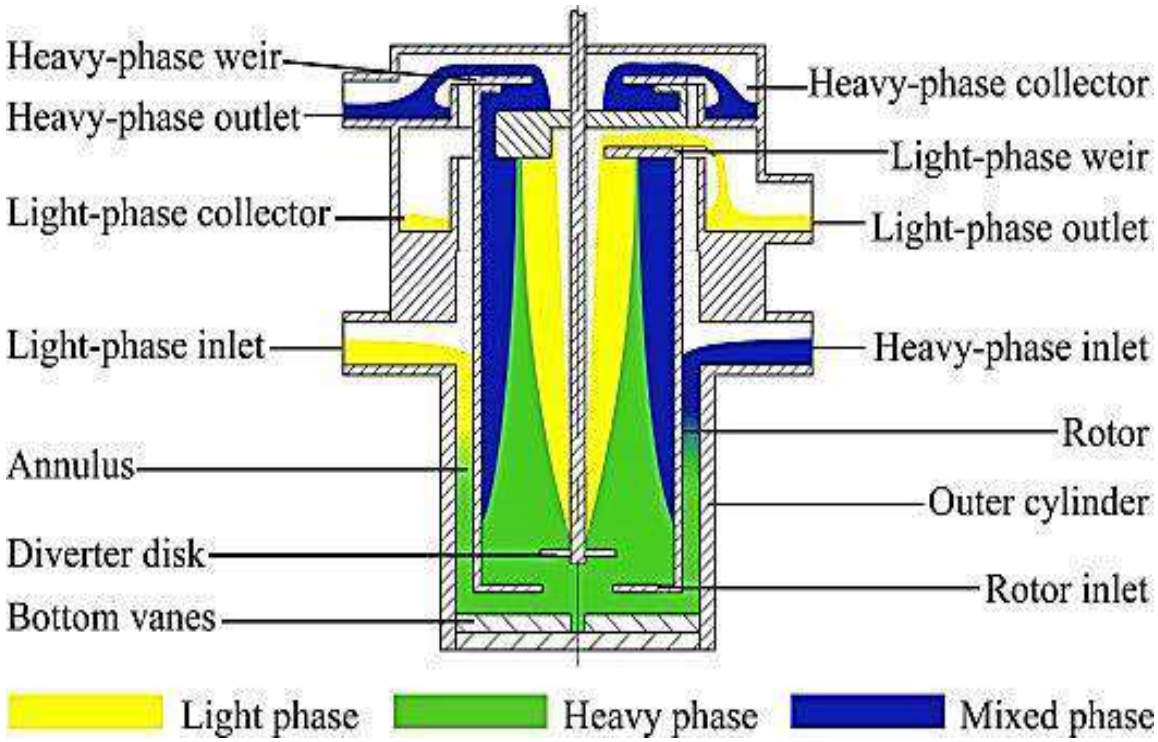
الشكل (2 – 26) مخطط الخلاط المركد (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكلين (2-26)	
Aqueous recycle	راجع مائي
Aqueous layer	طبقة مائية
barren	خالٍ
Mixer	خلاط
Raffinate	نقي
organic	مادة عضوية
loaded	محمل
Pregnant	حامل

2 – 5 – 2 أجهزة الطرد المركزي

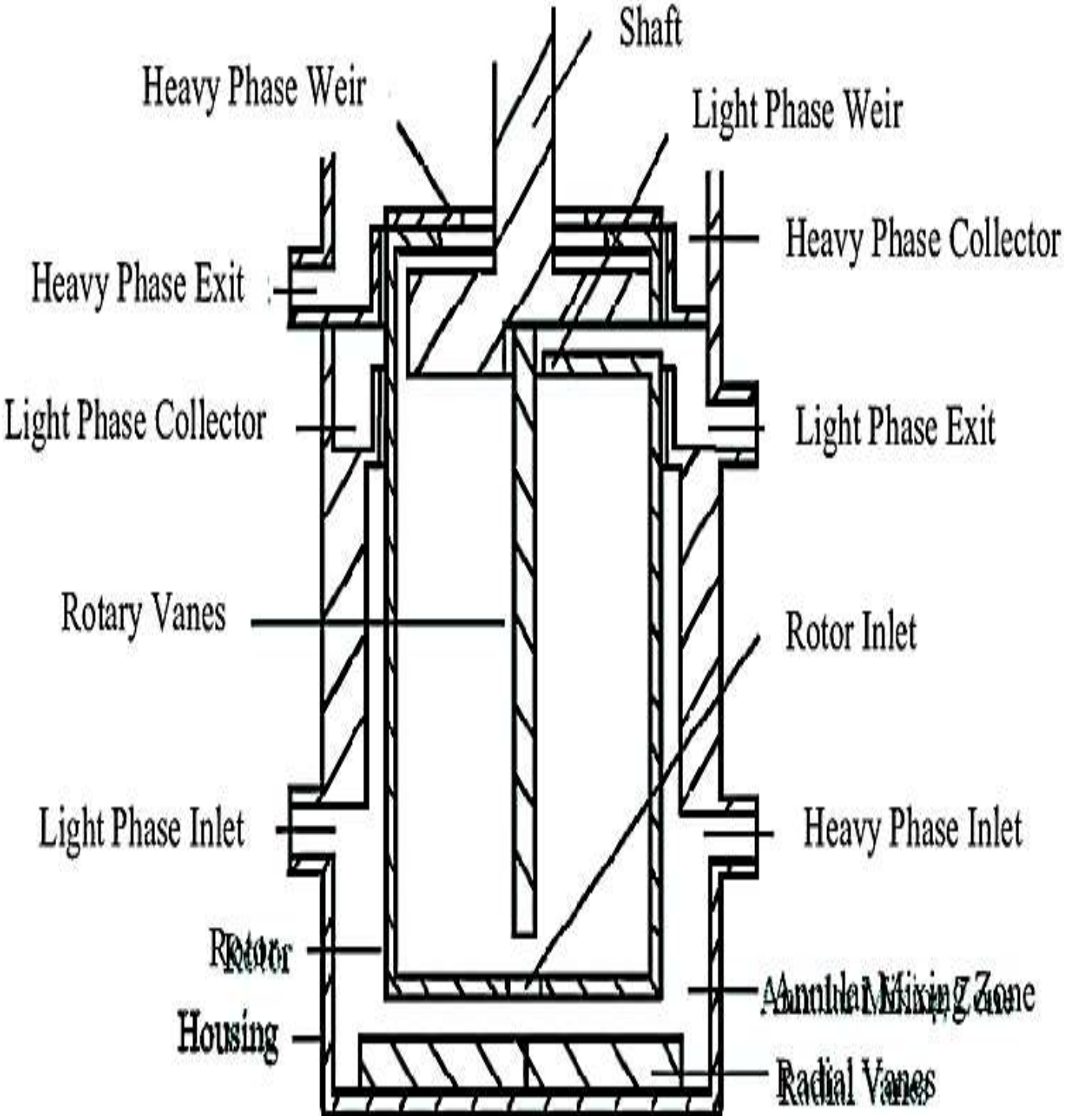
في هذا النوع من معدات الاستخلاص، يمكن تسريع فصل الاطوار عن طريق تطبيق قوة الطرد المركزي بدلاً من الجاذبية. ونظرًا للتعقيد في تصميمها وتصنيعها ، فإن كلفة هذه الأجهزة تكون أعلى من كلفة الأنواع الأخرى ، كما أن لديها متطلبات صيانة أكبر. ومع ذلك ، فهي اصغر حجماً وتوفر إنتاجية أعلى نسبيًا. هذه المعدات مفيدة في التطبيقات، إذ يجب أن يكون وقت التلامس قصيرًا، على سبيل المثال في الأنظمة غير المستقرة كيميائيًا ، أو عندما تميل السوائل إلى الاستحلاب أو يصعب فصلها بنحو عام. ويوضح الشكل (2-27) مخططاً مقطعاً لإحدى معدات الاستخلاص بالطرد المركزي. يتألف الجهاز من جزء أسطواني وجزء مخروطي. يتم الفصل في الجزء الأسطواني من

الوعاء. يولد الدوران السريع قوى طرد مركزي تصل إلى 4000 دورة/دقيقة. تحت هذه القوى ، ويتم جمع الجسيمات الصلبة ذات الكثافة العالية وضغطها على جدار الوعاء. يدور ناقل لولبي داخل الوعاء بسرعة مختلفة قليلاً. يسمى هذا الاختلاف في السرعة بالسرعة التفاضلية. بهذه الطريقة تنقل الجزيئات المستقرة على طول الجزء الأسطواني من الوعاء وحتى نهاية الجزء المخروطي من الوعاء. في الطرف الأصغر من الجزء المخروطي من الوعاء ، تترك المواد الصلبة (منزوعة الماء) الوعاء عبر فتحة التفريغ. أما السائل المصفى فيخرج من فتحة جانبية داخلية كما موضح في الشكل.



الشكل (2-27) مخطط ميسر لإحدى معدات الاستخلاص بالطرد المركزي (اثرائي)

مفتاح الشكل (2-28)	
Shaft	**خروج الصلب**
Heavy phase weir	**حاجز الطور الثقيل**
Light phase weir	**حاجز الطور الخفيف**
Exit	**خروج**
collector	**وعاء**
Rotary vanes	**دوارات عمود الدوران**
Rotor inlet	**مدخل عمود الدوران**
Light phase inlet	**دخول الطور الخفيف**
Housing	**غلاف**
Radial vanes	**دوارات شعاعية**
Annular mixing zone	**منطقة الخلط الحلقي**

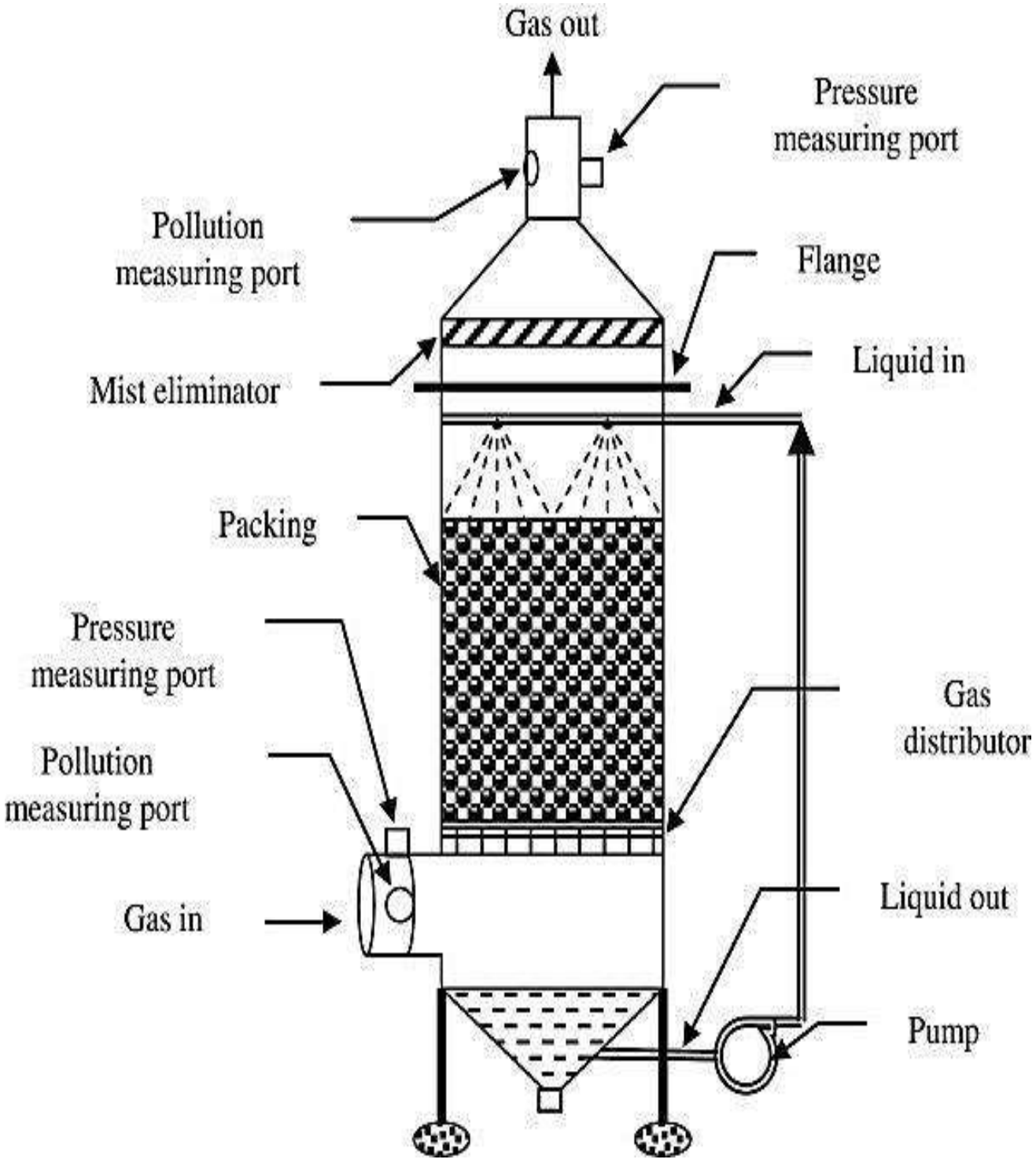


الشكل (2-28) مخطط ميسر لإحدى معدات الاستخلاص بالطرد المركزي (الوحة) مقياس الرسم 1:1

2-5- 3 أبراج الاستخلاص الرذاذة ذات الحشوة

عند تشغيل برج الاستخلاص يدخل الرذاذ السائل قليل الكثافة الى البرج من الأسفل، ويوزع بصورة قطرات صغيرة باستعمال فوهات توزيع . وتصعد قطرات السائل الخفيف الى اعلى البرج في كتلة

السائل الأعلى كثافة الذي يدخل من الاعلى وينزل الى الأسفل ، ويحدث انتقال الكتلة ويتغير تركيز كل طور على طول البرج . الأبراج الرذاذة بسيطة وسهلة التشغيل ، ولزيادة فعالية انتقال الكتلة في البرج بين الطورين يملأ البرج بالحشوات التي تزيد من انتقال الكتلة . ويوضح شكل (2-29) برج استخلاص رذاذ ذا الحشوة.

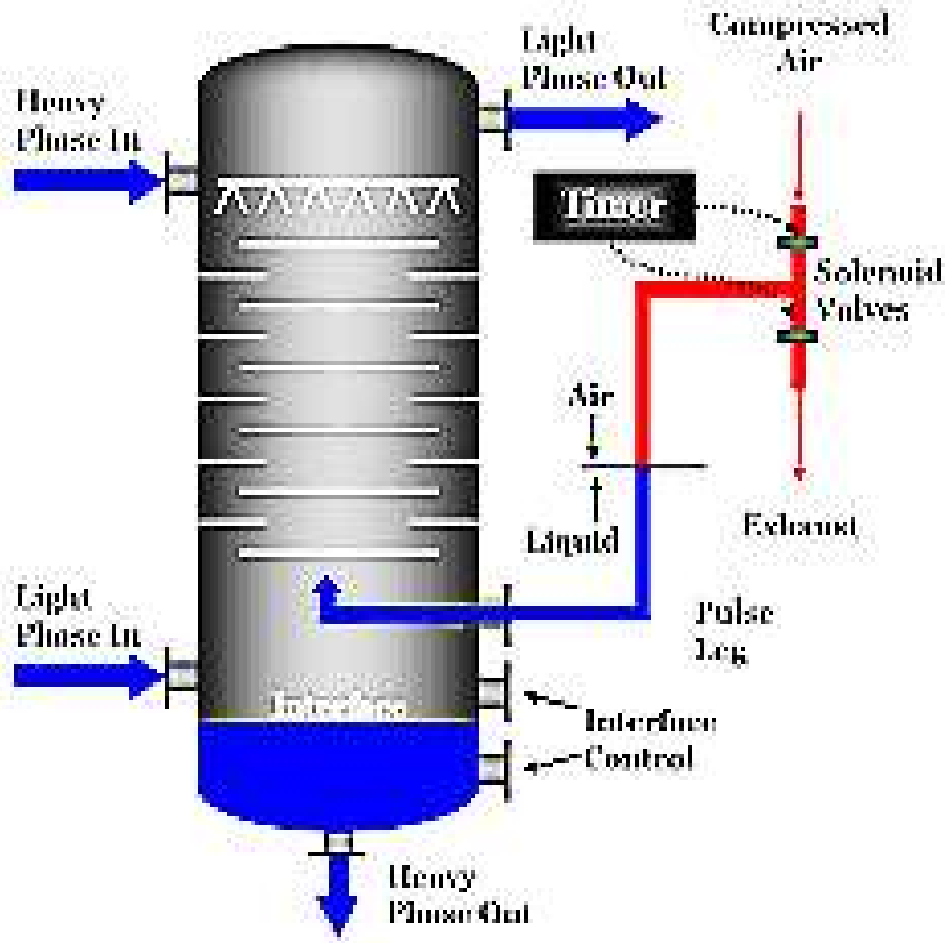


شكل (2-29) برج استخلاص رذاذ ذو الحشوة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

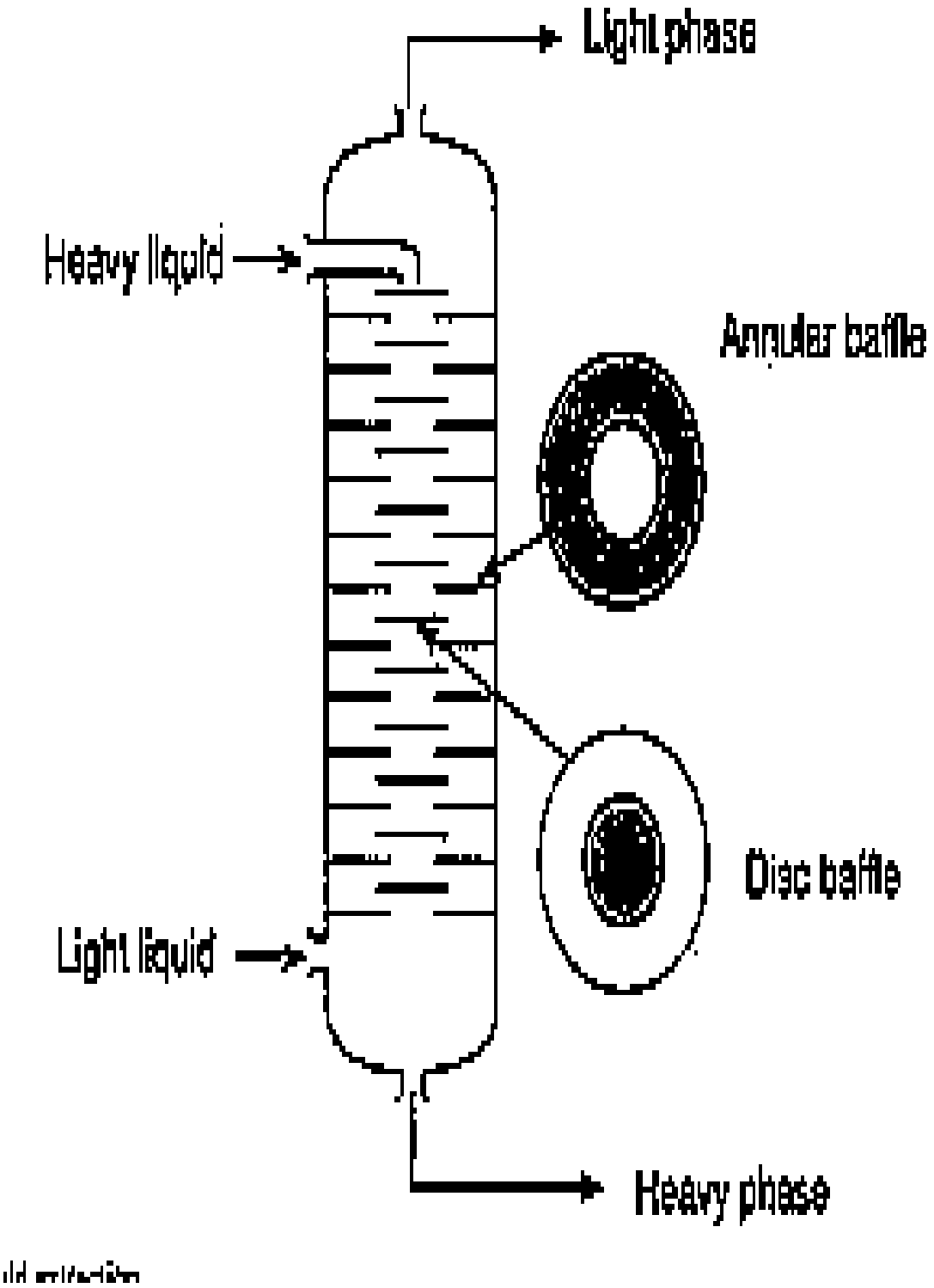
مفتاح الشكل (2-29)	
Pressure measuring point	نقطة قياس ضغط
Pollution measuring point	نقطة قياس تلوث
Mist eliminator	مانع الرذاذ
Gas distributor	موزع غاز
Flange	فلنجة
Perforated distributor	موزع مثقب
Pump	مضخة
Sampling point	نقطة عينات
Outlet	خروج

4-5-2 أبراج الحواجز

تكون بصورة أسطوانة بسيطة تحوي عدة حواجز عرضية. يدخل السائل الخفيف من اسفل البرج ويصعد الى الأعلى والسائل الثقيل ينزل من الأعلى إذ تحدث عملية انتقال الكتلة . ويمثل الشكلان (2-30أ) و (2-30 ب) أبراج الحواجز.



الشكل (2-30أ) برج الحواجز (أثرائي)

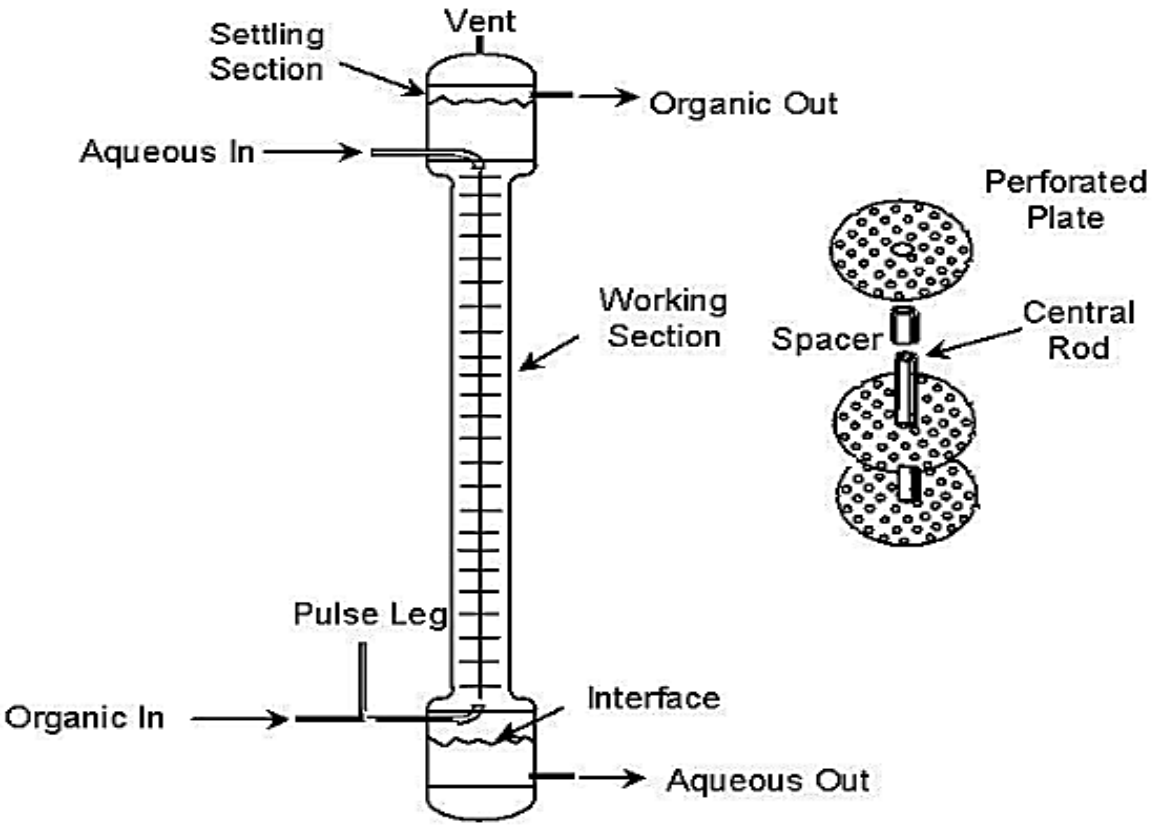


شكل (2-ب30) برج الحواجز (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-30 أ) و (2-30 ب)	
Heavy liquid	سائل ثقيل
Light liquid	سائل خفيف
Heavy phase	طور ثقيل
Annular baffle	قاطع مثقوب
Disc baffle	قاطع قرصي
Exhaust	خروج الهواء
Timer	موقت
Solenoid valve	صمام كهربائي
Out	خروج
In	دخول
Interface	سطح التقاء
Compressed air	هواء مضغوط

5-5 أبراج الصواني المثقبة

وفيها يكون السائل الخفيف هو طور القطرات والسائل الثقيل الطور المستمر ، إذ ينزل من اعلى البرج وعبر الصواني للأسفل . تتجمع قطرات السائل الخفيف بصورة طبقة سميكة تحت كل صينية ، بعدها تتدفق الى الأعلى خلال طبقة السائل الثقيل إذ تجري عملية انتقال الكتلة . ويوضح الشكل (2-31) أبراج الصواني المثقبة.



شكل(2-31) برج الصواني المثقبة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-31)	
Vent	**تنفيس**
Working section	**مقطع العمل**
interface	**واجهة**
Pulse leg	**ساق نبضي**
spacer	**فاصل**
Organic in/out	**مادة عضوية داخلة/خارجة**
Settling section	**مقطع استقرار**
aqueous in/out	**طور مائي داخل/خارج**
Perforated plate	**صينية مثقبة**

3-2 المفاعلات

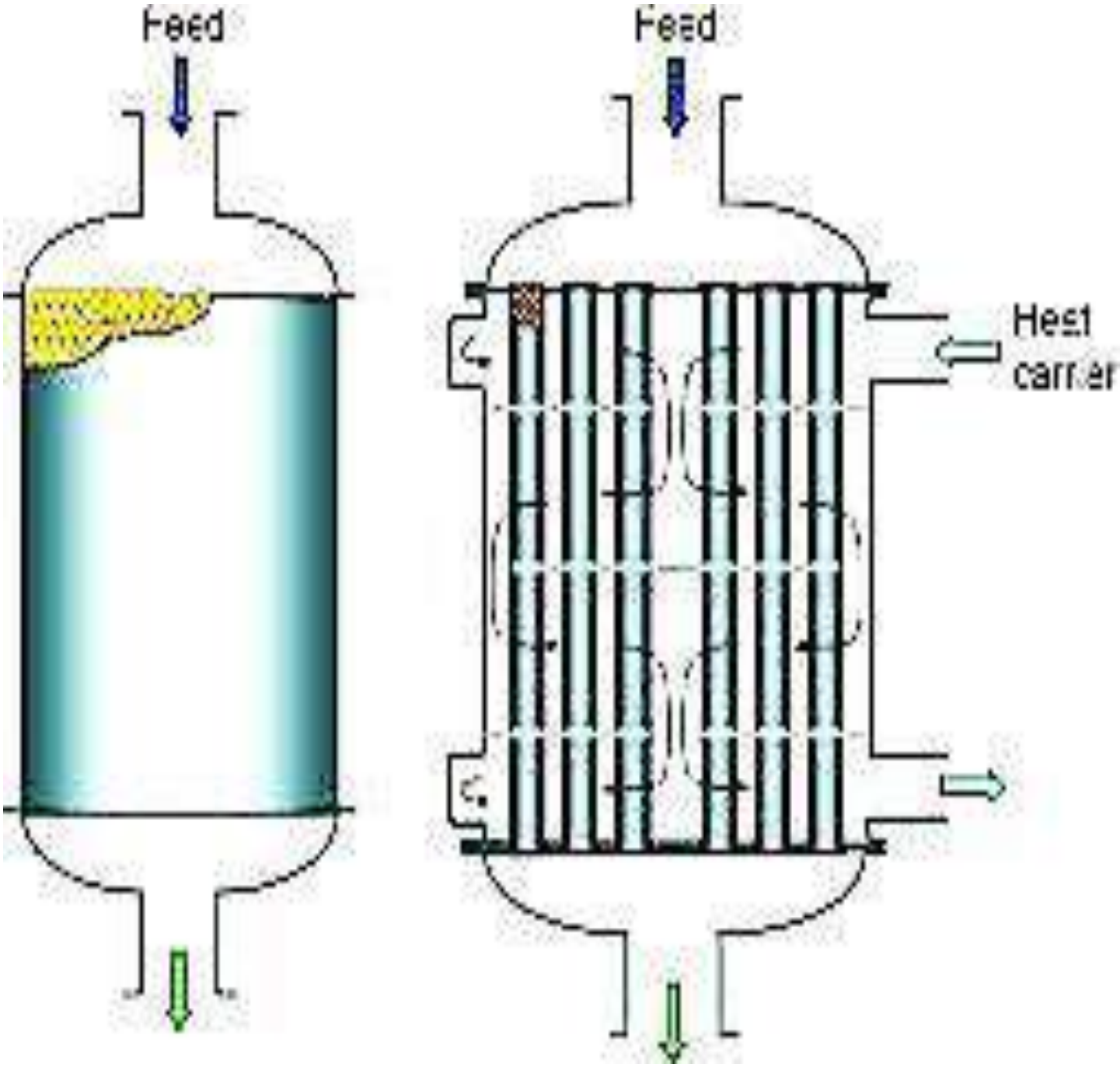
تُعدً معدة المفاعل اساس العمليات التحويلية في المصافي النفطية التي يتم فيها تحسين مواصفات المشتقات النفطية مثل (الكازولين, والكيروسين, وزيت الغاز, والنفثا). إذ يحدث في معدة المفاعل واحدة من عمليات التفاعل الكيمياوي مثل (الهدرجة, والازمرة, والالكلة) .ففي عملية الهدرجة مثلا يتم تخليص المشتق النفطي من عنصر الكبريت الموجود بنسبة عالية في النفط الخام، أما في عملية الازمرة فيتم رفع العدد الاوكتاني (octane number)والذي يحسن من كفاءة الاحتراق لمحركات السيارات.

3-2 – 1 مفاعل الطبقة الثابتة (Fixed-bed Reactor)

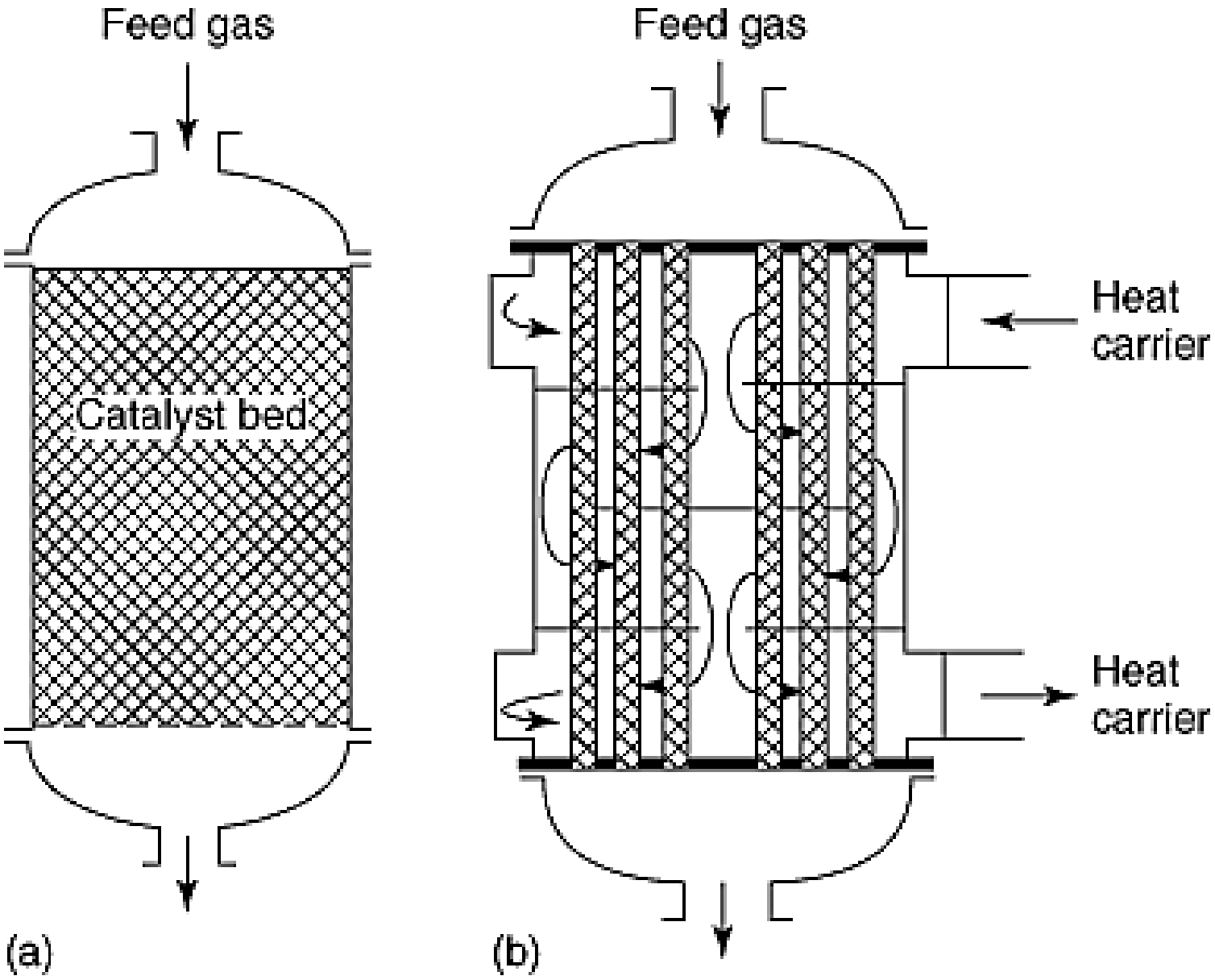
يُعدً مفاعل الطبقة الثابتة المحشو بالعامل المساعد من اكثر انواع المفاعلات استخداماً في مصافي النفط العراقية.

يتكون مفاعل الطبقة الثابتة من أنبوب او اكثر محشو بحبيبات صلبة من العامل المساعد، التي وتكون بأحجام واشكال مختلفة ، فمنها كروي او اسطواني او غير منتظم . كما يمكن ان تكون طبقة العامل المساعد بصورة شبكة معدنية من البلاتين .

ويوضح الشكلان (2-32) و (2-33) نوعين من مفاعل الطبقة الثابتة. الشكل (2-32 a) والشكل (2-33 a) يمثلان مفاعل الطبقة الثابتة مكوناً من أنبوب واحد محشو بحبيبات العامل المساعد. أما الشكل (2-32 b) والشكل (2-33 b) فيمثلان مفاعل الطبقة الثابتة مكوناً من أكثر من أنبوب, وكل انبوب محشو بحبيبات العامل المساعد. وهذا النوع من المفاعلات يستخدم للتفاعلات الباعثة للحرارة او الماصة للحرارة، إذ يمكن عن طريق منظومة التسخين أو التبريد داخل المفاعل, السيطرة بكفاءة على درجة حرارة المفاعل.



الشكل (2-32) مخطط لمفاعل الطبقة الثابتة (اثرائي)



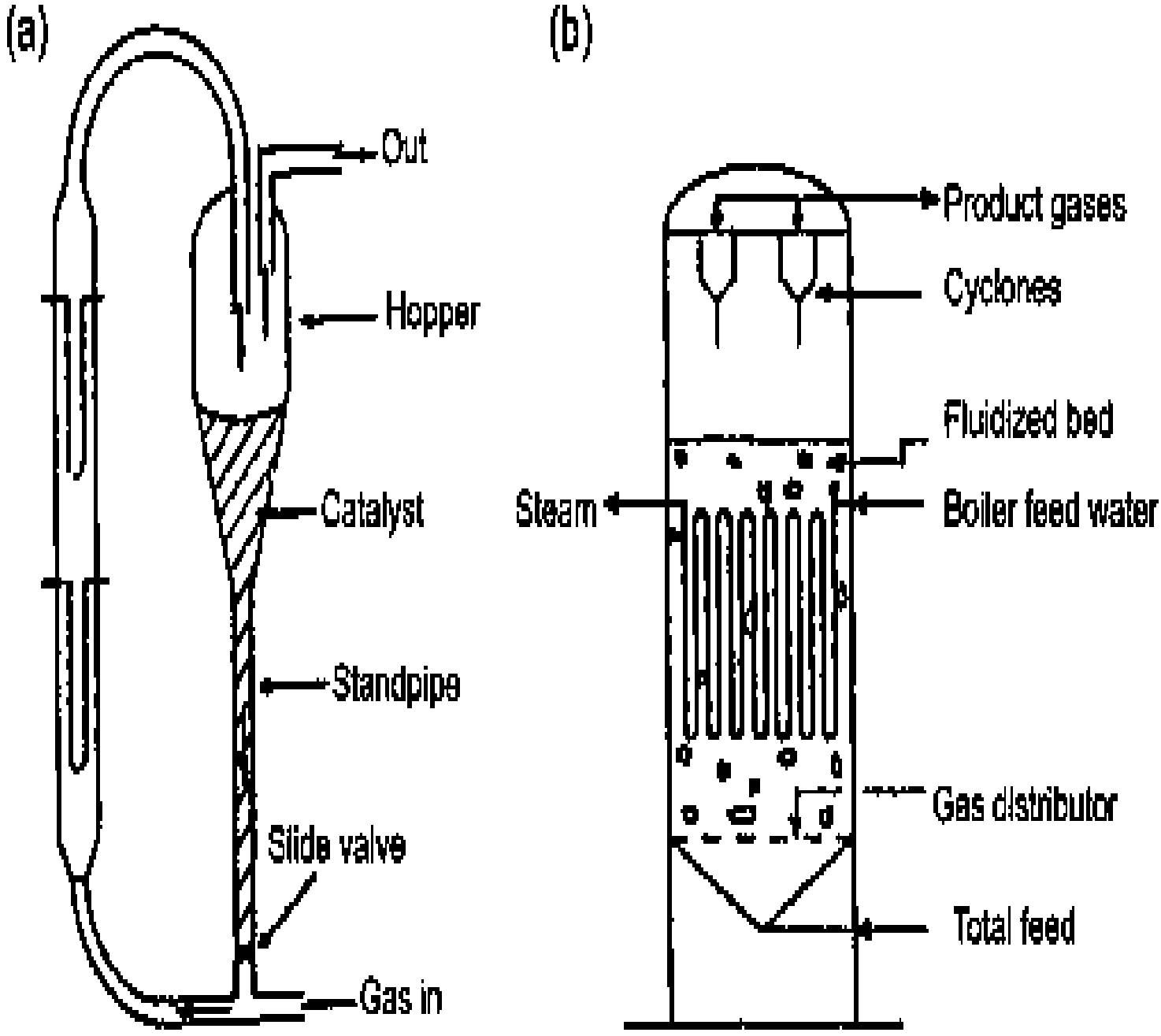
الشكل (2-33) مخطط لمفاعل الطبقة الثابتة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكلين (2-32) و (2-33)	
Feed gas	غاز تغذية
Feed	تغذية
Catalyst bed	وسادة عامل مساعد
Heat carrier	حرارة داخلة
Catalyst bed	وسادة عامل مساعد
Heat carrier (in\ out)	حامل حراري (داخل/ خارج)

2-3-2 -2- مفاعل الطبقة المميعة (Fluidized bed reactor)

يُعدً مفاعل الطبقة المميعة احدث تصميماً واستخداماً من مفاعل الطبقة الثابتة لتنفيذ مجموعة متنوعة من التفاعلات الكيميائية متعددة المراحل . في هذا النوع من المفاعل, يتم تمرير مائع (غاز او سائل) عن طريق مادة حبيبية صلبة تستخدم كعامل مساعد للتفاعل الكيمياوي (عادة ما يكون العامل المساعد بصورة كرات صغيرة بأقطار تتراوح من 1-5 ملم)، ويكون ادخال الغاز او السائل بسرعات عالية بما يكفي لتعليق المادة الصلبة وتسببها في التصرف كما لو كانت سائلة. هذه العملية المعروفة باسم التميع, ونتيجة لذلك تضفي العديد من المزايا المهمة للعديد من التطبيقات الصناعية ومنها الصناعة النفطية, فمثلاً تستخدم وحدة التكسير بالعامل المساعد المميع (FCC) Fluidized Catalytic Cracking التي هي احد اهم عمليات التحويل المستخدمة في مصافي النفط. في هذا المفاعل يتم تحويل القطفات ذات الاوزان الجزيئية العالية (المخلفات الثقيلة للتقطير الفراغي والجوي) الى اجزاء اكثر قيمة كالكازولين، وزيت الغاز , وذلك عن طريق ملامسة المخلفات الثقيلة مع العامل المساعد المميع الساخن داخل المفاعل يقوم بتكسير المكونة من سلسلة طويلة من الجزيئات من السوائل الهيدروكاربونية عالية الغليان الى جزيئات ذات سلسلة اقصر بكثير التي يتم جمعها بصورة بخار.

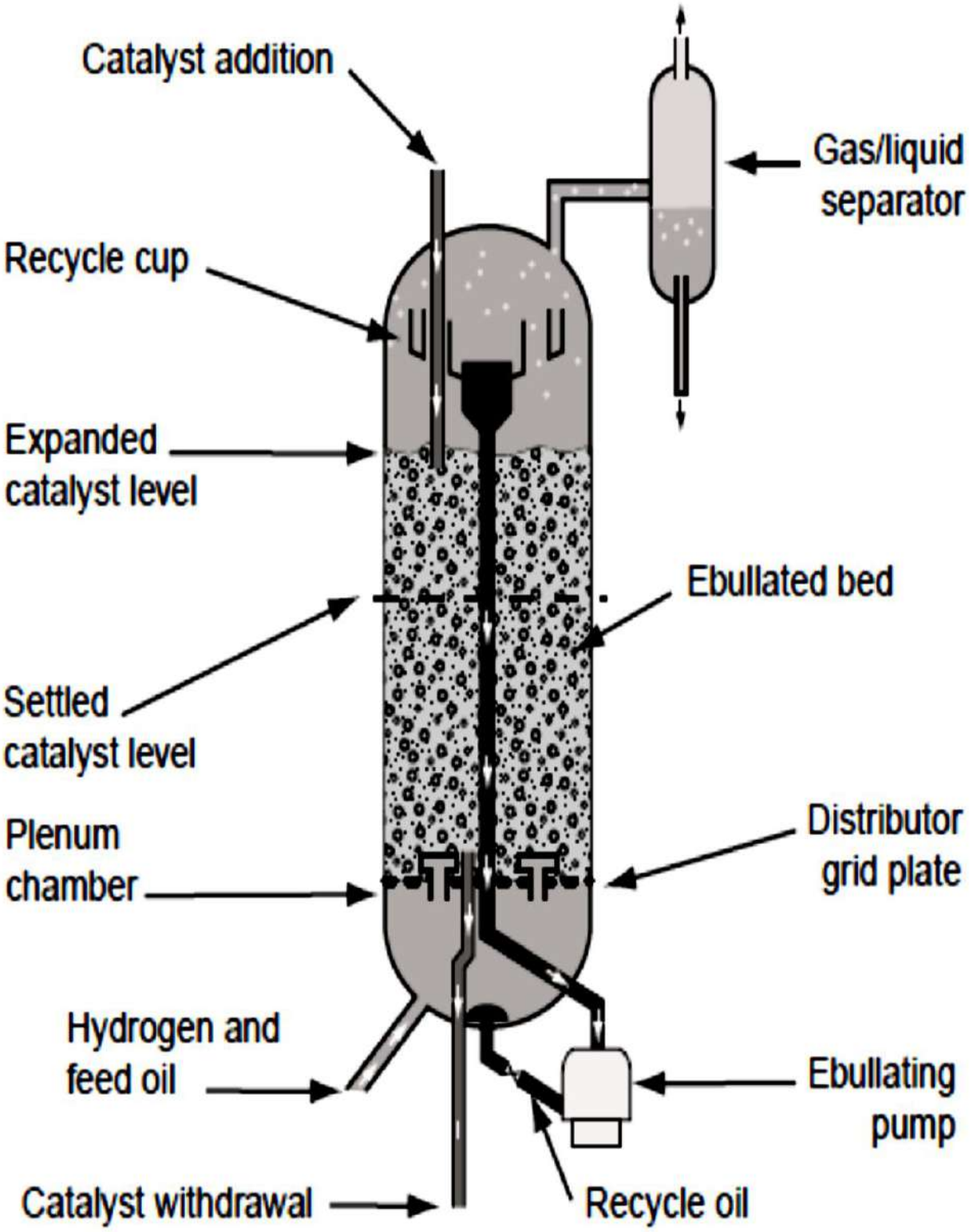
يمثل الشكل (2-34) المسقط الأمامي لنوعين من مفاعل الطبقة المميعة (a و b). إذ يظهر الرسم مداخل كل من الغاز (Gas) الذي هو عبارة عن مادة هيدروكاربونية والعامل المساعد (Catalyst)، إذ يتم التفاعل الكيميائي داخل المفاعل . ويخرج ناتج التفاعل من اعلى المفاعل. أما خليط العامل المساعد مع الغاز غير المتفاعل فيتم فصلهما اعتماداً على فرق الكثافة في منطقة الفصل .



الشكل (2-35) المسقط الأمامي لمفاعل الطبقة المميعة (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-35)	
Total Feed	التغذية الكلية
Gas distributor	موزع الغاز
Product gases	الغازات المنتجة
Catalyst	العامل المساعد
Fluidized bed	طبقة متميعة
Cyclones	سايكلون
Boiler feed water	ماء تغذية المرجل
Steam	بخار
Hopper	هوبر
Standpipe	انبوب الاسناد
Out	خروج
Slide valve	صمام منزلق غلق وفتح

ويوضح الشكل (2-36) المسقط الأمامي لمفاعل الطبقة المميعة ثلاثي الاطوار اي يتكون من (غاز,وسائل, وصلب) ويسمى صناعياً (Ebulliated bed reactor) الذي يستخدم في تكسير النفوط الثقيلة الناتجة من اسفل برج التقطير الفراغي إذ يستخدم غاز الهيدرروجين تحت الصغط العالي للتفاعل مع خليط (النفط الثقيل + حبيبات العامل المساعد) في درجة حرارة عالية. بعد التفاعل يتم فصل الغاز عن خليط (النفط الثقيل + حبيبات العامل المساعد) في فاصل خارج المفاعل. وفي المصافي النفطية تسمى هذه العملية (H-Oil process).



شكل (2-36) مخطط لمفاعل الطبقة المميعة ثلاثي الاطوار(اثراي)

مفتاح الشكل 2-36	
Catalyst addition	اضافة العامل المساعد
Catalyst withdrawal	تفريغ العامل المساعد
Recycle cup	قمع الترجيع
Gas/liquid separator	فاصل الغاز/سائل
Recycle oil	نفط راجع
Ebulliated bed	حشوة فوارة
Hydrogen and feed oil	هيدروجين ونفط تغذية
Plenum chamber	غرفة الخلط
Distributor grid plate	صفيحة توزيع مثقبة
Expanded catalyst level	المستوى المتمدد للعامل المساعد
Settled catalyst level	المستوى المستقر للعامل المساعد

4-2 المجففات Dryers

1-4-2 تمهيد

يشير مصطلح التجفيف بنحو عام إلى إزالة الرطوبة من مادة. وهي واحدة من أقدم العمليات الصناعية وأكثرها استخدامًا واستهلاكًا للطاقة الكهربائية. تُستخدم اليوم ثلاث طرائق أساسية للتجفيف

(1) التجفيف الشمسي ، وهي الطريقة التقليدية التي تجف فيها المواد طبيعياً في الشمس ،

(2) التجفيف بالهواء الساخن حيث تتعرض المواد لتيار الهواء الساخن .

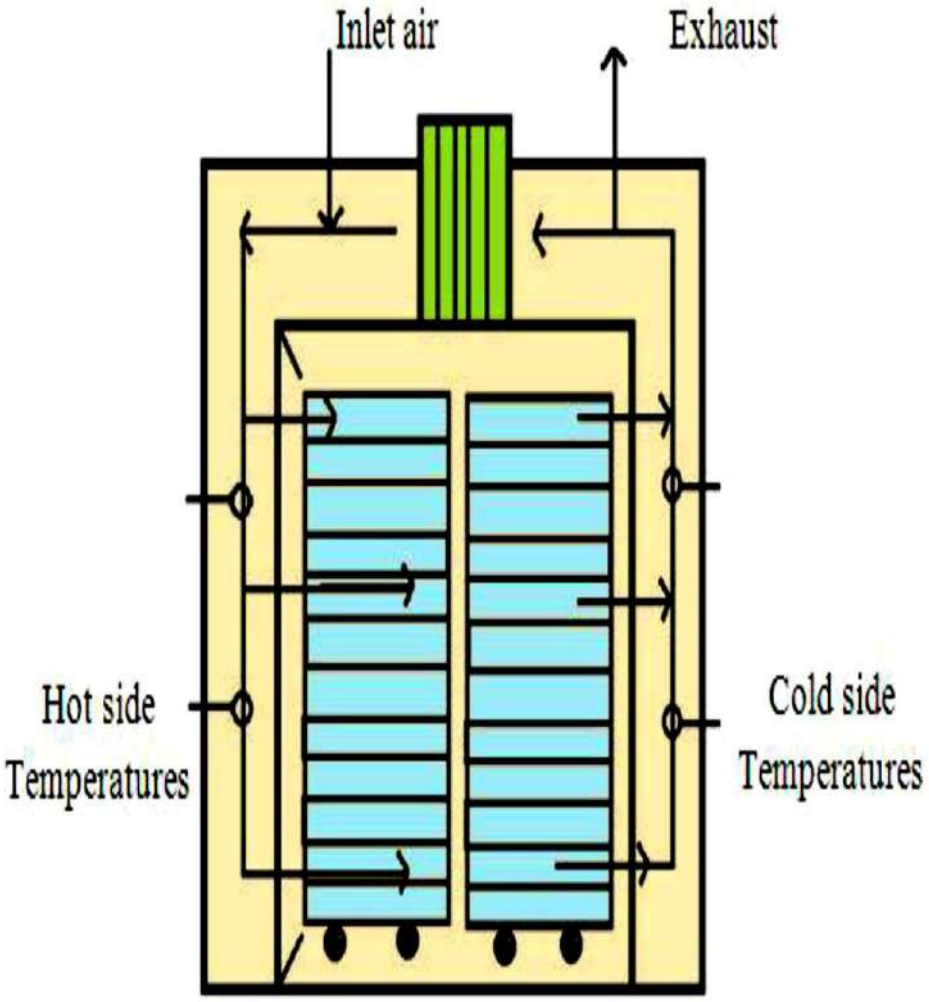
(3) التجفيف بالتجميد ، حيث توضع المواد المجمدة في غرفة فراغية لسحب الماء.

بنحو عام ، يتم التجفيف عن طريق التقنيات الحرارية. في اثناء التجفيف الحراري للمواد الصلبة، تحدث عمليتان في وقت واحد، وهما نقل الطاقة الحرارية من الهواء الساخن في المجفف ثم نقل الرطوبة من داخل المادة الصلبة. لذلك يمكن عدّ عملية التجفيف هذه بمزلة عملية نقل الحرارة والكتلة في الوقت نفسه. يمكن تصنيف عمليات ومعدات التجفيف وفقًا لعدة معايير ، بما في ذلك طبيعة المادة وطريقة التزويد بالحرارة وطريقة التشغيل.

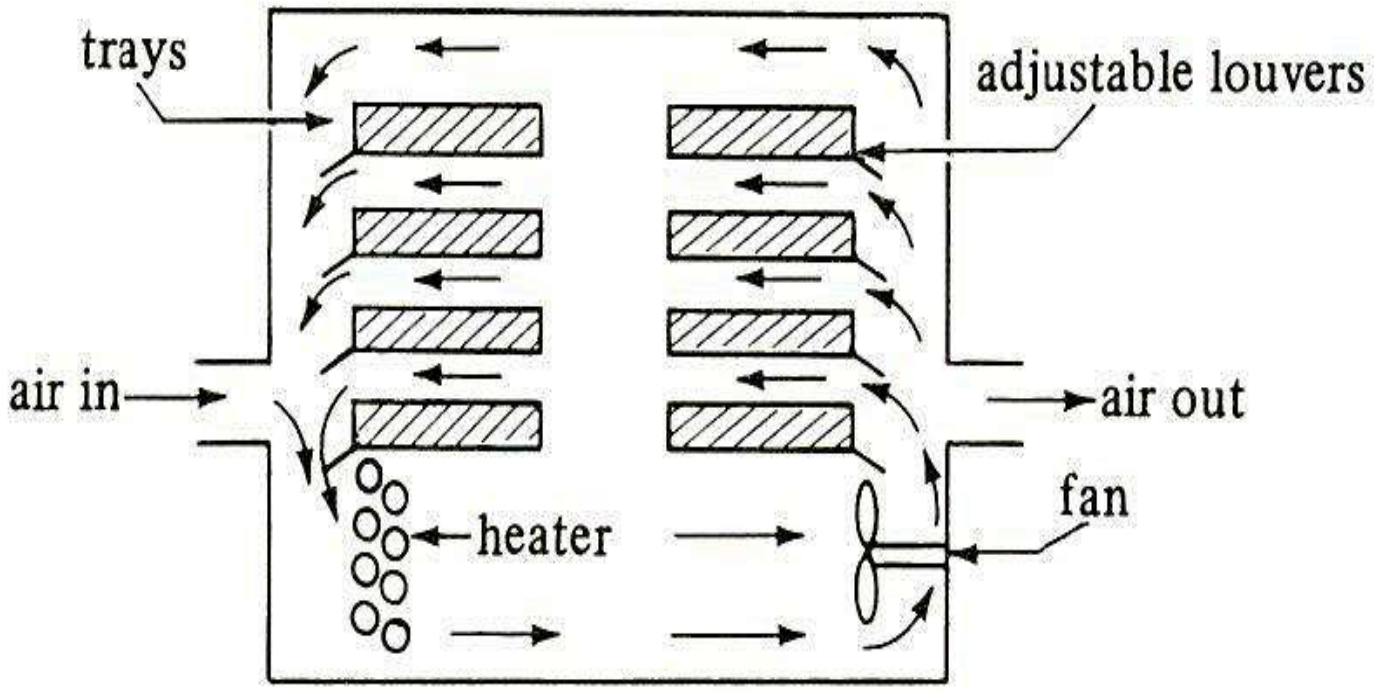
2-4-2 معدات التجفيف

2-4-2-1 المجفف ذو الصواني (Tray dryer)

يعمل المجفف ذو الصواني عادة في نظام الوجبة. وتتكون من غرفة مستطيلة من الصفائح المعدنية التي تحتوي على الرفوف لوضع المنتجات عليها. يحتوي كل رف على عدد من الأدراج التي يتم تحميلها بالمواد المراد تجفيفها. يتدفق الهواء الساخن عبر النفق فوق الرفوف. في بعض الأحيان يتم استخدام المراوح على جدار النفق لزيادة تدفق الهواء الساخن عبر الصواني. بعد التجفيف تفتح الابواب وتسحب الرفوف. ويمثل الشكل (2-37) المجفف ذا الصواني ، أما الشكل(2-38) فيوضح رسماً تخطيطياً للمجفف.



شكل (2-37) المجفف ذي الصواني (اثرائي)



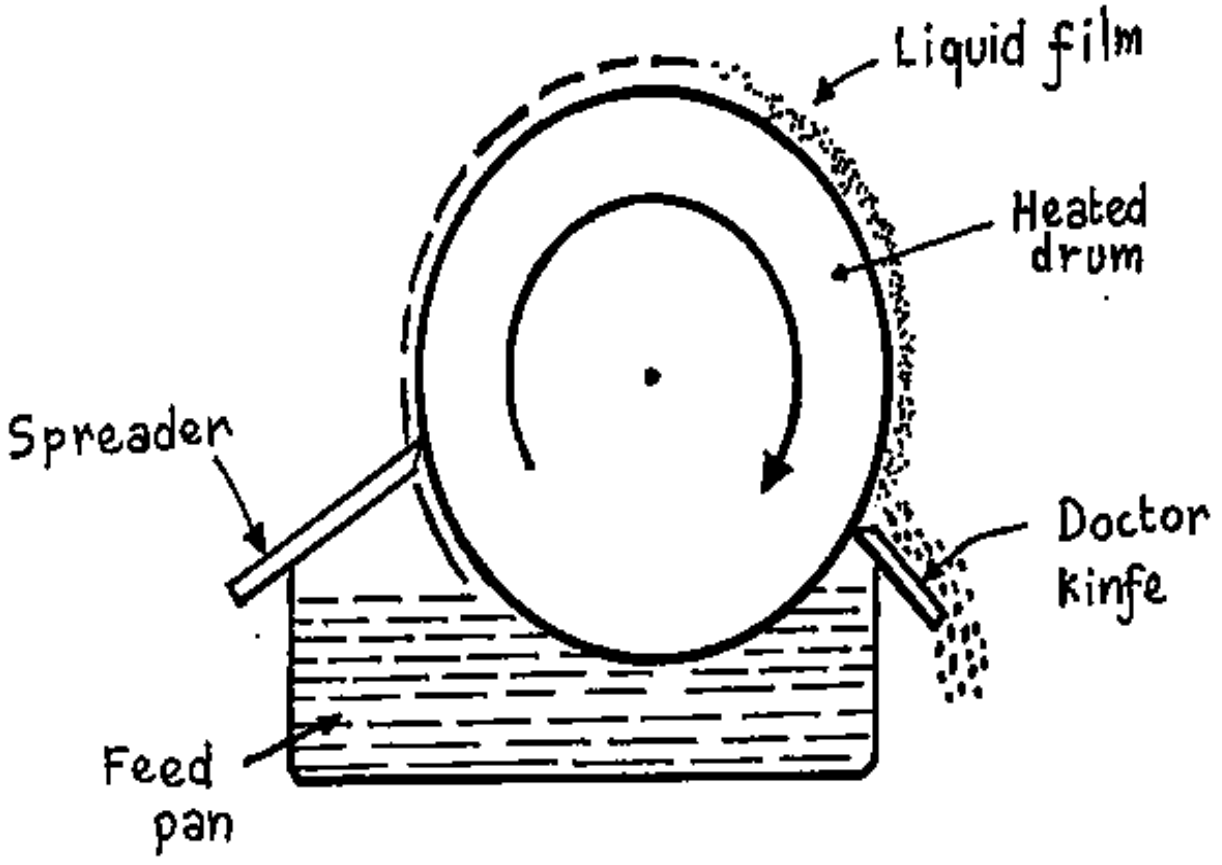
شكل (2-38) مخطط المجفف ذي الصواني (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكلين (2-37) و (2-38)	
Inlet air	دخول الهواء
Exhaust	خروج
Hot side temperature	جهة درجة الحرارة الحارة
Cold side temperature	جهة درجة الحرارة الباردة
Trays	صواني
adjustable louvers	فتحات لتنظيم التهوية
air in	دخول هواء
air out	خروج هواء
Fan	مروحة
heater	مسخن

2-2-4-2 المجفف الدوار

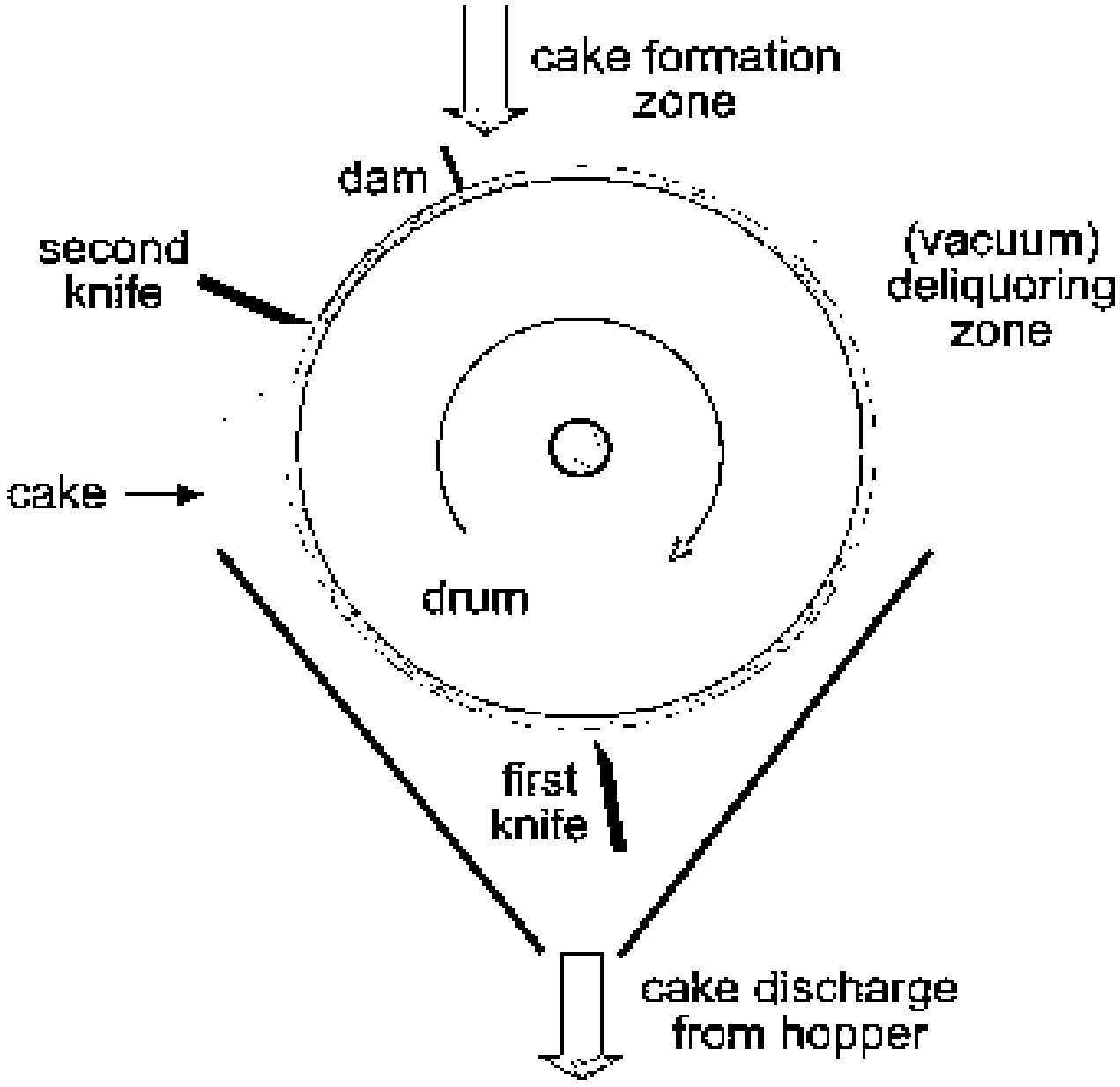
المجففات الدوارة نوعان. **احدهما:** يستخدم مبدأ التجفيف باستخدام تسخين اسطوانة دوارة يوضع عليها الملاط كما موضح في الشكل (2-39). أما **النوع الآخر:** يتم فيه التجفيف باستخدام مبدأ تخلخل الضغط داخل اسطوانة دوارة مغلفة بقماش ترشيح. يتميز المجفف الفراغي الدوار عن المجفف ذي الصواني بأنه يعمل بنحو مستمر.

في المجفف الفراغي الدوار (الشكل 2-40) يمثل السائل الذي يحتوي على مواد صلبة مذابة أو مواد صلبة معلقة؛ يشكل طبقة رقيقة على السطح الخارجي للأسطوانة الدوارة الكبيرة. إذ يمكن التحكم في سمك طبقة الراسب بواسطة شفرة كشط قابلة للتحرك الى الاعلى والاسفل. ان سرعة دوران الأسطوانة يمكن التحكم بها للسيطرة على الطاقة الانتاجية. المادة الصلبة الناتجة تتجمّع على ذراع أمام سكين الكشط وتتدحرج إلى وعاء أو إلى ناقل لولبي.



الشكل (2-39) المجفف الدوار (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-39)	
Feed pan	صينية التغذية
Spreader	فارشة الطبقة على الاسطوانة
Liquid film	طبقة السائل
Heated drum	أسطوانة ساخنة
Doctors knife	سكين الاطباء



الشكل (2-40) المجفف الفراغي الدوار (لوحة) مقياس الرسم 1:1

مفتاح الشكل (2-40)	
Cake	الكعكة
pressure Vacuum	تخلخل ضغط
Dam	سد
Drum	أسطوانة
First knife	السكين الاولى
Second knife	السكين الثانية
Cake formation zone	منطقة تكون الكعكة
Cake discharge from hopper	خروج الكعكة

الفهرست

ت	الـموضوعات	الصفحـــــة
.1	المقدمة	3
.2	الفصل الاول / مخططات العمليات الانتاجية في الصناعة النفطية	4
.3	المخطط التدفقي لعمليات التقطير الجوي للنفط الخام	6
.4	المخطط التدفقي لعميات التقطير الفراغي	7
.5	مخطط هدرجة المنتجات النفطية	12
.6	مخطط وحدة استخلاص المركبتانات	14
.7	وحدة تحلية وقود الطائرات او الكيروسين بطريقة ميروكس	17
.8	المخطط التدفقي لعملية ازالة الغازات الحامضية	19
.9	مخطط غسل المسيل بواسطة محلول الصودا الكاوية	22
.10	وحدة انتاج الكازولين	23
.11	المخطط التدفقي لعملية انتاج البانزين المحسن بواسطة الازمرة	26
.12	المخطط التدفقي لعملية الالكلة	28
.13	المخطط التدفقي لعملية التكسير بالعامل المساعد	31
.14	عمليات الخلط	36
.15	مخطط وحدة معالجة المياه الصناعية الملوثة	43
.16	المعدات الاساسية الحاكمة في الصناعة النفطية	51
.17	برج التقطير ذو الصواني	52
.18	برج التقطير ذو صينية غطاء الفقاعة	53
.19	برج التقطير ذو الصينية المنخلية	54
.20	برج التقطير ذو الحشوة	57
.21	انواع صواني التقطير	60
.22	برج الامتصاص	70
.23	عمود الاستخلاص	75
.24	الخلاط المركد	78
.25	اجهزة الطرد المركزي	80
.26	ابراج الاستخلاص الرذاذة ذات الحشوة	82
.27	ابراج الحواجز	84
.28	ابراج الصواني المثقبة	86
.29	المفاعلات	88
.30	المجففات	95
.31	الفهرست	101