جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

الرسم الصناعي

الصناعات الغذائية

الصف الثالث

تأليف

حيدر موسى الشكري　　مؤيد محمد علي

فضل هاشم

زينب علوان　　سوسن عبد القادر

الطبعة الثالثة　　1435 هـ - 2014 م

المقدمة

بتوجيه من المديرية العامة للتعليم المهني وتنفيذاً للنهج الذي وضعته لتحديث مناهج التعليم المهني بما يواكب التطور الحاصل في العلوم التقنية، قمنا بعون من الله تعالى بإعداد هذا الكتاب الذي تضمن في الفصل الأول وصفاً لمخططات العمليات الصناعية والمعلومات التي من الممكن أن تحتويها، فيما احتوى الفصل الثاني على مخططات لعمليات إنتاج لمواد غذائية متعددة ومختلفة باستعمال ألرموز المتفق عليها عالمياً في هذا المجال معتمدين في رسمها البساطة وعدم التعقيد بهدف التعرف على تتابع العمليات التصنيعية فضلاً عن شرح مبسط لكل عملية ووظيفة الأجهزة والمعدات المستعملة، فيما تخصص الفصل الثالث بالرسم الصناعي لمقاطع أجهزة تم اختيارها كنماذج من أجهزة كثيرة تستعمل في المعامل المتخصصة في الصناعات الغذائية.

وختاما نتقدم بالشـــكر إلى الـسادة الخبراء العلميين (د. محمد فاضل عبد) و (د. كاظم نوري عبد) والخبير اللغوي (د.محمد جبار علوان) لجهودهم في مراجعة الكتاب ليظهر على ما هو عليه، كما ونشيد بالجهد الذي قام به المهندس حيدر ألشكري في إعداد الرسومات المتضمنة في هذا الكتاب.

ونسأل الله أن يجعل هذا الكتاب من العلم الذي ينتفع به، آملين أن نكون قد وفقنا في تقديم ما يخدم ويعزز التوجه لدى أبنائنا الطلبة في مسيرتهم العلمية والمهنية.

..... ومن الله التوفيق.

المؤلفون

1435هـ / 2013 م

المحتويات

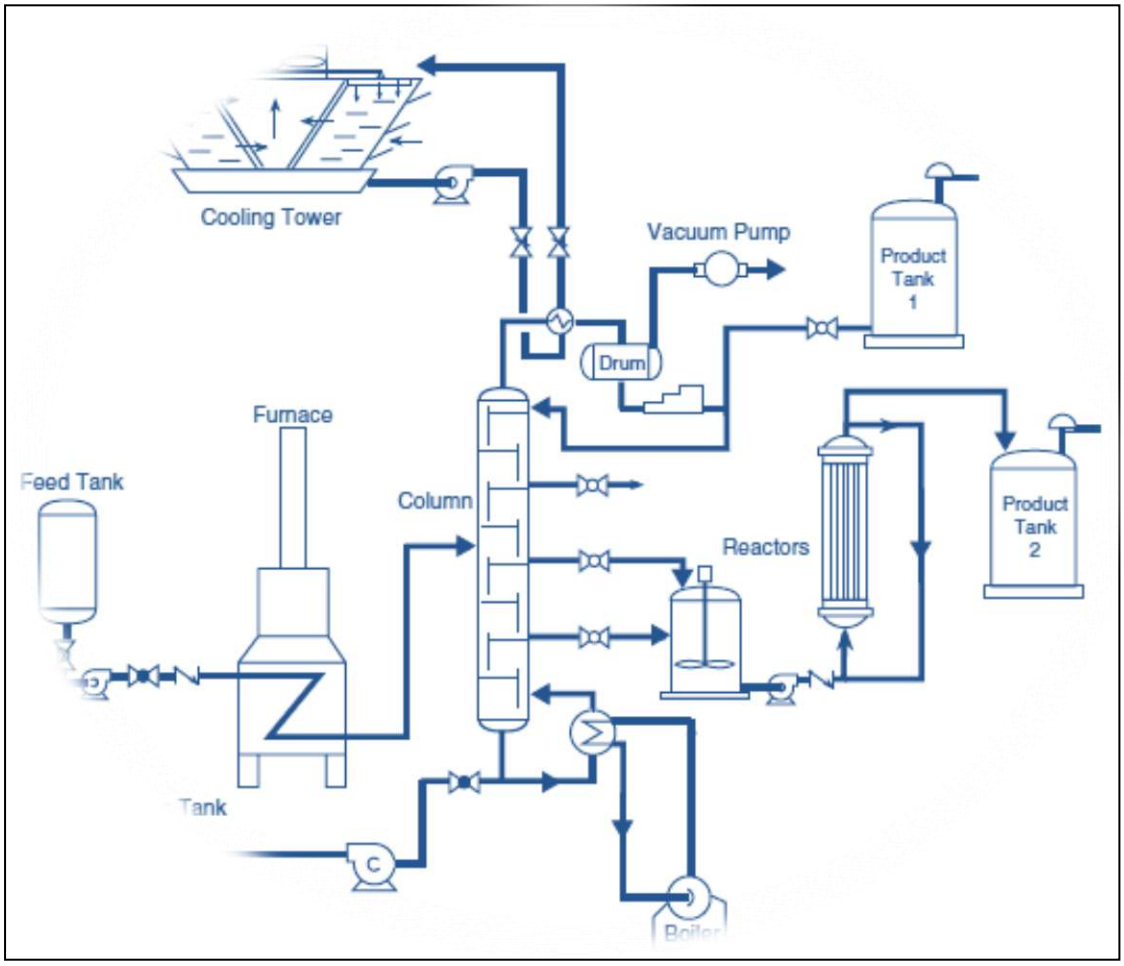
التسلسل	الموضوع	رقم الصفحة
	المقدمة	3
	المحتويات	4
الفصل الأول	مخططات العمليات الصناعية ورموز المعدات	5
1-1	أنواع مخططات التدفق	7
2-1	رموز المعدات الرئيسة	9
3-1	استعمال الرموز في رسم مخططات التدفق	21
4-1	أسئلة وتمارين الفصل الأول	23
الفصل الثاني	وصف مخططات العمليات الإنتاجية	24
1-2	إنتاج الحليب المجفف	26
2-2	تجفيف سوائل التنظيف	43
3-2	مراحل إنتاج معجون الطماطم	45
4-2	صناعة مثلجات الحليب	50
5-2	مراحل استخلاص السكر الخام من قصب السكر	54
6-2	عمليات تنقية الزيوت النباتية الخام والهدرجة	57
7-2	عملية التقطير الجزيئي	59
8-2	أسئلة الفصل الثاني	61
الفصل الثالث	مقاطع الأجهزة الصناعية	65
1-3	مقاطع في بعض الأجهزة الصناعية	67
2-3	برج التقطير	68
3-3	خزان الخلط	70
4-3	المبخرات المغلفة	72
5-3	المجفف الرذاذي ذي الطرد المركزي	74
6-3	الغلاّية أوالمرجل البخاري	77
7-3	المرشح الضاغط	80
8-3	مضخة الطرد المركزي	83
9-3	المبادل الحراري	85
10-3	أسئلة الفصل الثالث	89
	المراجع	91

الفصل الأول

مخططات العمليات الصناعية ورموز المعدات

Industrial Processes Diagrams

&Industrial Symbols



اهداف الفصل الأول

بعد إنهاء دراسة الفصل سيكون الطالب قادرا على أن:-

- **يميّز رموز العمليات الصناعية.**
- **يستعمل مخططات العمليات الصناعية والمعلومات التي تحتويها.**
- **يرسم الرموز المستعملة في مخططات عمليات التدفق.**

تمهيد

مخططات عمليات التدفق (A process Flow Diagrams)(PFDs) إحدى طرائق التعبير الشائعة الاستعمال في الرسم الصناعي للدلالة على سريان وتتابع العمليات التي تنجز في المعدات الصناعية، إذ تعرض تلك المخططات العلاقة بين المعدات الرئيسة المكونة للعمليات الصناعية دون اظهار التفاصيل الدقيقة للأنابيب، ولها تطبيقات عديدة في الكثير من المجالات الصناعية، الغاية منها تكون تصميمية أو تنفيذية.

1-1 أنواع مخططات التدفق Flow Diagrams Types

من الممكن تقسيم مخططات العمليات الصناعية الى ثلاثة أقسام رئيسة تشمل ما يأتي:-

1. مخططات التدفق الكتلية (الصندوقية) (BFDs) (Block Flow Diagrams).
2. مخططات عمليات التدفق (PFDs) (Process Flow Diagrams) .
3. مخططات الأنابيب والأجهزة الدقيقة (P&IDs(Piping and Instrument Diagrams).

فضلاً عن مخططات الموقع ثلاثية الأبعاد (3-D plant layout diagrams).

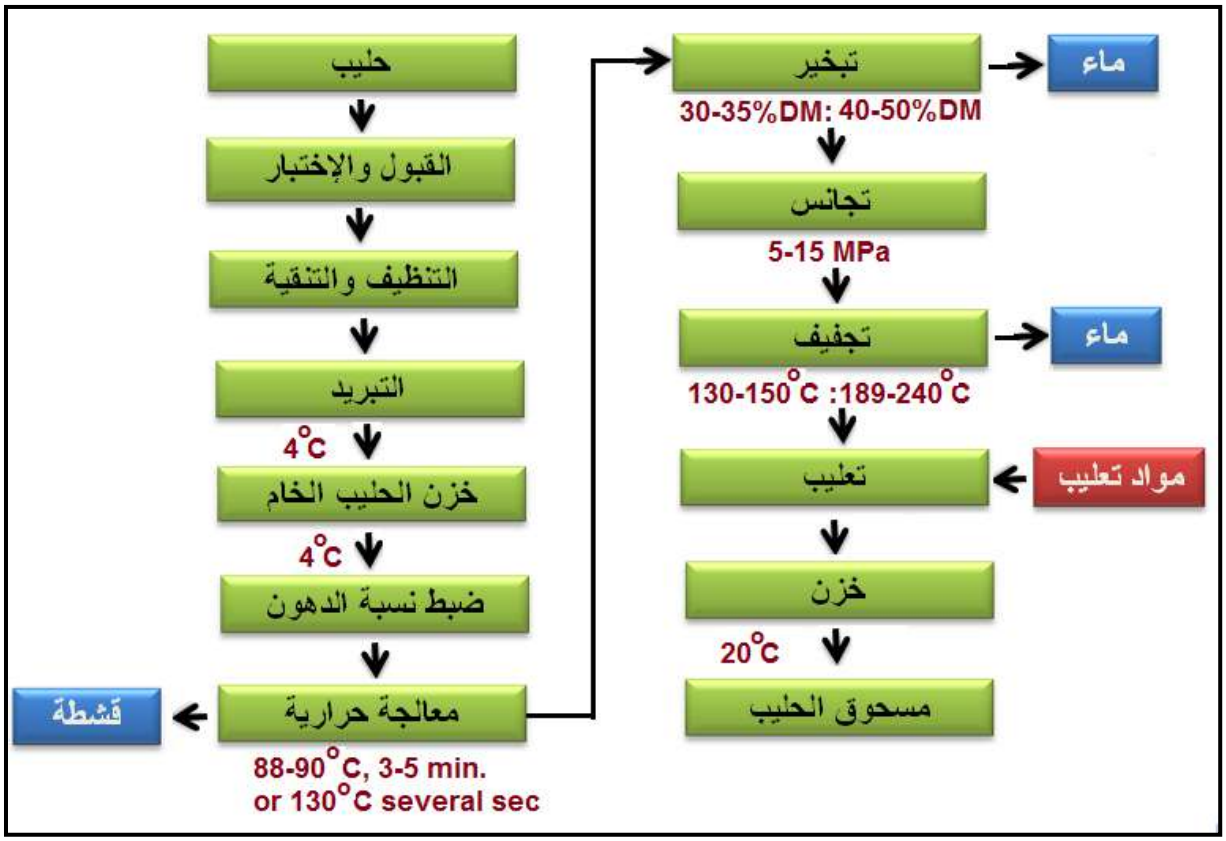
وتشمل مخططات عمليات التدفق الصناعية ما يأتي:-

1. عمليات الأنابيب .
2. الخطوط الرئيسة والراجعة .
3. رموز المعدات الرئيسة وأسمائهاوالرقم التعريفي لها .
4. اتجاهات التدفق .
5. حلقات السيطرة التي تؤثر على المنظومة .
6. الربط مع الأنظمة الأخرى .
7. معدات السيطرة على التدفق ودرجة الحرارة والضغط .
8. تركيبة السوائل .

وعموماً لا تشمل تلك المخططات ما يأتي:-

1. أصناف أو أرقام خطوط الأنابيب .
2. عملية السيطرة التي تشمل المتحسسات وعناصر السيطرة الأخرى .
3. الخطوط العابرة الثانوية .
4. صمامات العزل والغلق .
5. فتحات التهوية والتصريف الخاصة بالصيانة .
6. صمامات الأمان والتنفيس .
7. حافات التثبيت .

ويبين الشكل (1-1) المخطط الكتلي (الانسيابي) (Flow Chart) لأحدى العمليات في الصناعات الغذائية والذي يتكون من مستطيلات تكتب داخلها وبشكل بسيط الإجراءات التي تتم لغرض الحصول على المنتج بالطرق التي تحدد ضمن المخطط وبشكل مشابه الى الخوارزميات المتبعة في أنظمة برمجة الحاسوب، وعادة تكون تلك المخططات هي المرحلة الأولى في التصميم وتكون ذات فائدة لفهم المراحل الرئيسة للعملية التصنيعية ابتداءَ من المادة الخام وانتهاءً بالمنتوج .



الشكل 1-1 : مخطط انسيابي لعملية صناعية

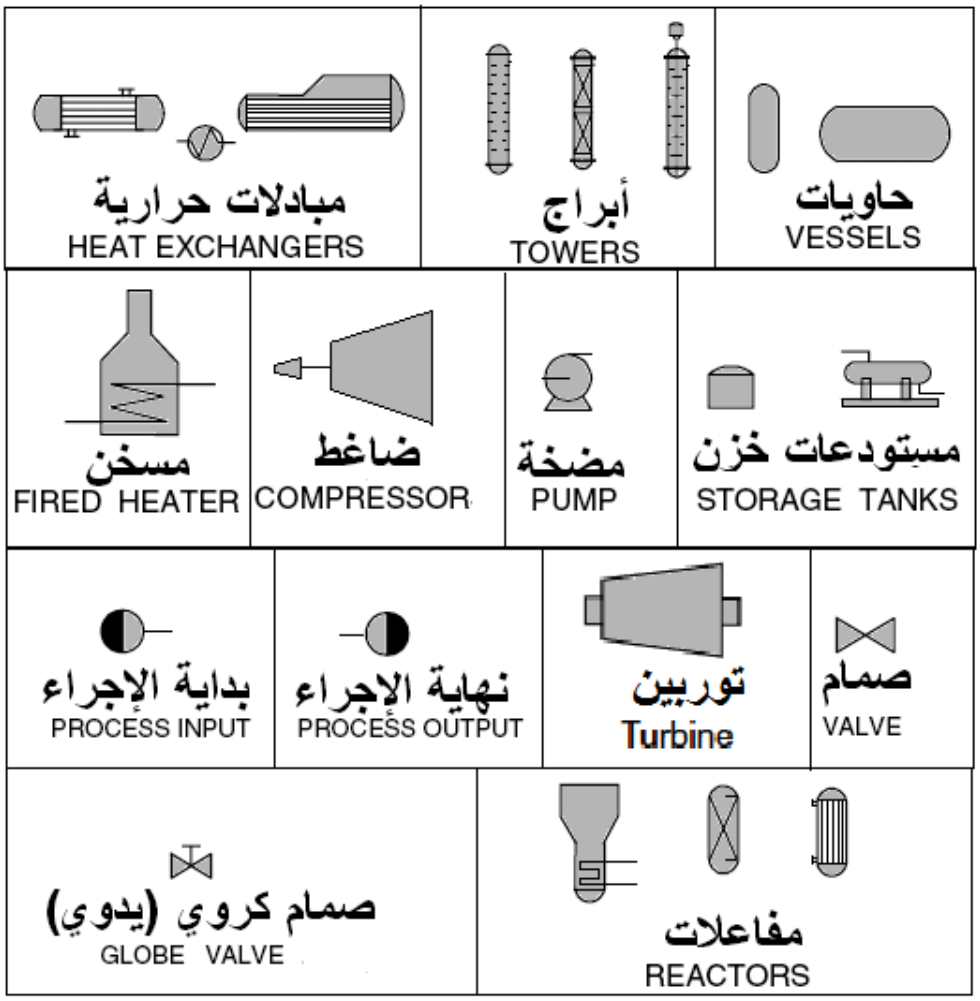
في حين أن المخططات الأكثر مناسبة للعمليات الصناعية الغذائية هي مخططات عمليات التدفق، والتي تلي المخطط الانسيابي، وقد تم دراستها في المرحلة السابقة في مادة الرسم الهندسي والصناعي، والتي ستتضمنها فصول الكتاب بشكل أكثر تفصيلاً .

تعد تلك المخططات وسيلة توضيحية (بسيطة) تِستعمل الرموز لوصف مسار التدفق الرئيس خلال الوحدة الصناعية، فضلاً عن أنها توفر صورة سريعة عن الوحدة التشغيلية أو الصناعية، إذ تتضمن تلك الرسومات كل الأجهزة والجريانات الأساسية في العملية الصناعية.

وتبين مخططات عمليات التدفق (PFD) رموز الأجهزة والظروف التشغيلية للطريقة الانتاجية، وطبيعة الاتصال بكل المعدات، إذ يتمكن كل متخصص تقني من استعمال تلك الرسوم لتتبع التدفق الأساس للمواد الكيماوية والغذائية والمواد المضافة للعملية التصنيعية ، علما أن عمليات التدفق والسريان الثانوية لا توضع في تلك المخططات لكونها تستعمل للتوضيح والتدريب ، في حين تستعمل مخططات الأنابيب والآلات الدقيقة (P&IDs) وهي الأكثر تعقيداً في توصيف التدفقات الثانوية ، مخططات الأجهزة، الأنابيب ، ومعدات القياس ، فضلاً عن احتوائها على رموز أنظمة السيطرة الالكترونية الحديثة مما يسمح بإدارة الخطوط الإنتاجية عن طريق القسم الهندسي في المعمل بمتابعة معدات قياس الضغط والحرارة ومقدار التدفق .

2-1 رموز المعدات الأساسية Basic Instruments Symbols

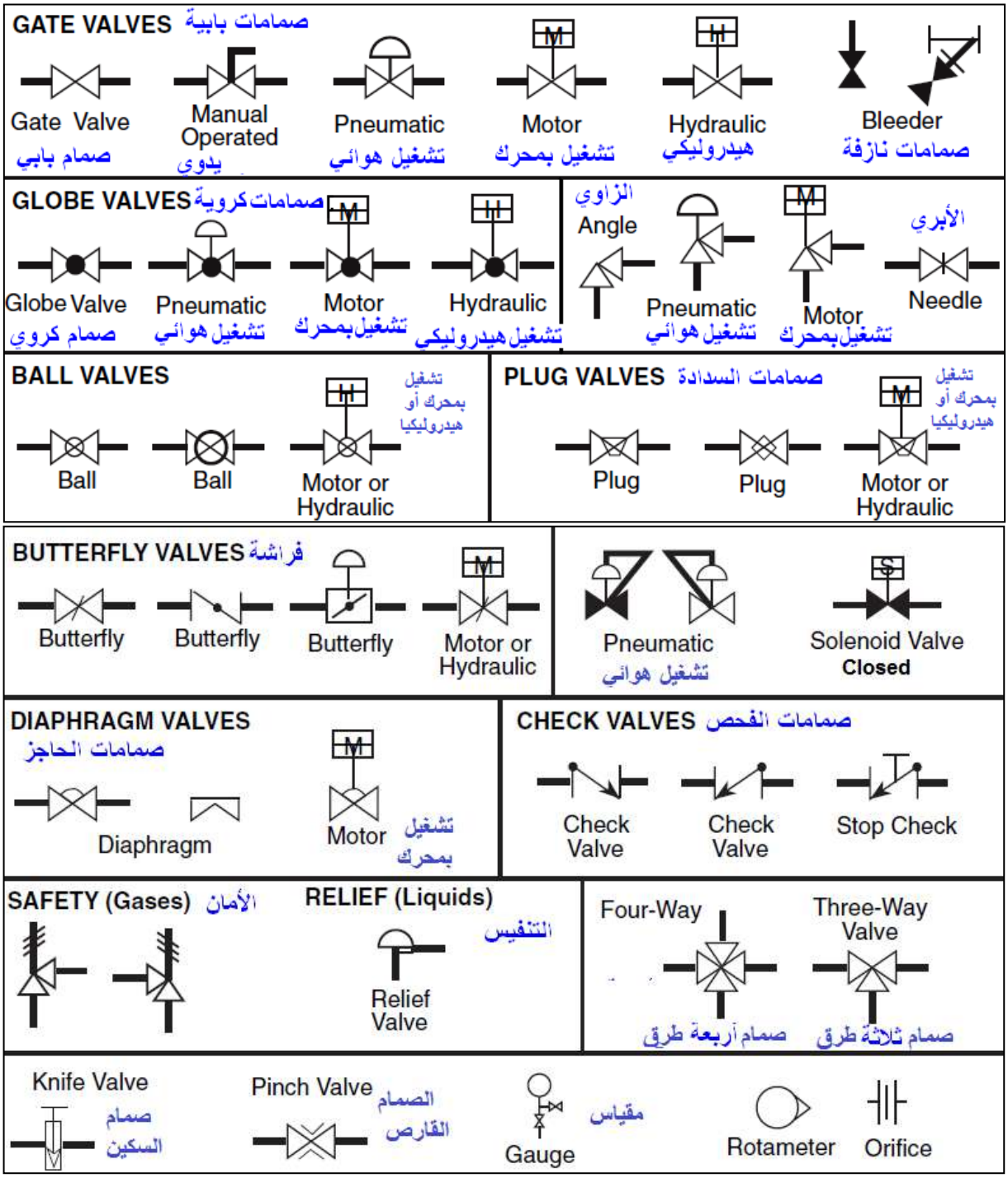
تستعمل الرموز في المخططات للدلالة على أجهزة ومعدات صناعية تصل بينها الخطوط الناقلة للمواد الأولية والصناعية المستخدمة في تصنيع المواد الغذائية وقد اتفق على رموز ثابتة وفق النظام العالمي ISO (International Organization For Standardization) لكي تكون مفهومة للمعنيين كافة، فضلاً عن المصمم والمنفذ والفني وبشكل موحد دون اللجوء الى استعمال اللغات المختلفة للتعبير عن الحالة الهندسية المطلوبة، كالمضخات، الضاغطات، الغلايات، المبخرات، أبراج التبريد، وصمامات التحكم ....الخ، الشكل (1-2).



الشكل 1-2: رموز لبعض المعدات الصناعية

1-2-1 رموز الأنابيب والصمامات (Piping and ValvesSymbols)

كلّ معمل يجب أن يحتوي على ملف لرموز ألأنابيب ، لغرض التمييز بين خطوط التدفق الرئيسة والثانوية والعناصر الهيدروليكية والأنابيب الشعرية ، والتقنيون يجب أن يراجعوا رموز الأنابيب بعناية واحتوائها على الصمامات والمصافي والمرشحات وأحياناً حجم تلك الأنابيب وطرائق عزلها ومقدار الضغوط التي تتحملها ، مما يستوجب معرفة رموز تلك الصمامات ، إذ تستعمل الصمامات للسيطرة على تدفق المواد المنقولة عبر الأنابيب في العمليات الصناعية، ويبين الشكل (1-3) الأنواع المختلفة للصمامات كذات البوابة (Gate Valves) والكروية (Globe) وغيرها، وطريقة التعبير عن طريقة تشغيلها بوساطة الرموز (يدوياً، محرك كهربائي، قوة الهواء، أو بالقوى الهيدروليكية).

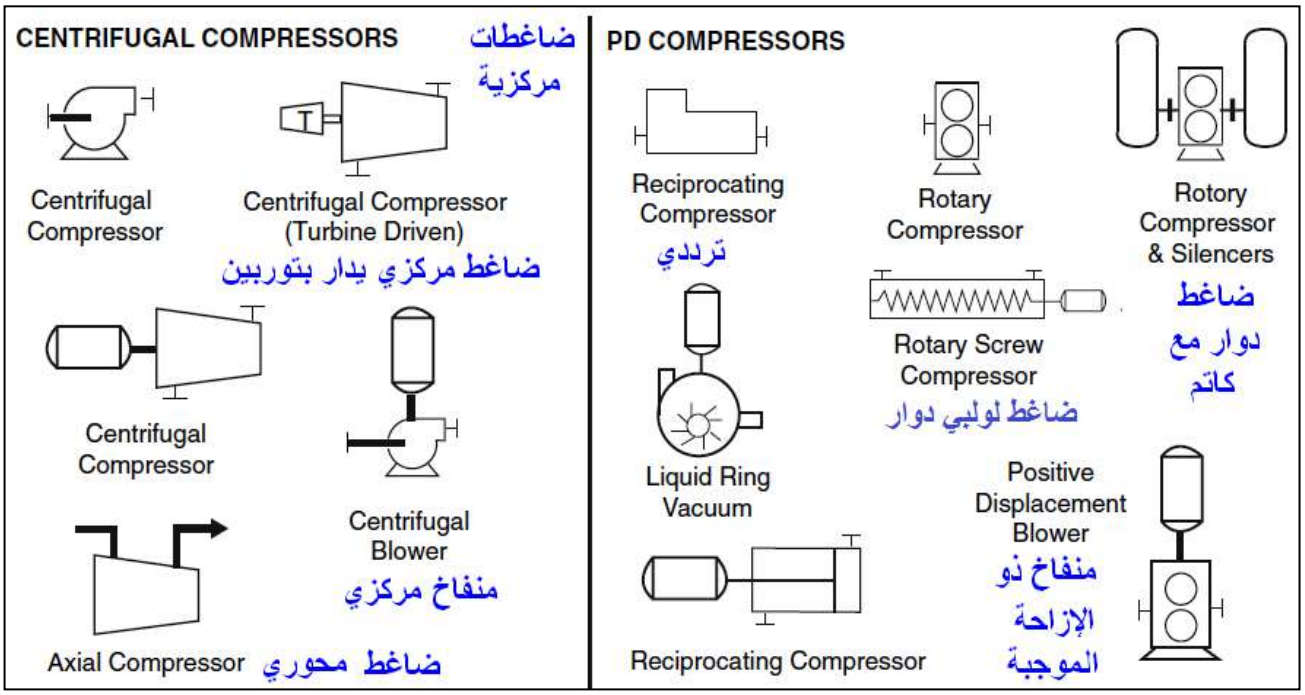


الشكل 1-3 : رموز الصمامات

2-2-1 رموز الضواغط والتوربينات (Compressors& Turbines Symbols)

معدات صناعية تعمل بالطاقة الكهربائية تعمل على رفع ضغط الغازات (كالهواء الجوي) مما يزيد من طاقته، ثم ضخه بكميات الى منظومة تعمل بالهواء المضغوط لتحرير تلك الطاقة الى تطبيق محدد في العمليات الصناعية، وتعمل بمبدأ الإزاحة الموجبة أوالحركية Positive or DynamicDisplacement، ويكون رمز الضاغط عادة أكبر من رمز المضخة (Pump)، وفي الضواغط الطاردة المركزية متعددة المراحل .

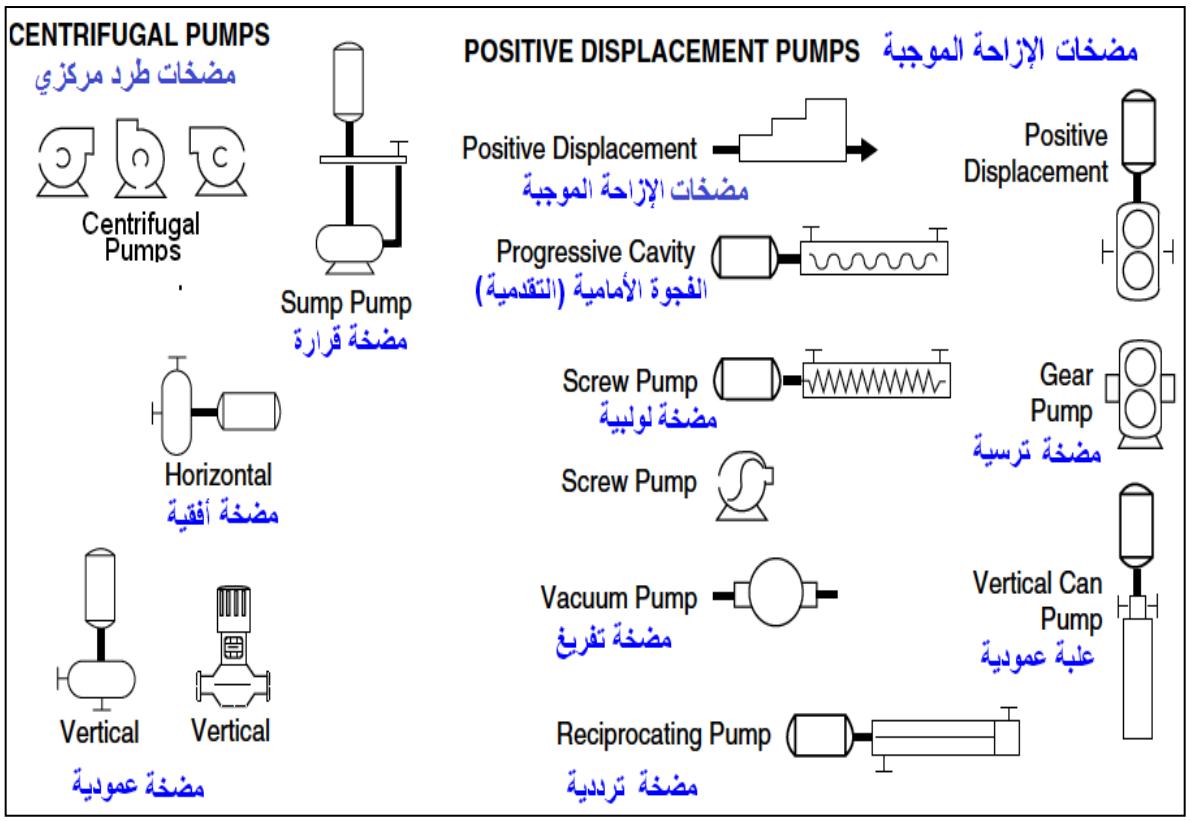
فإن تضييق الرمز من اليسار الى اليمين يدلّ على ضغط المائع قبل تحريره ، هذا عندما يقارن مع التوربين والذي يصور الأجراء المعاكس إذ يتمدد المائع ذي درجة الحرارة والضغط العاليين فيه لتحرير الطاقة وتحويلها الى حركة دورانية ، وفي التطبيقات الحديثة للرموز يتبين ربط رمز المحرك مع المضخة أو مع الضاغط أو الخلاط ، ويبين الشكل (1-4) الأنواع المختلفة للضواغط .



الشكل 1-4 : رموز الضواغط

3-2-1 رموز المضخات Pumps Symbols

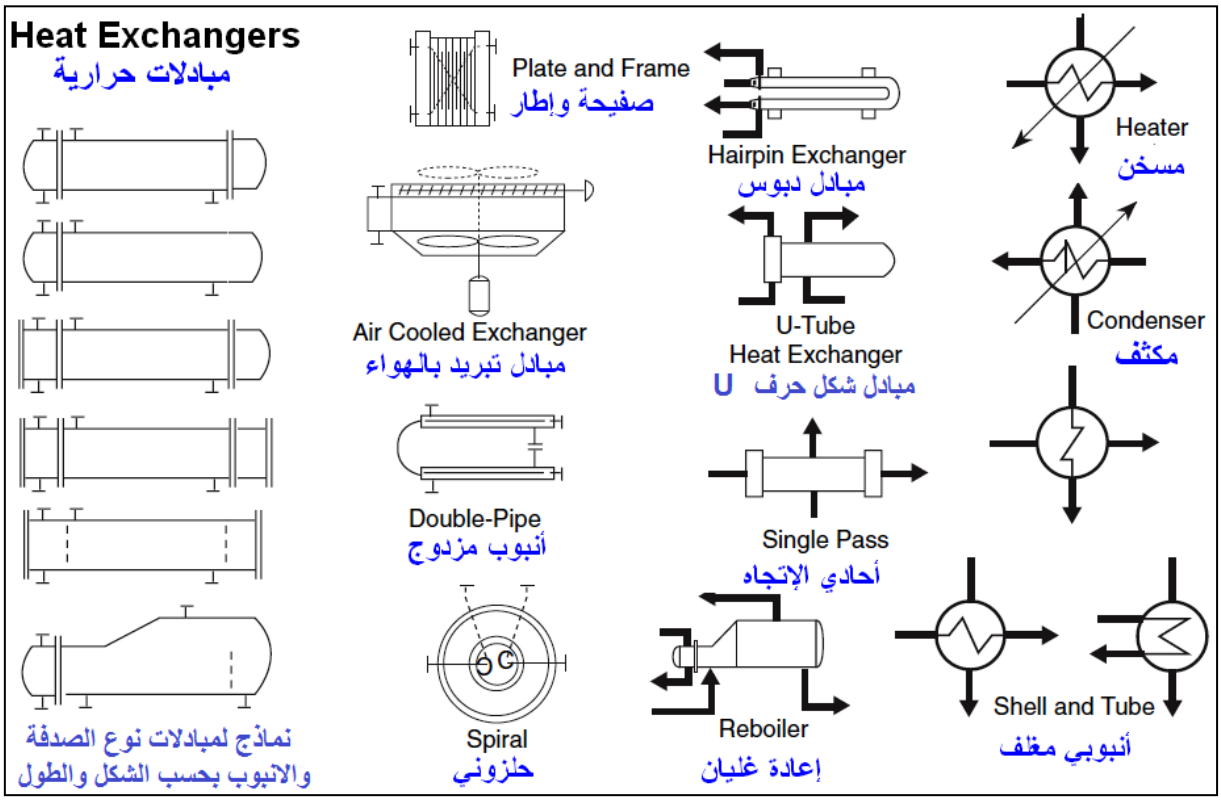
تستعمل المضخات لمناقلة السوائل من معدة الى أخرى، وتكون رموز المضخات عادة عمودية في مخططات العمليات الصناعية، ويبين الشكل (1-5) الرموز ا لأساسية للمضخات.



الشكل 1-5 : رموز المضخات

4-2-1 رموز المبادلات الحرارية Heat ExchangersSymbols

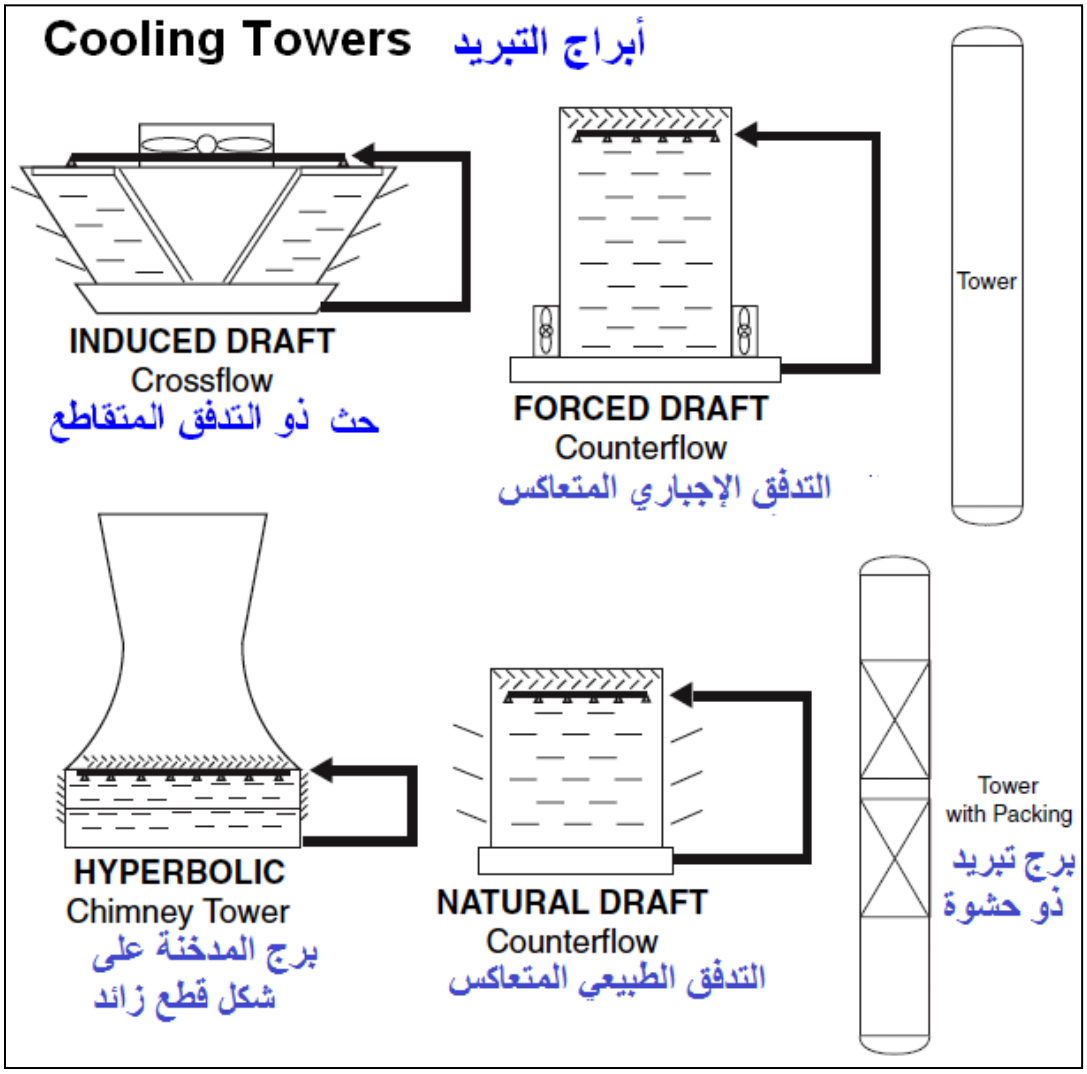
المبادلات الحرارية من المعدات الصناعية التي تستعمل لنقل الطاقة الحرارية بين مائعين لكل منهما استعمال محدد في العملية الانتاجية، تعمل بمبدأ التبادل الحراري بالتوصيل والحمل (Conductive and Convective)، ويبين الشكل (1-6) الرموز القياسية لمختلف الأنواع المستخدمة في مخططات العمليات الصناعية، ويوضح اتجاه الأسهم في بعض الرموز الى نوع عملية التبادل الحراري، فالسهم الصاعد يدل على التبريد بينما السهم النازل يدل على التسخين .



الشكل 1-6 : رموز المبادلات الحرارية

1-2-5 رموز أبراج التبريد (Cooling Towers Symbols)

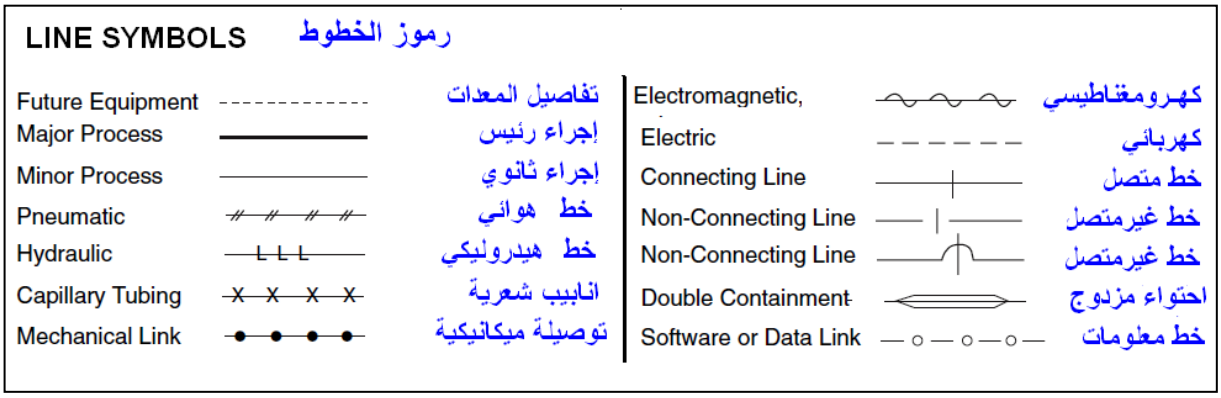
من المعدات الصناعية المستعملة في الخطوط الإنتاجية لنقل الطاقة الحرارية بين عملية تدفق والهواء الخارجي (كوظيفة المبادلات الحرارية) باستعمالها مبدأ التبخير، إذ يبين الشكل (1-7) الرموزالقياسية لأنواع مختلفة من أبراج التبريد ، إنّ الرمز لبرج التبريد يشابه الجهاز الفعلي في الإجراء ، إذ يتدفّق المنتج المبرّد خارج قاع البرج ومن ثم الى وحدات التشغيل ، بعدها يعود الماء الحار إلى نقطة محددة في مكان فوق فتحة الملء ، لكن الرمز لايوضح كلّ المكوّنات المختلفة لنظام برج التبريد ،لكنّه يبين للتقني أسس جيدة في عملية التبريد الحاصلة في البرج وبشكل واضح .



الشكل 1-7 : رموز أبراج التبريد

1-2-6 رموز الخطوط الناقلة (Lines symbols)

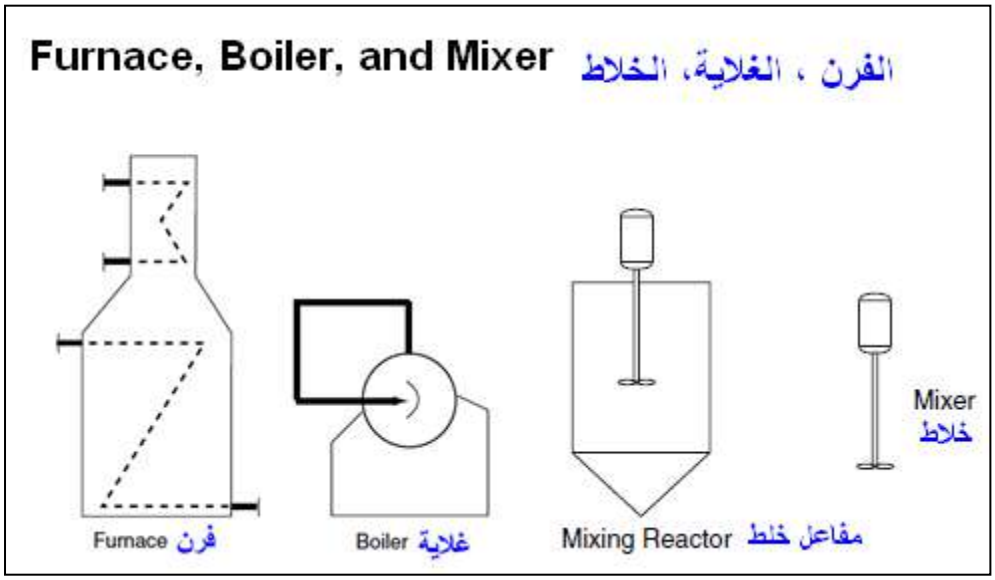
يبين الشكل (1-8) الرموز القياسية لأنواع مختلفة من الخطوط الناقلة، فضلاً عن التوصيلات الكهربائية وخطوط نقل المعلومات في أنظمة السيطرة على الوحدات الصناعية، وعادة تنتهي تلك الخطوط برؤوس أسهم لتدل على اتجاه الإجراء، وكذلك تحديد نقطة اتصال الخط الناقل مع المعدة الصناعية.



الشكل 1-8 : رموز الخطوط الناقلة للموائع أو لإشارات السيطرة

1-2-7 رموز الفرن والغلاية (Furnace and Boiler Symbols)

يبين الشكل (1-9) الرموز القياسية للفرن والغلاّية والفتحات التي تدخل فيها المادة المتدفقة، فضلاً عن تمثيل الخلاط بالرموز، علماً أن المصمم يمكن أن يغيّر من الشكل حسب تصميم الأجهزة الفعلية.

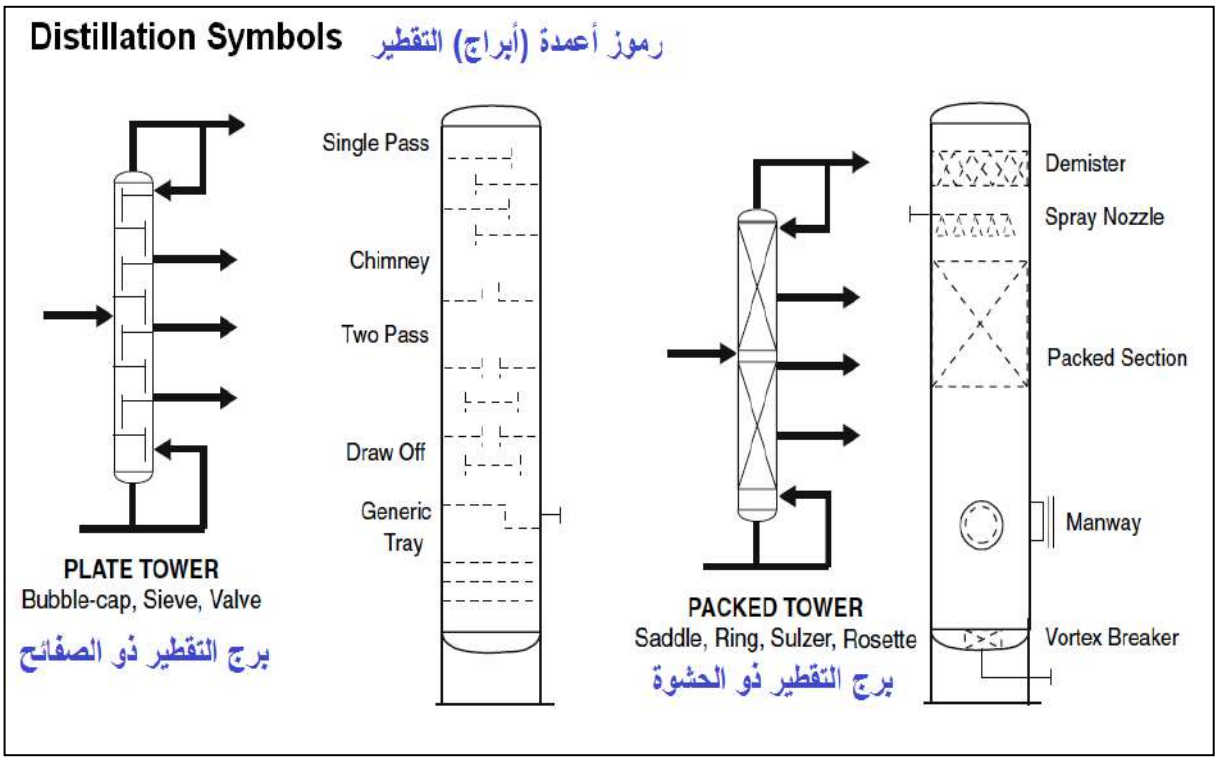


الشكل 1-9 : رموز الفرن، الغلاّية، والخلاط

1-2-8 رموز أعمدة التقطير (Distillation Columns Symbols)

التقطير: هو عملية فصل المكوّنات المختلفة لخليط بالإستناد الى الإختلاف في درجات غليان هذه المكونات، وتكون أعمدة التقطيرفي تصميمين رئيسين ، النوع الأول : أعمدة التقطير ذات الصفائح (Plate Type) والنوع الثاني: أعمدة التقطير ذات الحشوة (Packed Type)، ويبين رمز أبراج

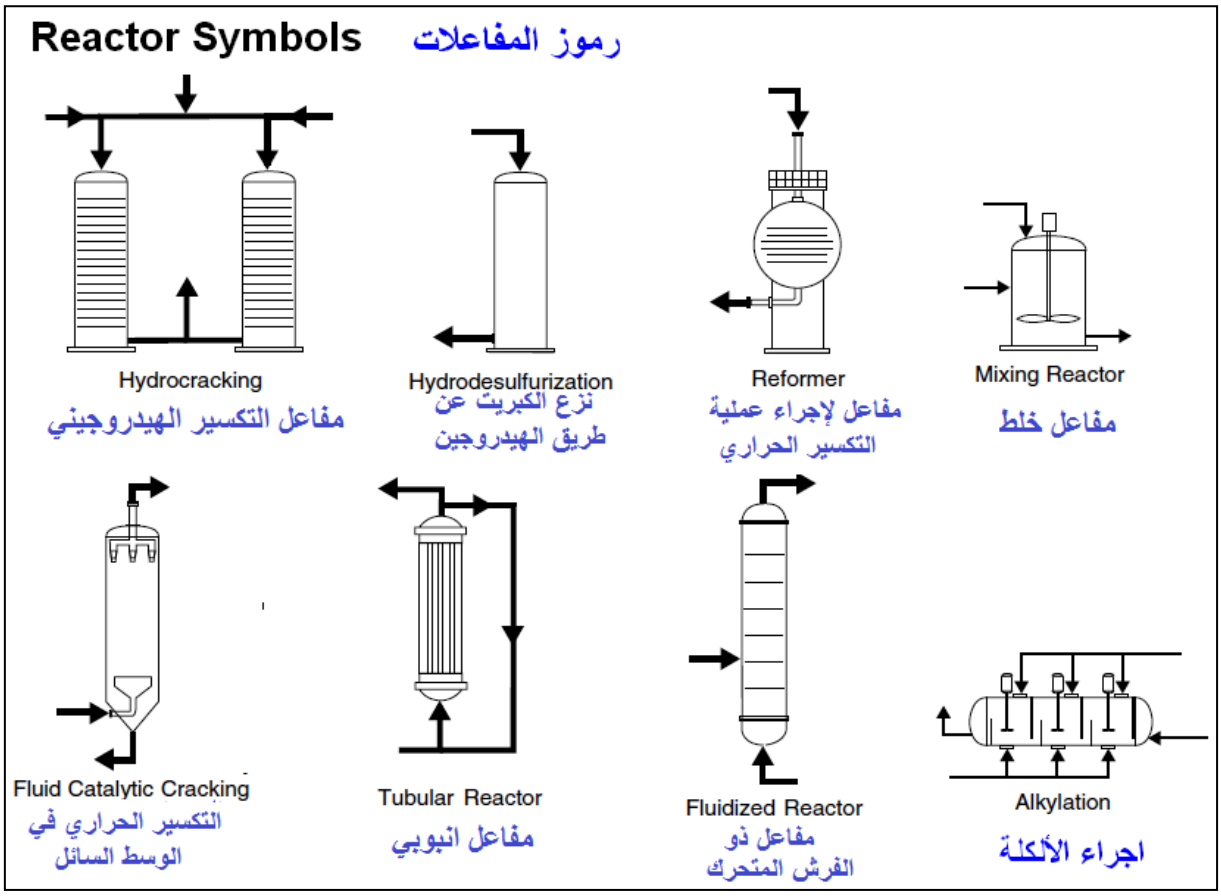
أو أعمدة التقطير نموذجاً للمكونات الرئيسة،في حين تكون الأجهزة الفعلية أعقد بكثير من الرمز المبين ، ويوضح الشكل (1--10) رموز أبراج التقطير.



الشكل 1-10 : رموز أبراج التقطير

9-2-1 رموز المفاعلات (Reactors Symbols)

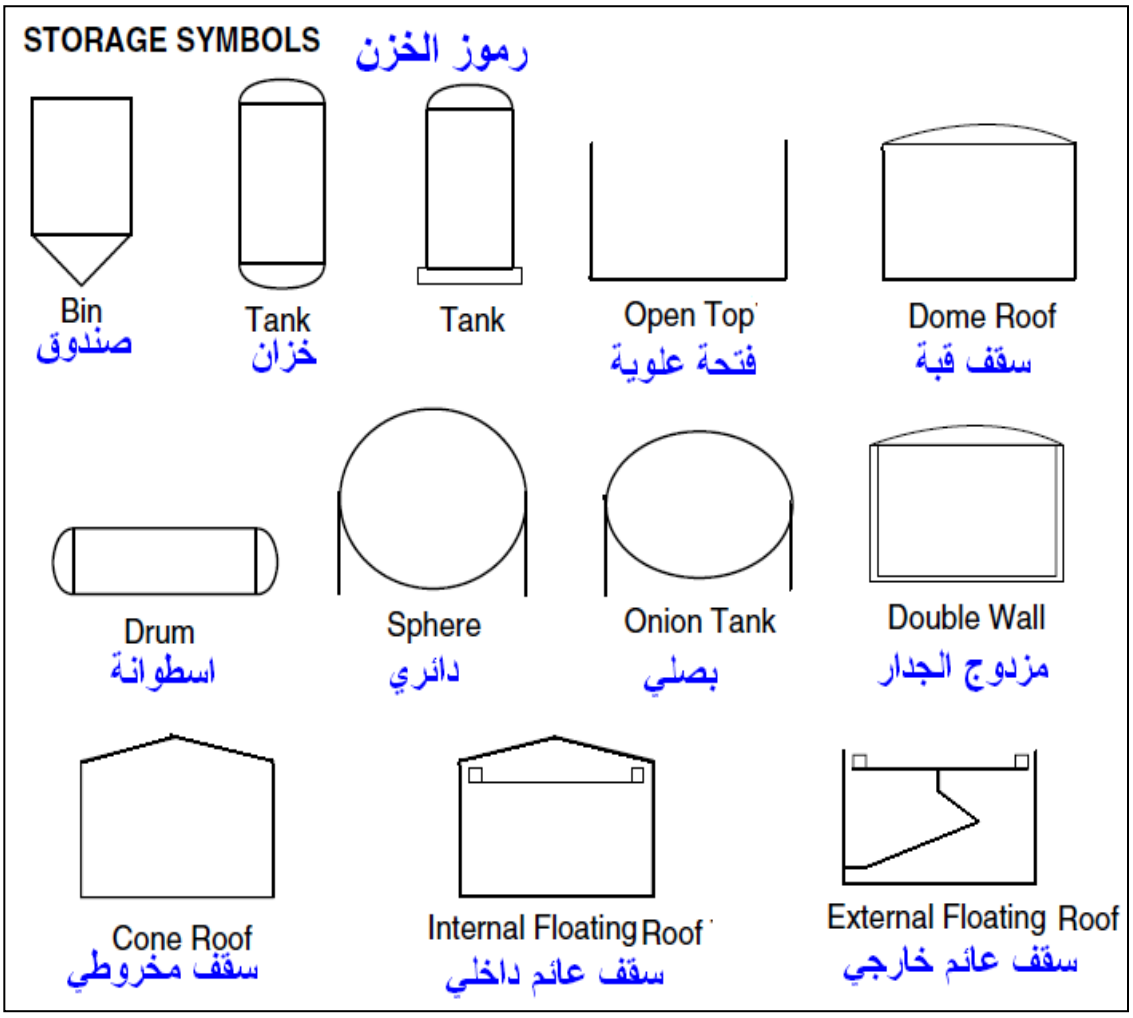
يبين الشكل (1-11) بعضاً من الرموز القياسية للمفاعلات التي تكون على شكل حاويات أو أوعية متعددة الأنابيب ، وتصنّف المفاعلات الى مفاعلات الدفعة (Batch) ، مفاعلات نصف الدفعة (Semi batch)،أوالمفاعلات المستمرة(Continuous) ، والغرض الرئيس من استعمال المفاعلات هو إنجاز التفاعلات الكيماوية بالشكل الأمثل من أجل الحصول على منتجات بالمواصفات المطلوبة.



الشكل 1-11 : رموز المفاعلات

1-2-10 رموز الخزانات (Storage Symbols)

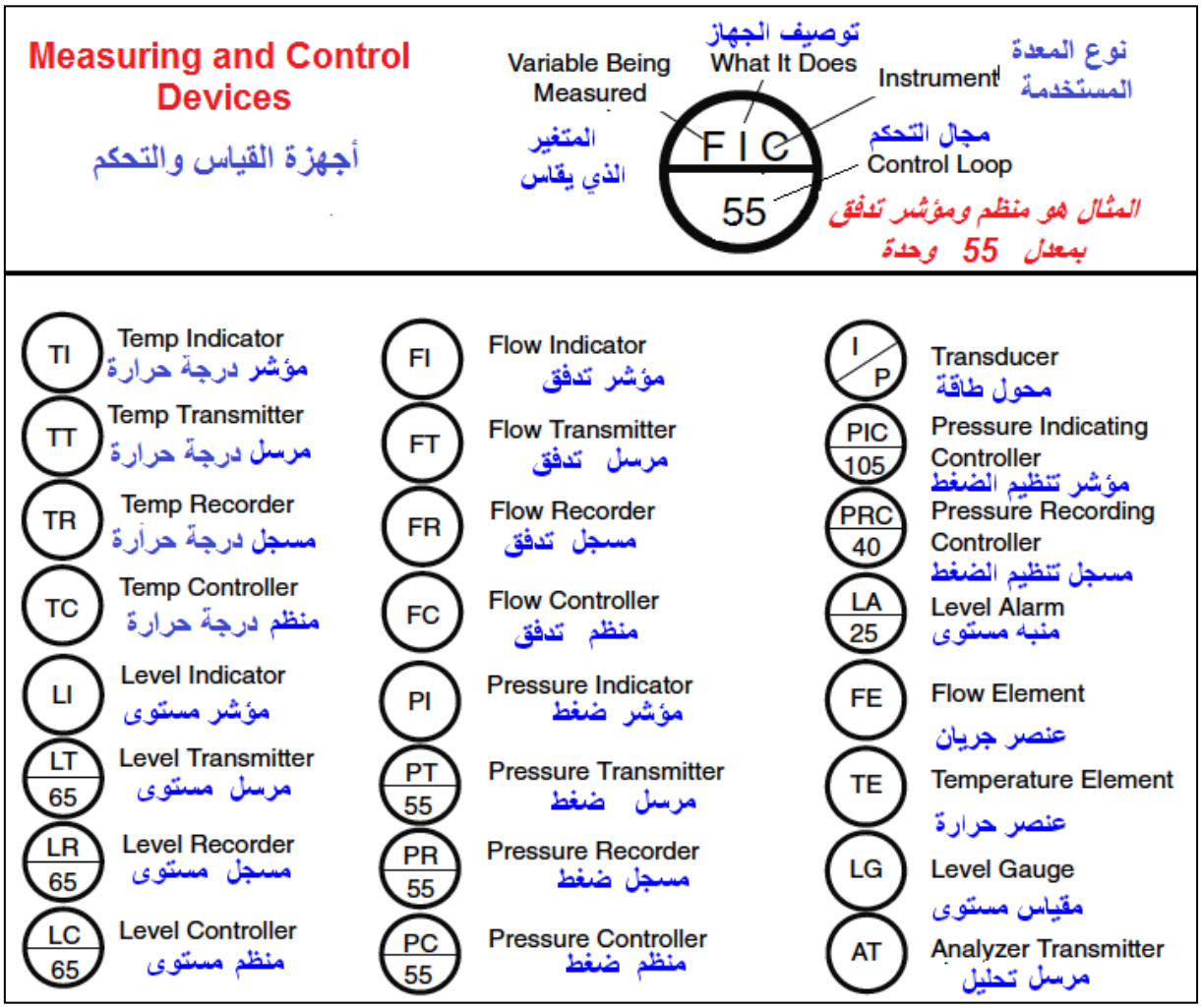
تستعمل الخزانات في المعامل لتجهيز المواد الأولية وخزن المنتج وتختلف رموز الخزانات تبعاً لنوع استعمالها، ويبين الشكل (1-12) أنواع الرموز القياسية للخزانات المستعملة في مخططات عمليات التدفق.



الشكل 1-12 : رموز الحاويات المستعملة في الخزن

11-2-1 رموز أجهزة القياس والتحكم Measuring and Control Devices Symbols

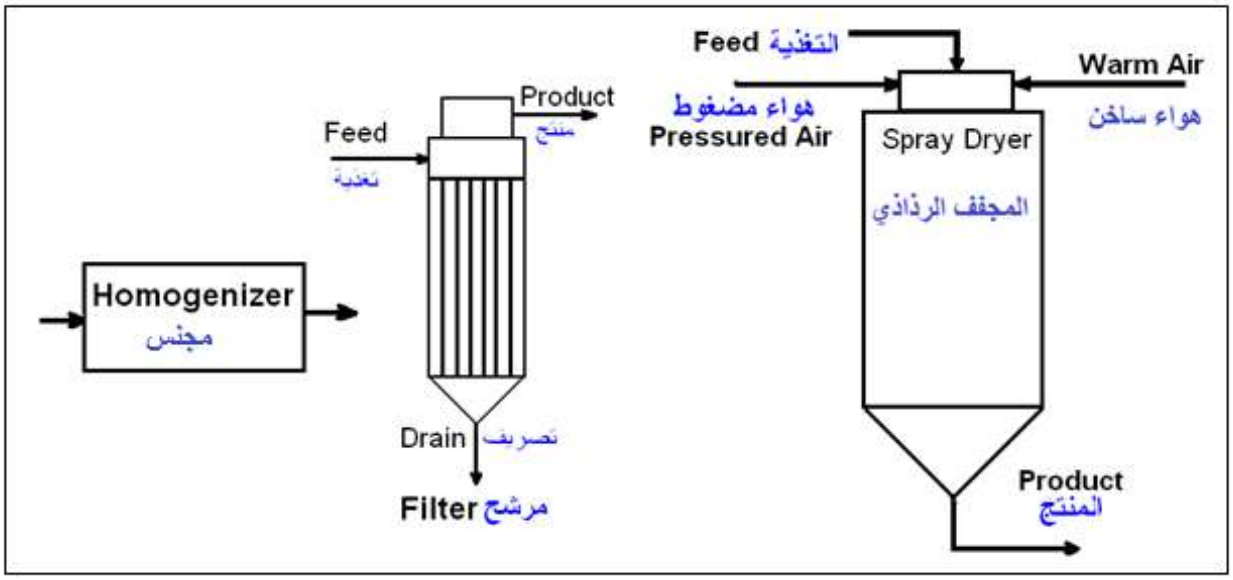
بغرض السيطرة على عمليات التدفق تتضمن المخططات التفصيلية للعمليات الصناعية بعضاً من رموز أجهزة القياس والاستشعار والسيطرة، والتي تكون على شكل دائرة تكتب داخلها مختصرات لنوع القياس وأداته (الحروف الأولى)، ويبين الشكل (1-13) الرموز القياسية لتلك الأجهزة ومعاني الحروف الدالة عليها.



الشكل 1- 13 : رموز أجهزة القياس والاجراءات الصناعية

12-2-1 رموز الأجهزة الصناعية (Industrial Equipment Symbols)

تحتوي المعامل والمصانع أجهزة متنوعة تتلاءم وطبيعة العملية التصنيعية، ويقوم المصممون باستعمال رموز الأجهزة بالشكل الذي يوحي الى طبيعة استعمالها وجعلها الجزء الرئيس للمخططات الهندسية فضلاً عن كتابة أسمائها على تلك المخططات، ومن تلك الأجهزة على سبيل المثال مجفف النثر الرذاذي، المجنس ، أجهزة التعبئة والتغليف، المرشحات، وعمود التقطير، الشكل (1-14).



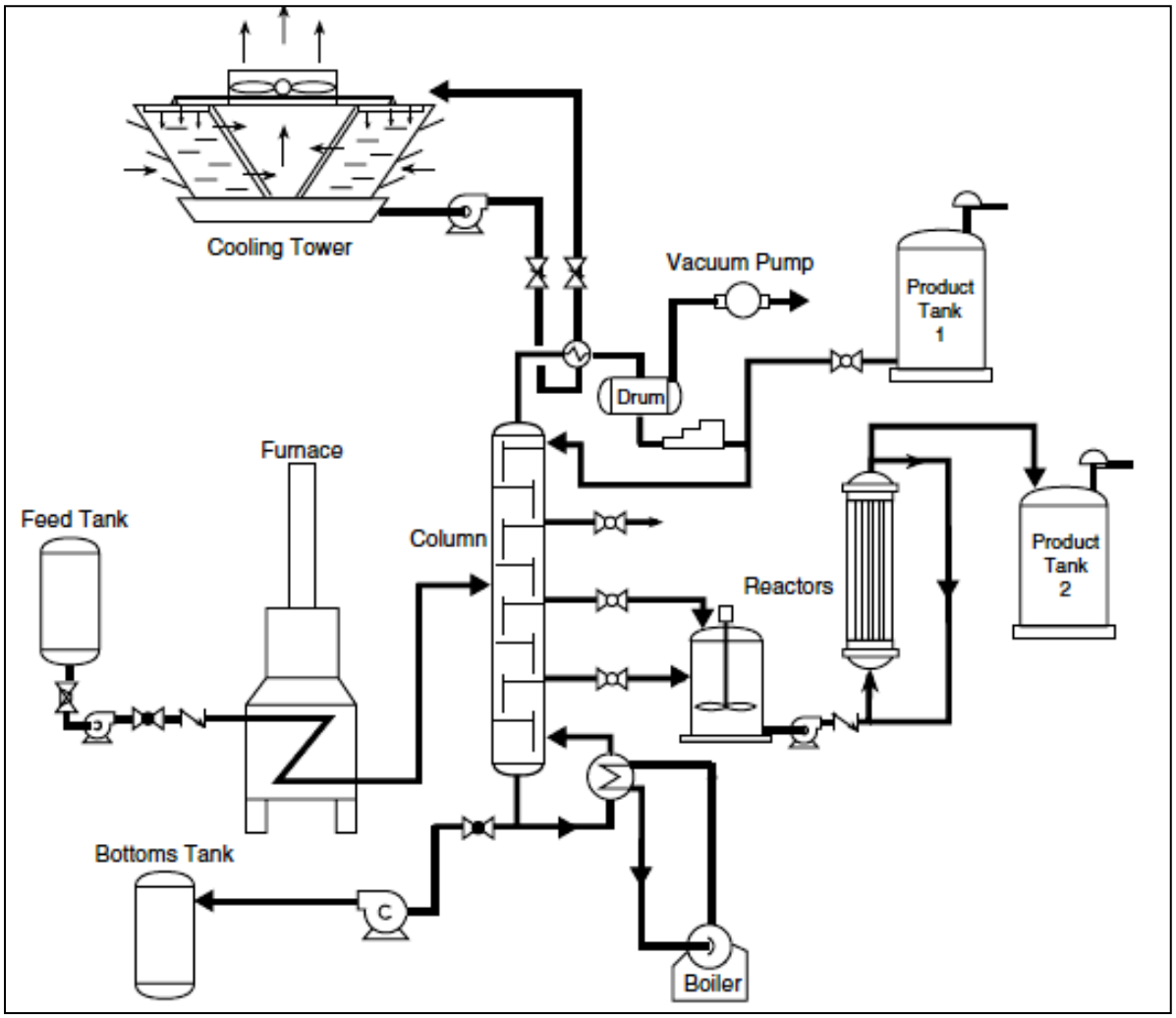
الشكل 1-14 : بعض رموز المعدات الصناعية

3-1 استعمال الرموز في رسم مخططات التدفق

لغرض استعمال تلك الرموز في التعبير عن عملية صناعية معينة يتم الربط بين تلك المعدات بوساطة خطوط مستقيمة (أفقية وعمودية) تنتهي بأسهم نظامية الشكل وتكون الخطوط ذات سمك ثابت يتناسب مع سمك الخطوط التي رُسمت بها رموز المعدات، فضلاً عن استعمال الألوان المختلفة لتلك الخطوط، ويبين الشكل (1-15) مثالاً لأحدى العمليات الصناعية، ويمكن كتابة بعض أسماء الأجهزة والمعدات أو ترميزها عن طريق حروف كمختصرات لزيادة التوضيح، الجدول (1-1) ، وتقوم المؤسسات الإنتاجية برسم تلك المخططات لاغراض التدريب أو الترويج لمنتجاتها.

الجدول 1-1 : بعض المختصرات لأسماء الأجهزة المستعملة في المخططات الصناعية.

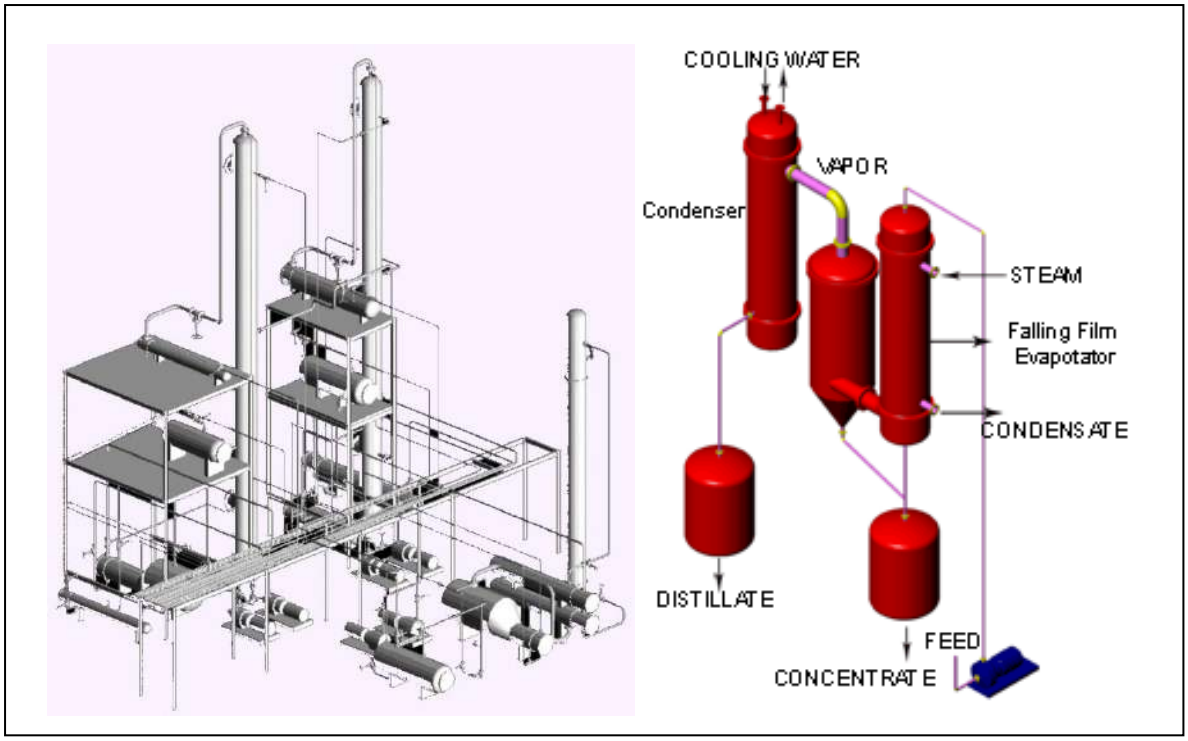
الرموز البادئة والمختصرات	دلالة المختصر		الرموز البادئة والمختصرات	دلالة المختصر	
CW	cooling water	ماء تبريد	UT	utilities	ملحقات
MU	makeup	تركيبة	CA	chemical addition	اضافة كيماوية
FW	feed water	ماء التغذية	IA	instrument air	هواء بطريقة آلية
SE	sewer	تصريف	D	drum	اسطوانة
RX	reactor	مفاعل	C	column	عمود
CT	cooling tower	برج تبريد	F	furnace	فرن
TK	tank	خزان	P	pump	مضخة
EX	exchanger	مبادل	V	valve	صمام



الشكل 1-15 : مخطط عمليات التدفق (PFD) لإحدى العمليات الصناعية

ولكي تكون المخططات متكاملة تضاف أرقاماً مع الحروف والمختصرات في حالة وجود أكثر من معدة متشابهة في الأداء، فضلاً عن ترقيم الخطوط الواصلة بين المعدات ووضع جدول يحتوي على مفاتيح لتلك الحروف أو الأرقام مع كميات تدفق ودرجة الحرارة والضغط لكل خط .

وحديثاً تم اللجوء لرسم العمليات الإنتاجية باستعمال برامج الرسم المعان بالحاسوب (CAD) وذلك برسم صور ثلاثية الأبعاد 3-D لتوصيف الخطوط الإنتاجية وتبيان تدفق ومسار المواد المصنعة، الشكل (1-16).



الشكل 1-16 : رسوم ثلاثية الأبعاد لعملية إنتاجية في المصنع

4-1 أسئلة وتمارين الفصل الأول

1-4-1 عدّد أنواع المخططات المستعملة في العمليات الصناعية، واذكر ما تشمله وما لا تشمله تلك المخططات.

2-4-1 ارسم بمقياس رسم مناسب رموز الصمامات الآتية:- صمام بابي، صمام كروي، صمام ذي حاجز، صمام تنفيس، صمام ثلاثة طرق.

3-4-1 ارسم بمقياس رسم مناسب رموز الضواغط الآتية:- ضاغط مركزي ضاغط مركزي يدار عن طريق توربين، ضاغط لولبي دوار، ضاغط ترددي، مضخة مركزية، مضخة تفريغ، مضخة عمودية.

4-4-1 ارسم بمقياس رسم مناسب رموز المبادلات الحرارية الآتية:- مبادل حراري (أربعة منافذ)، مسخن، مكثف، مبادل أنبوبي مزدوج.

5-4-1 ارسم بمقياس رسم مناسب الرموز الآتية:- فرن، غلاّية، مفاعل خلط، برج تقطير صفائحي، خزان بفتحة علوية، خزان دائري، خزان ذي سقف عائم خارجي.

6-4-1 ارسم بمقياس رسم مناسب رموز أجهزة القياس الآتية:- مؤشر درجة الحرارة، منظم درجة الحرارة، مؤشر مستوى، منبه مستوى، منظم ضغط، مؤشر تنظيم الضغط.

الفصل الثاني

وصف مخططات العمليات الإنتاجية

Description of Production Processes Diagrams

اهداف الفصل الثاني

بعد إنهاء الفصل الثاني يكون الطالب قادرا على أن:-

- **يميز بين أنواع المبخرات وطريقة عملها ورموزها.**
- **يرسم مخطط عملية التبخير عن طريق المبخر ذي التدوير القسري.**
- **يرسم مخطط عملية التبخير عن طريق المبخر ذي الغشاء الساقط الأنبوبي .**
- **يميز بين أنواع المجففات وطريقة عملها ورموزها.**
- **يرسم مخطط انسيابي بالرموز لدورات المجفف الرذاذ.**
- **يرسم مخطط عملية تجفيف الحليب باستعمال المجفف الرذاذ.**
- **يرسم مخطط عملية تجفيف سوائل التنظيف.**
- **يرسم مخطط عملية إعداد معجون الطماطم.**
- **يميز مراحل إنتاج مثلجات القشدة (الآيس كريم).**
- **يرسم مخطط عملية انتاج مثلجات القشدة.**
- **يرسم مخطط عملية استخلاص السكر.**
- **يرسم مخطط عملية تنقية الزيوت النباتية الخام وعملية الهدرجة.**
- **يرسم عملية التقطير الجزئي .**

تمهيد

يتضمن هذا الفصل بعضاً من المخططات المستعملة لتوصيف عمليات إنتاج بعض المواد الغذائية مثل إنتاج الحليب المجفف والمركز ومخططات لبعض الأجهزة كالمبخرات المستعملة في المعامل مع توصيف لعمليات تجفيف المواد الغذائية وصناعة معجون الطماطم والسكر والزيوت النباتية، مع عملية التقطير.

1-2 إنتاج الحليب المجفف (مسحوق الحليب)(Milk Powder Manufacturing)

إن تحويل المنتج السائل الى مسحوق (Powder) يتطلب إزالة كل جزيئات الماء بكمية تتجاوز عادة وزن مسحوق المنتج النهائي، ويمر المنتج بعدة مراحل إنتاجية تتغير فيها صفاته الفيزيائية والظاهرية ابتداءً من القوام المائي الخفيف وصولاً الى المسحوق الجاف في نهاية الإجراءات، لذلك فلا يمكن أن يتخلص المنتج من الماء من خلال إجراء واحد فضلا عن ان الإجراءات تختلف بحسب نوع المادة الغذائية المنتجة.

في مصانع تجفيف الحليب تحدث العمليات الآتية:

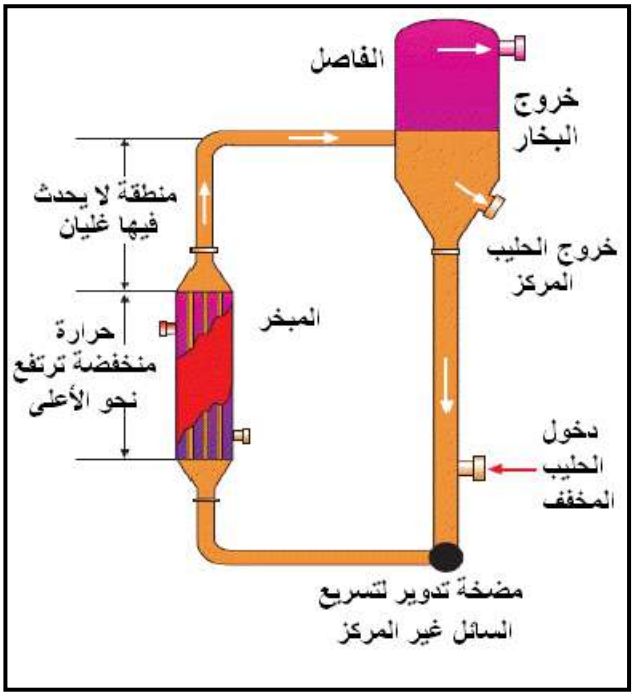
- **التبخير (Evaporation):** تركيز الحليب من القوام المائي الى القوام المركز (Concentrate)، وباستعمال عدة تصاميم من المبخرات.
- **التجفيف ألرذاذي(Spray Drying) :** تحويل الحليب المركز الى قطرات (Droplets) ثم تبخير الماء من تلك القطرات للحصول على المسحوق الحاوي على جزيئات جافة، وباستعمال المجفف ألرذاذي.
- **التجفيف برجرجة قعر السائل (Vibrating Fluid Bed Drying):** أدخلت تلك العملية لما بعد التجفيف والتبريد لكي تحقق كفاءة تجفيف وتحسين نوعية المسحوق.
- **التجفيف بالحزام المتكامل (Integrated Belt Drying) :** وضع مجفف ذي حزام متحرك في قاع حيز التجفيف للمنتج الصعب التجفيف عن طريق المجفف ألرذاذي التقليدي.

1-1-2 أنواع المبخرات

يوجد العديد من أنواع المبخرات تستخدم في تركيز المنتجات الغذائية السائلة ومن أشهر المبخرات المستعملة في مصانع الألبان ما يأتي:-

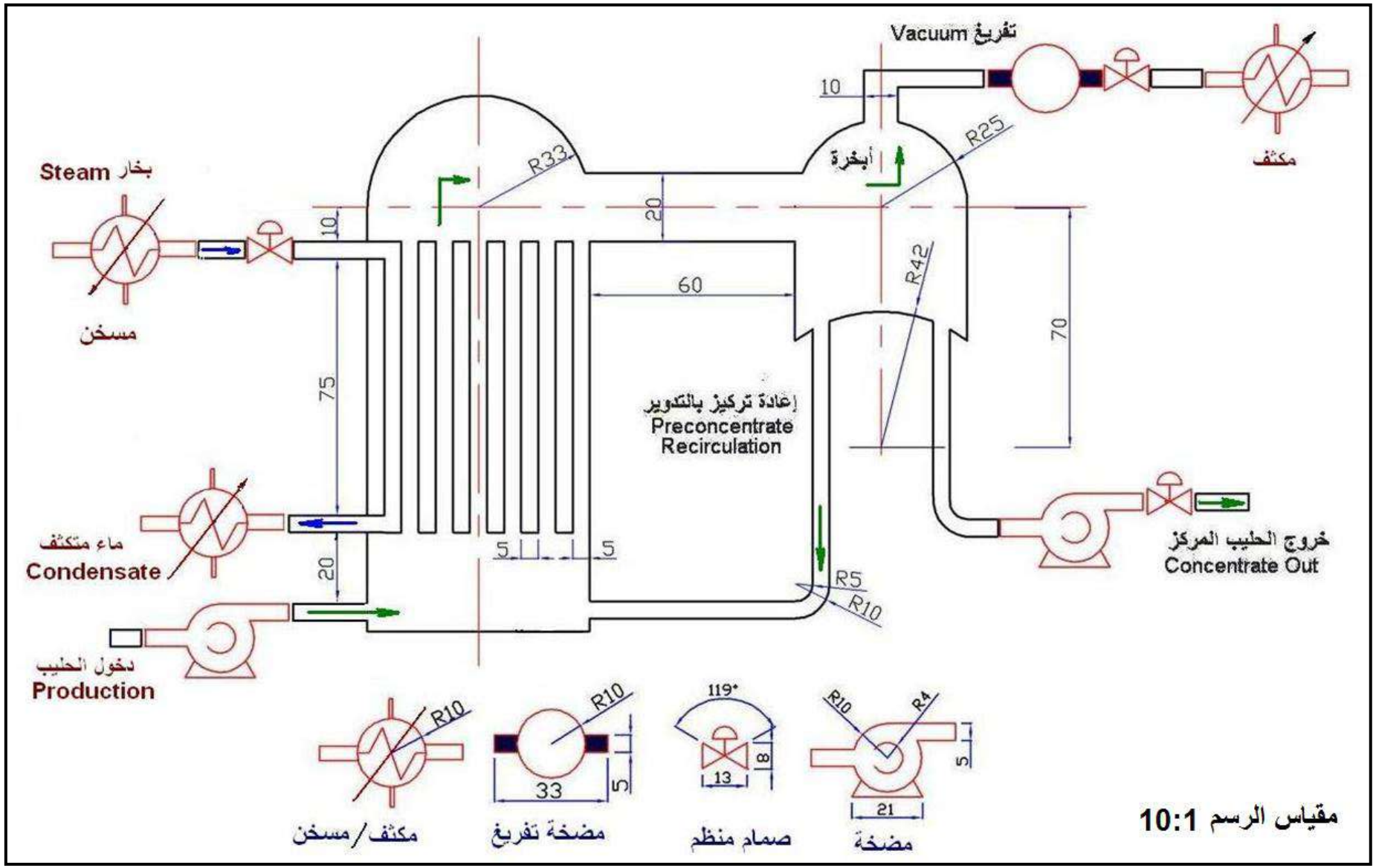
أ) المبخر ذي التدوير ألقسري (Forced Circulation Evaporator):

يضخ الحليب المراد تركيزه من فتحة أسفل وعاء التبخير المصنوع من الفولاذ غير القابل للصدأ ويمر الى الأعلى خلال أنابيب إذ يتم تسخينه إلي درجة الغليان عن طريق بخار ماء يمر خارج الأنابيب وبعد ذلك يمر الحليب الى فاصل حلزوني Cyclone separator إذ يتم فصل بخار الماء عن الحليب، ثم يمر البخار إلي مكثف أو وحدة تفريغ بينما يسقط الحليب المركز في قاع جهاز الفصل إذ يتم تدويره مرة أخرى بعملية إعادة التدوير Recirculation تبعا لدرجة التركيز المطلوبة أو خروجه من فتحة خروج المنتج المركز، وتستعمل مبخرات الدوران عندما يكون تركيز المنتج المطلوب منخفض ويعد مبخر الدوران من الوحدات التي تعمل على دفعات Batch unit غير مستمرة التشغيل، أما الحليب المركز فيتم سحبه من أسفل المبخر، ويبين الشكل (2-1) ذلك النوع من المبخرات وطريقة عمله.



الشكل 2-1 : طريقة عمل المبخر ذي التدوير ألقسري

ويبين الشكل (2-2) مخططاً لعملية التبخير عن طريق المبخر ذي التدوير العكسي ضمن مخطط العمليات بالرمو

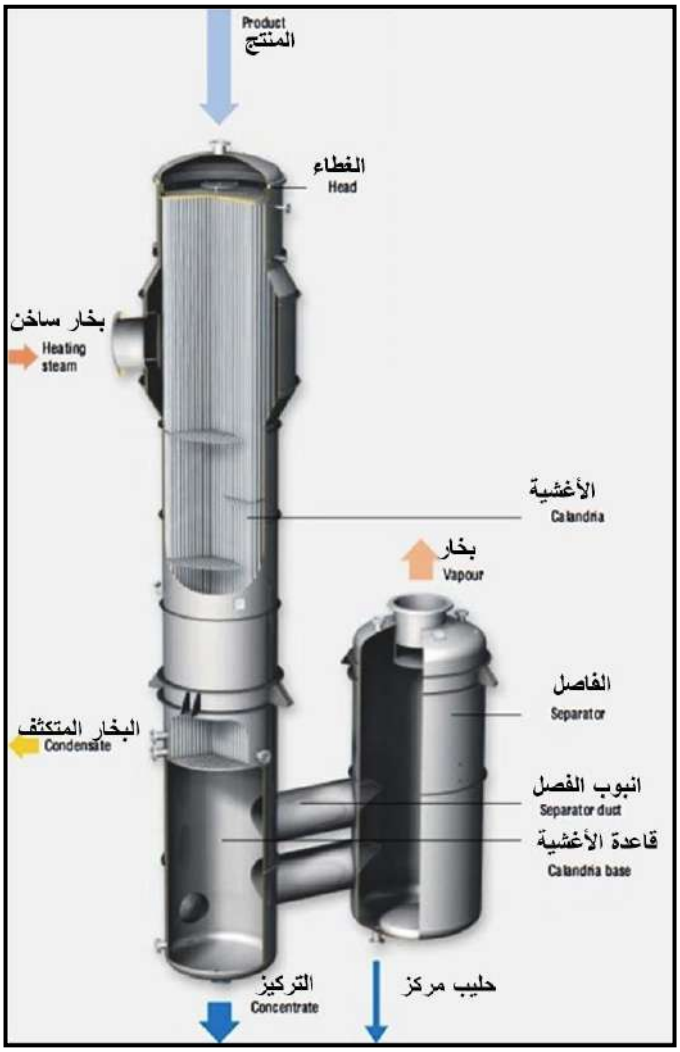


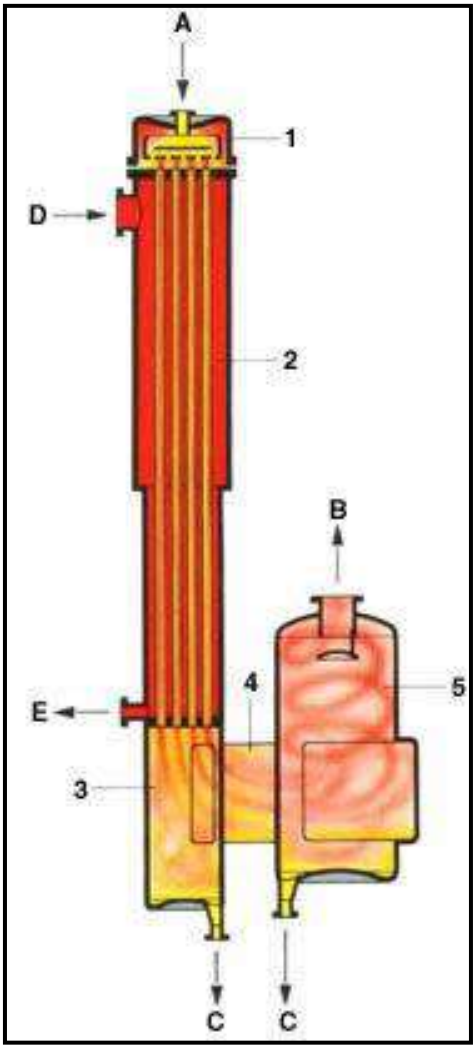
الشكل 2-2 : مخطط لعملية التبخير عن طريق المبخر ذي التدوير القسري

ب) المبخر ذي الغشاء الساقط الأنبوبي Falling Film Evaporator

التصميم: غلاف عمودي ومبادل حراري أنبوبي، مع فاصلة مركزية أو جانبية حلزونية.

طريقة العمل: يجهز السائل المطلوب تركيزه ليتم تسخينه في الأنابيب العليا، إذ يوزع منساباً للأسفل داخل أنابيب الغشاء الخفيف فترتفع درجة حرارته بالتماس مع حرارة البخار الخارجي ليتم تبخيره (تركيزه) جزئياً، وينزل بفعل الجاذبية، إذ يتم زيادة التركيز في الجزء الأسفل، وذلك بسبب التفريغ الحاصل (انخفاض الضغط) والذي يعمل على التقليل من درجة غليان السائل الى 40^{o}-50^{o} C مما يسرع في عملية التركيز،الشكل (2-3) يبين الأجزاء الداخلية للمبخر وطريقة مرور الحليب السائل داخل المبخر.

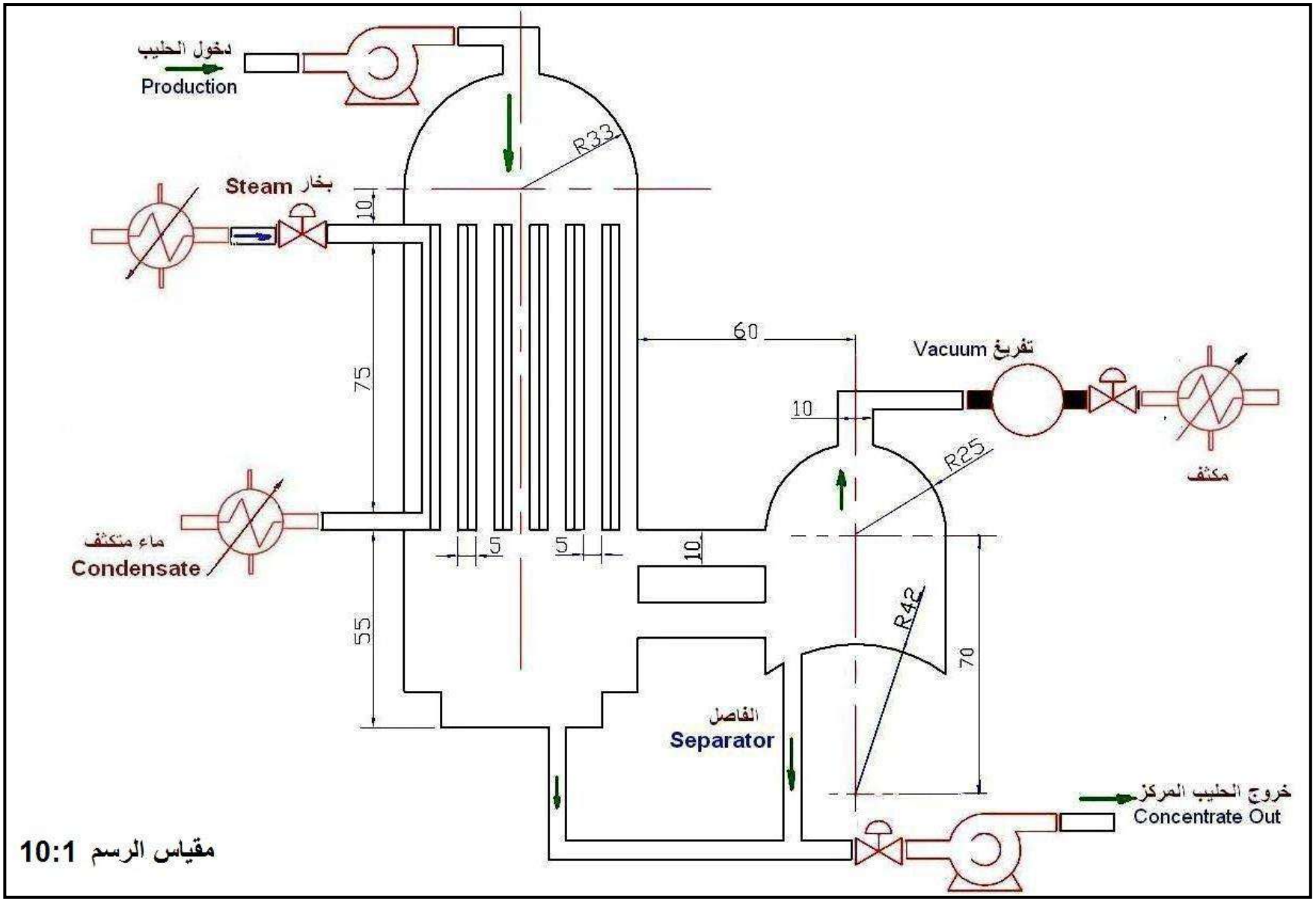




الشكل 2-3 : المبخر ذي الغشاء الساقط الأنبوبي

ويبين الشكل (في اليسار) المنتج السائل (A) يدخل المبخّر عادة من خلال قمة المبخر(1)، ومنه يوزّع بانتظام إلى الأنابيب المسخنة، ومن خلال الأغشية الخفيفة تتداخل الأنابيب المسخنة نزولاً الى الأسفل بدرجة حرارة الغليان ليجف الحليب جزئيا، وفي أكثر الحالات البخار(D) يستعمل لتسخين المبخر، المنتج والبخار كلاهما يتدفقان نزولاً بشكل متوازي بفعل الجاذبية ليعزل المنتج المركّز (C)،ويخرج بخاره من الفتحة (B) بعد مروره في الجزء الأسفل من المبخر الذي يعمل كمبادل حراري (3) والفاصل (5).

ويبين الشكل (2-4) مخططاً لعملية التبخير عن طريق المبخر ذي الغشاء الساقط الأنبوبي ضمن مخطط العمليات بالرموز.



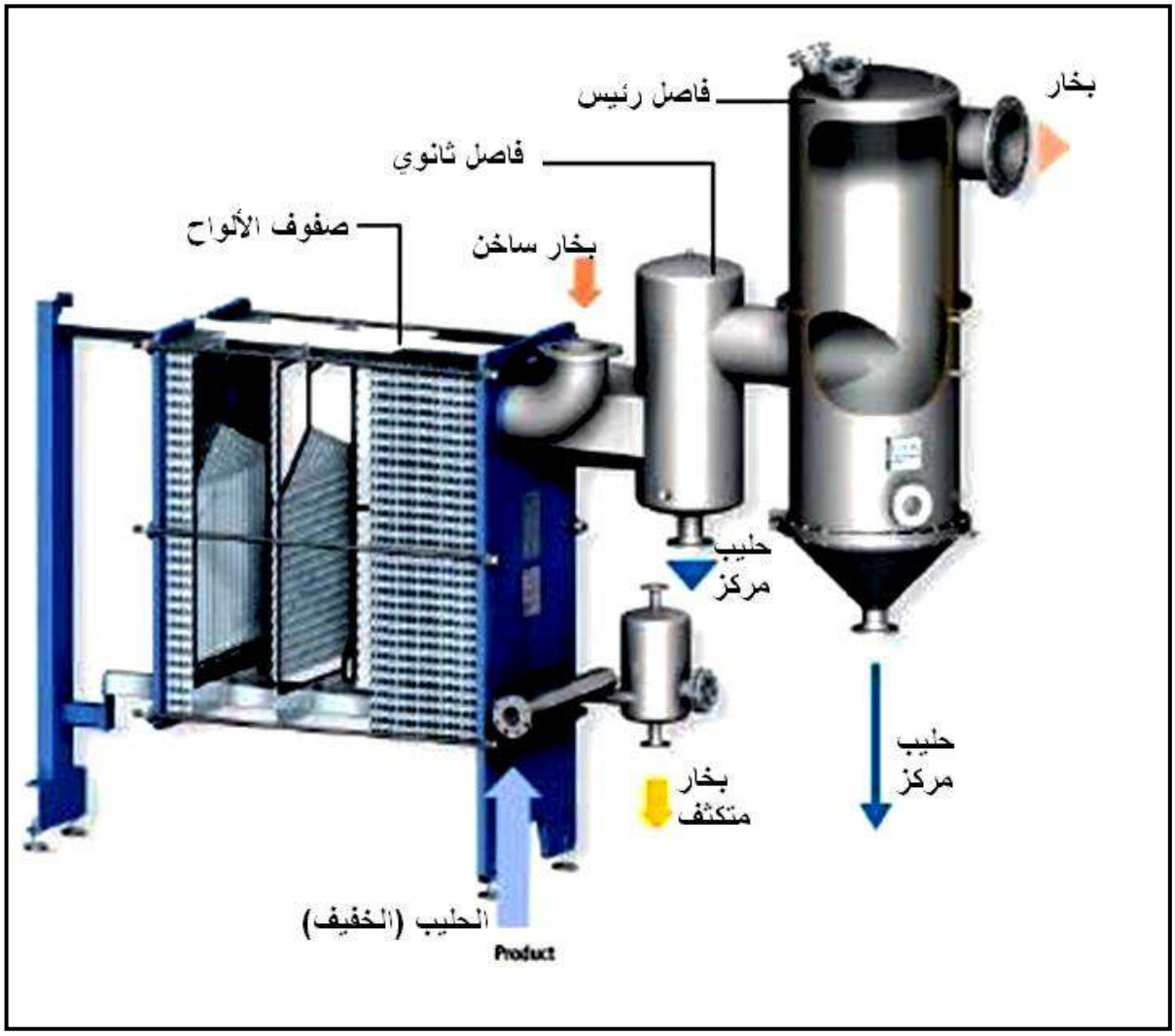
الشكل 2-4 : مخطط للمبخر ذو الغشاء الساقط الأنبوبي

ج) المبخر أللوحي (Plate Evaporator)

يتكون مبخر الغشاء أللوحي من سلسلة من الألواح المصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ كمبادل حراري لوحي - مثبتة في إطار يفصل بينها إطار مطاطي يسمح بوجود مسافات بينية صغيرة تسمح بمرور الحليب في جانب الألواح، ويمر بخار الماء في الجانب الاخر، يتنوع تصميم المبخرات بحيث يكون اتجاه المنتج في صورة غشاء رقيق إما هابطا (متساقط) أو صاعدا أو هابطا وصاعدا ويوضح الشكل (2-5) المبخر ضمن الخط الإنتاجي.

الشكل 2-5 : منظومة مبخر الغشاء أللوحي

ويبين الشكل (2-6) مخططاً ثلاثي الأبعاد يوضح مراحل وطريقة عمل المبخر ذي الغشاء أللوحي، إذ يسخن الحليب مبدئيا الى درجة حرارة ألواح المبخر في صورة غشاء رقيق عن طريق موزعات توجد بأعلى الألواح ويخرج الحليب المركز والبخار من فتحة أسفل الألواح متصلة بوحدة فصل البخار والتي تعمل على فصل البخار عن الحليب المركز وتتصل هذه الوحدة بوحدة تفريغ تعمل على خفض الضغط داخل المبخر مما تخفض من درجة غليان الحليب وفي الوقت نفسه يتم سحب بخار الماء الخارج من المبخر ليتم تكثيفه أو استعماله مرة أخرى في التسخين المبدئي للحليب او اللبن الداخل للمبخر.

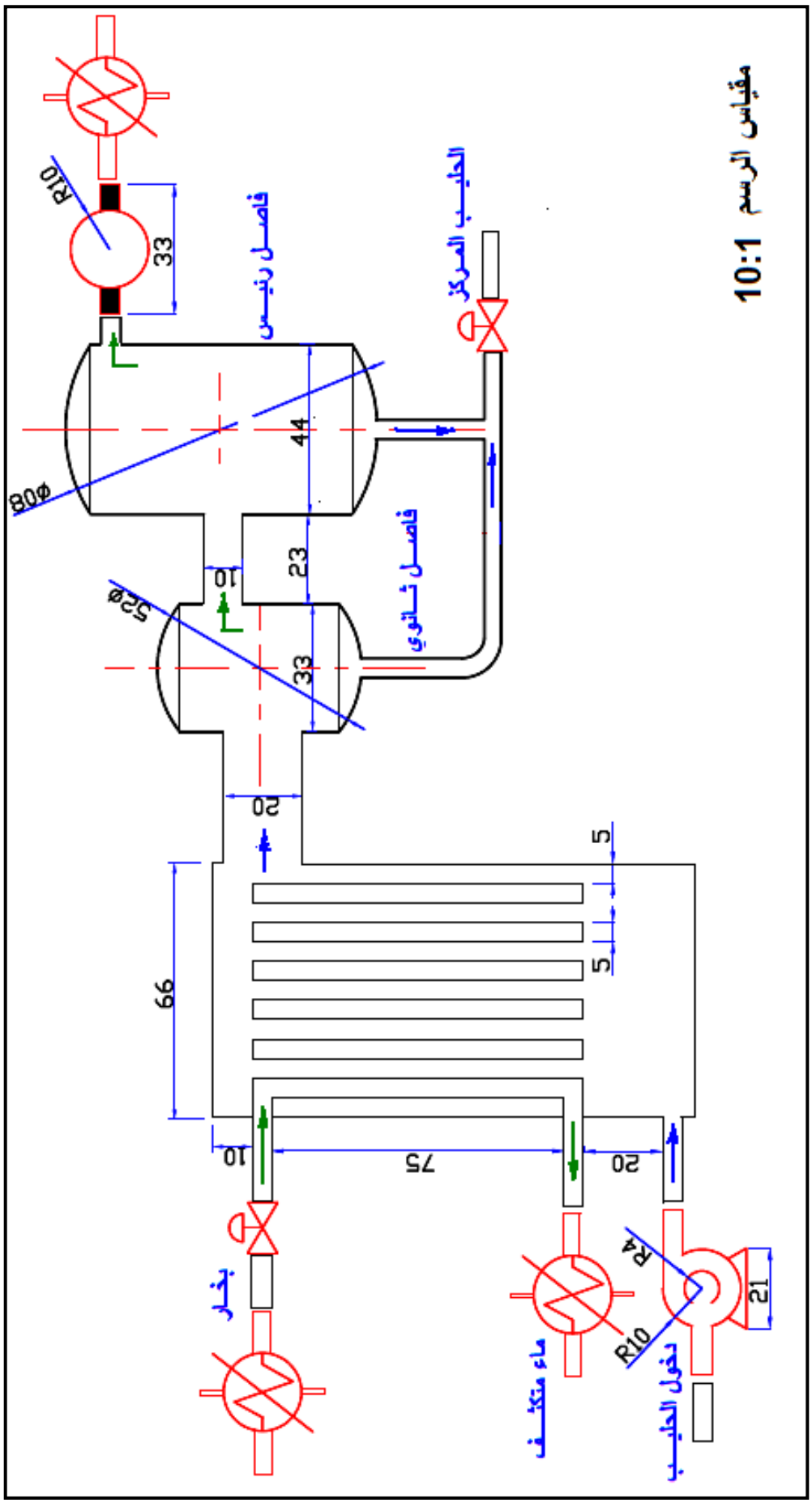


الشكل 2-6 : طريقة عمل المبخر ذي الغشاء أللوحي

يتميز مبخر الغشاء أللوحي بما يأتي:-

1- انخفاض مدة تعرض الحليب للحرارة مقارنة بأنواع المبخرات الأخرى .
2- مرونة التشغيل زيادة أو خفض القدرة الإنتاجية بزيادة أو خفض عدد ألواح التسخين .
3- سهولة التنظيف والتعقيم .
4- انخفاض تكاليف التركيب .

ويبين الشكل (2-7) مخططا لعملية التبخير عن طريق المبخر ذي الغشاء أللوحي .



الشكل 7-2 مخطط عملية التبخير باستخدام المبخر ذي الغشاء اللوحي

2-1-2 التجفيف Drying

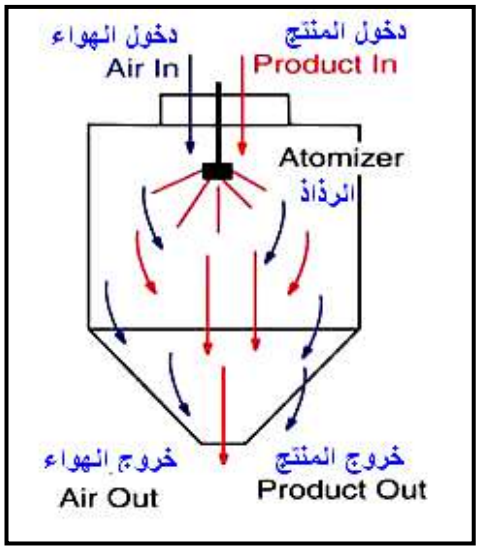
تقوم العديد من مصانع المواد الغذائية إلى جانب شركات الأسمدة والألبان، باستعمال هواء التجفيف في صناعة منتجاتها ، فمن الهام أن يحتوي هواء التجفيف على التركيبة الصحيحة وأن يكون نقياً للغاية في كل عملية ، وخصوصاً عند صناعة المواد الغذائية، ويبين الشكل (2-8) أبراج التجفيف المستعملة في الصناعات الغذائية.

الشكل 2-8 : المجفف ألرذاذي

أنواع المجفف ألرذاذي (Spray Dryer Types):-

1-مجفف التدفق المشترك Co-Current Flow Dryer

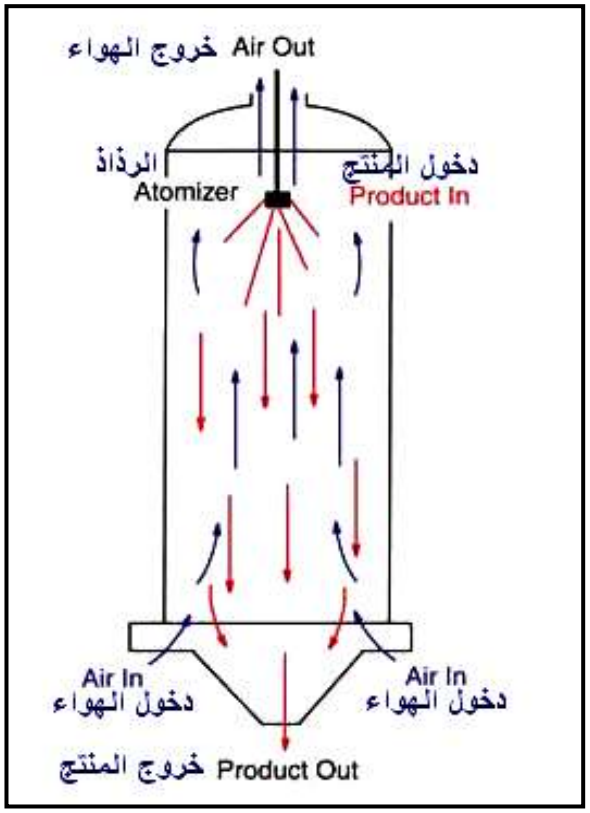
يبين الشكل (2-9) رمز وطريقة عمل المجفف المشترك،إذ يدخل الهواء الحار للمجفف في الاتجاه نفسه و يفضل هذا التصميم للمواد الحساسة للحرارة كمنتجات الألبان.



الشكل 2-9: المجفف ألرذاذي المشترك

2-مجفف التدفق المتعاكس Counter – Current Flow Dryer:

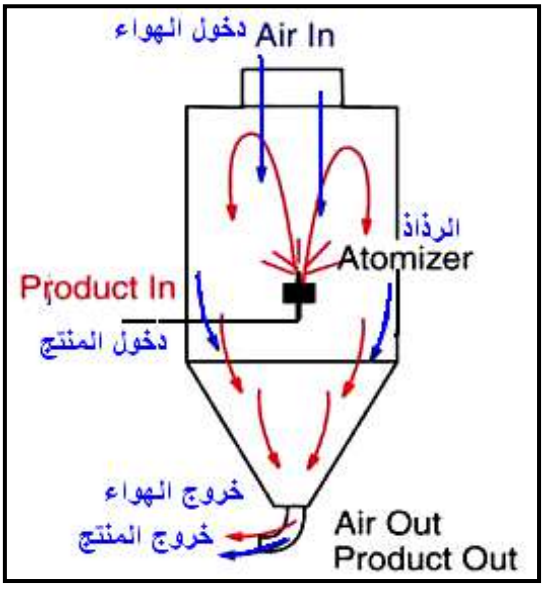
في هذا التصميم للمجفف الشكل (2-10) يدخل رذاذ السائل والهواء بطريقة متعاكسة، إذ يدخل السائل من البخاخ في قمة المجفف في حين يدخل الهواء من القاع مما يكون تياراً مضاداً يسرع عملية التبخير و تكون كفاءة هذا النوع اكثر من المجفف ألرذاذي المشترك، لكنه غير مناسب للمنتجات الحساسة للحرارة العالية مما يجعله مناسباً لتجفيف المنظفات عموماً.



الشكل 2-10: مجفف التدفق المتعاكس

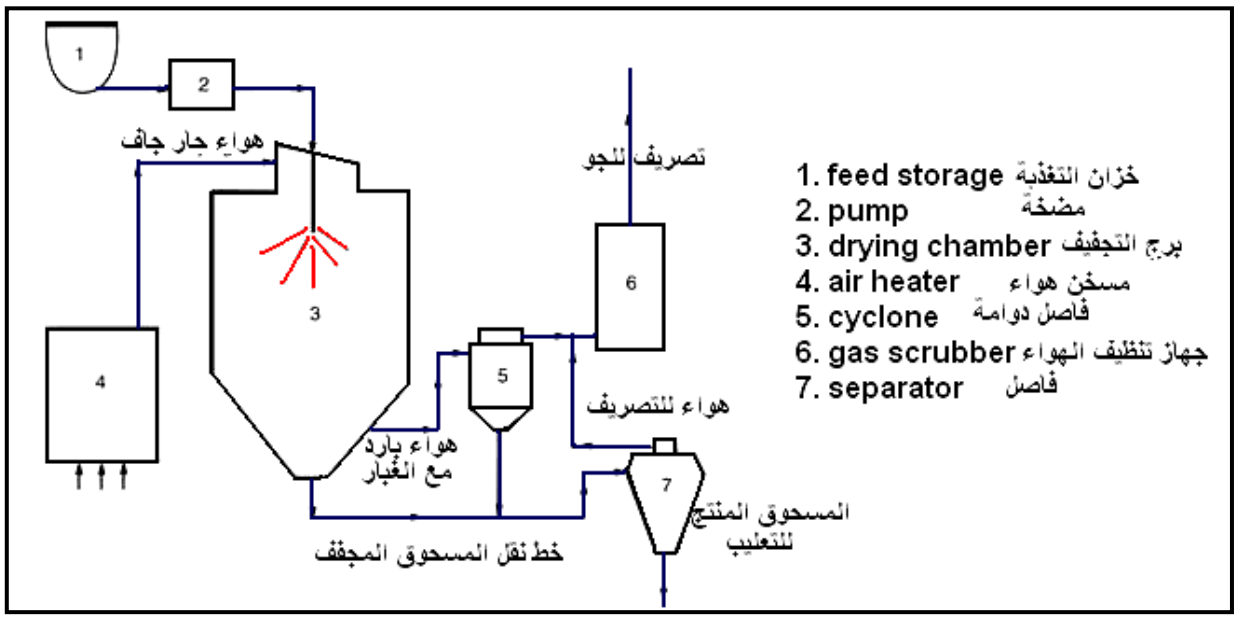
3- مجفف التدفق المختلط Mixed Flow Dryer:

مجففات هذا النوع ، الشكل (2-11) تدمج كلا النوعين (المشترك والمتعاكس) إذ يتدفق الهواء من قمة برج التجفيف في حين يقع البخاخ في القاع (تقريباً) ليواجه تيار الهواء الساخن النازل من الأعلى،مما يعرض جزيئات السائل للحرارة المفاجئة، لذا لايستعمل هذا التصميم للمواد الحساسة للحرارة.

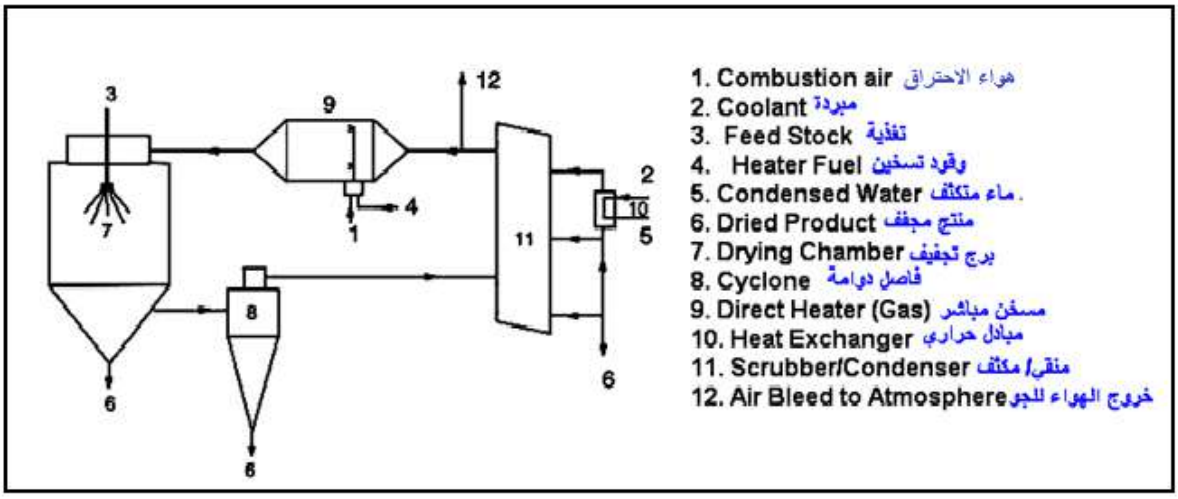


الشكل 2-11 : مجفف التدفق المختلط

تختلف طرائق ربط وتوصيل معدات التجفيف ويبين الشكل (2-12) مخططاً انسيابياً لأحد التطبيقات للمجفف ألرذاذي ذي التدفق المشترك، بدورة الهواء المفتوحة، والشكل (2-13) يبين مخططاً انسيابياً للدورة شبه المغلقة.

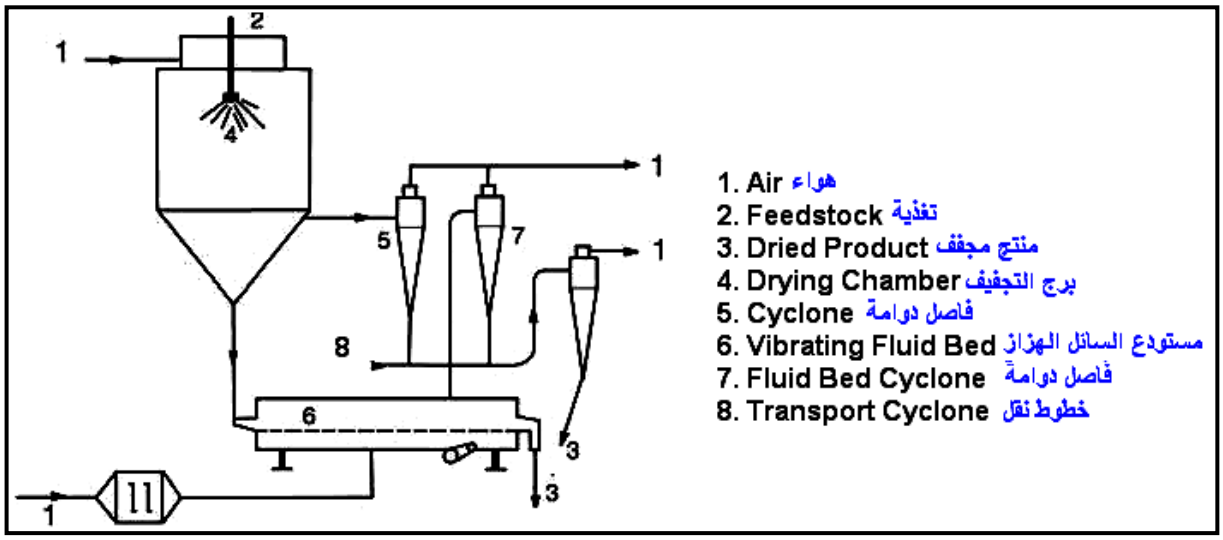


الشكل 2-12 : مخطط انسيابي لدورة المجفف ألرذاذي المفتوحة



الشكل 2-13 : مخطط انسيابي لدورة المجفف ألرذاذي شبه المغلقة

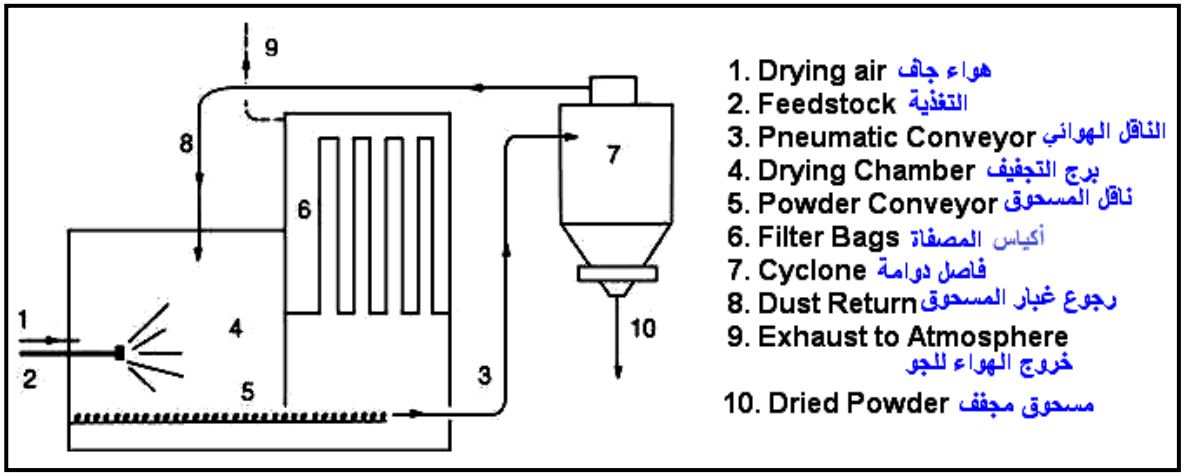
ويتم التجفيف بمرحلة واحدة - الأكثر شيوعاً، كما في المخططات السابقة - أو بعدة مراحل كما مبين بالشكل (2-14).



الشكل 2-14 : مخطط انسيابي لدورة تجفيف متعددة المراحل

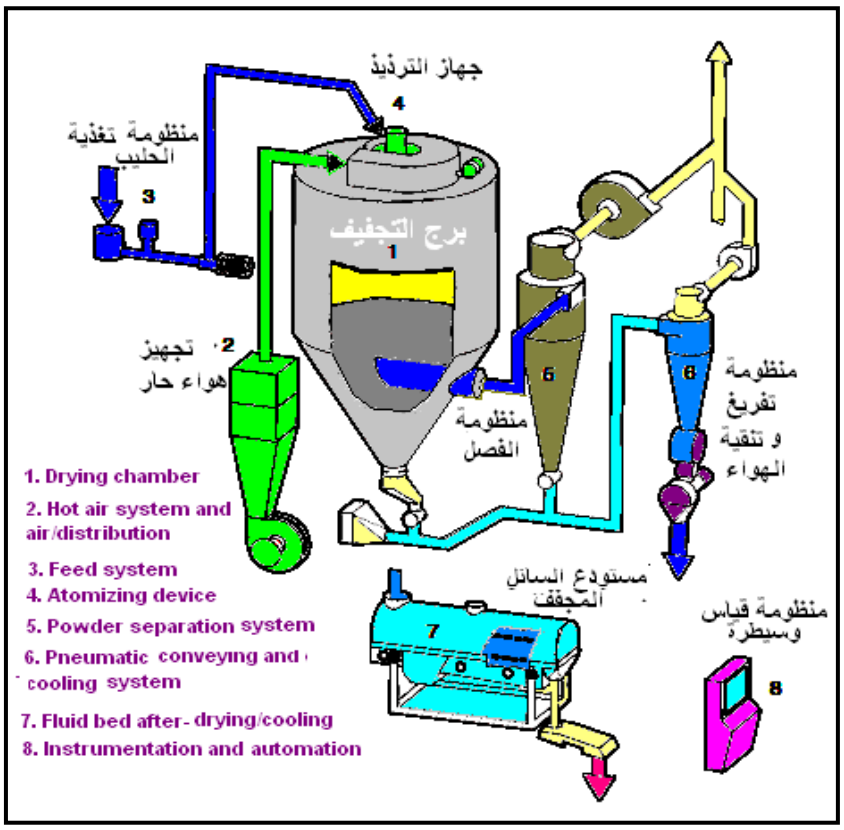
ويوجد تصميم آخر للمجفف ألرذاذي بحيث يكون بشكل أفقي (Horizontal Dryer)، الشكـــل (2-15)، إذ يكون المجفف بشكل صندوق مستطيل تكون قاعدته على شكل حرف (V) أو مسطح ، أمّا

الرذاذ فيكون أفقيا ، وتسقط الجزيئات المجفّفة إلى قاع الأرضية ، يتم نقلها عن طريق سلسلة ناقلة لمنطقة التجفيف ، وتكون تلك الأبراج عادة صغيرة الحجم ومحدودة الاستعمال .



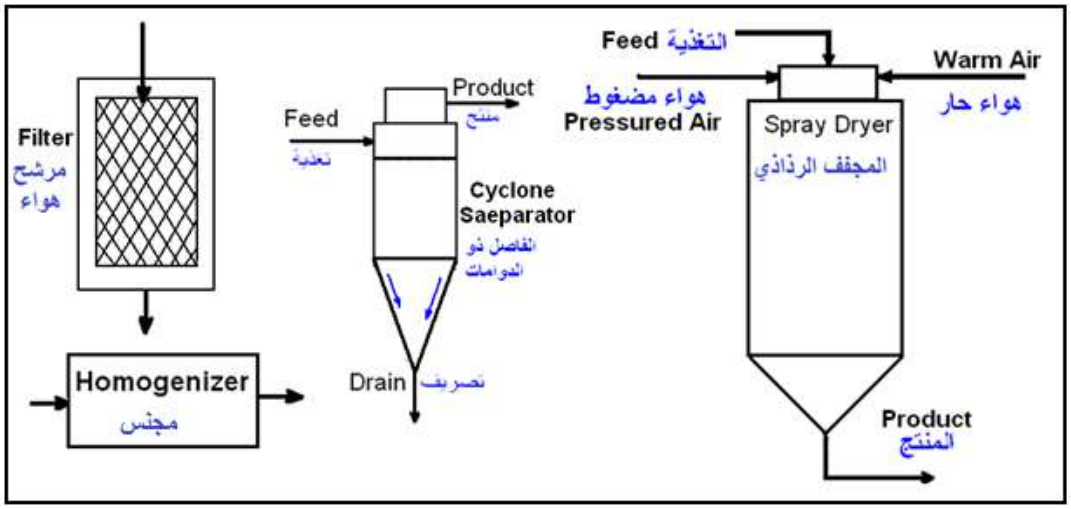
الشكل 2-15 : مخطط انسيابي لعملية التجفيف عن طريق المجفف الأفقي

تصنيع الحليب المجفف : هناك عدة طرق لتصنيع مسحوق (بودرة) الحليب ، ولكن أكثرها جودة واستعمالاً في الوقت الحالي هي طريقة التجفيف ألرذاذي **Spray Drying Process** ، إذ يتم تركيز الحليب بالتبخير قبل دخوله إلى برج التجفيف (50-60% مادة جافة) ، يرش الحليب المتكاثف عن طريق رشاش مثبت في أعلى البرج المخروطي على هيئة ضباب رقيق، في الوقت نفسه يوجه تيار هواء جاف وحار باتجاه قطرات الحليب المتطايرة ، تتلاقى قطرات الحليب مع الهواء الجاف فتتبادلا الحرارة و الرطوبة فتعطي قطرات الحليب الرطوبة للهواء الجاف والحار وتأخذ منه الحرارة ، مما يؤدي إلى تشكل مسحوق الحليب الذي يتساقط ليتجمع في أسفل المخروط، وتتم عملية سحب الهواء البارد الرطب الناتج عن طريق مراوح تفريغ ، الشكل (2-16) ، وهذه الطريقة أحادية التأثير، إلا أنه يوجد طرق أخرى ثنائية ومتعددة التأثير تهدف لادخال عمليات تجفيف إضافية في أسفل البرج المخروطي وذلك بغية خفض الطاقة المستعملة في البرج الرئيس وتحسين الأداء، يتم تنقية هواء التجفيف عن ما علق به من دقائق (غبار) المسحوق عن طريق الفاصل ذي الدوامة (**Cyclone Separator**) ومنقيات الهواء (**Air Filters**)، وأحياناً تستعمل تقنية الكهروستاتك لاستقطاب الذرات العالقة في الهواء.



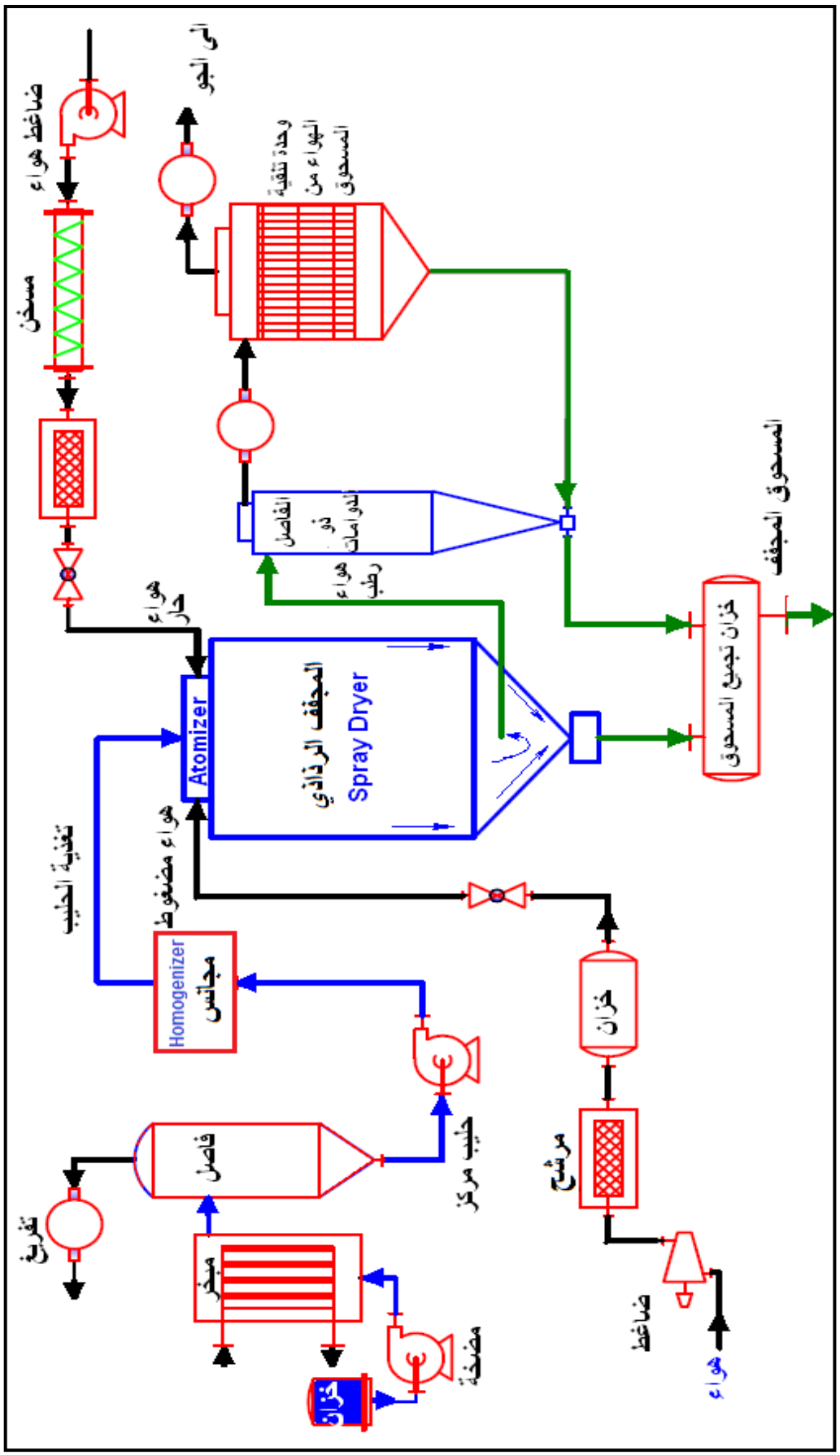
الشكل 2-16 : مخطط ثلاثي الأبعاد للمجفف ألرذاذي

تتضمن عمليات التجفيف بالمجفف ألرذاذي وحدة تركيز الحليب، تحويل الحليب الى قطرات بعملية التذرية (Atomization)، تجفيف في تيار هواء جاف، فصل حبيبات المسحوق عن الهواء الرطب، ثم تبريد وتغليف المنتج، ويبن الشكل (2-17) رموز معدات المجفف ألرذاذي المستعمل في العمليات الصناعية.



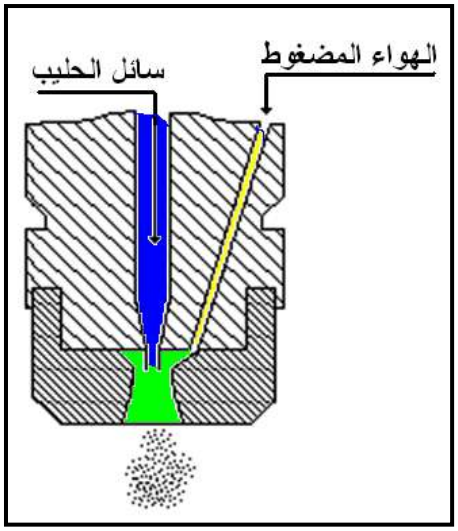
الشكل 2-17 : رموز المجفف ألرذاذي، المرشح، المجنس

ويبين الشكل (2-18) مخطط عملية تحويل الحليب الى مسحوق عن طريق المجفف ألرذاذي



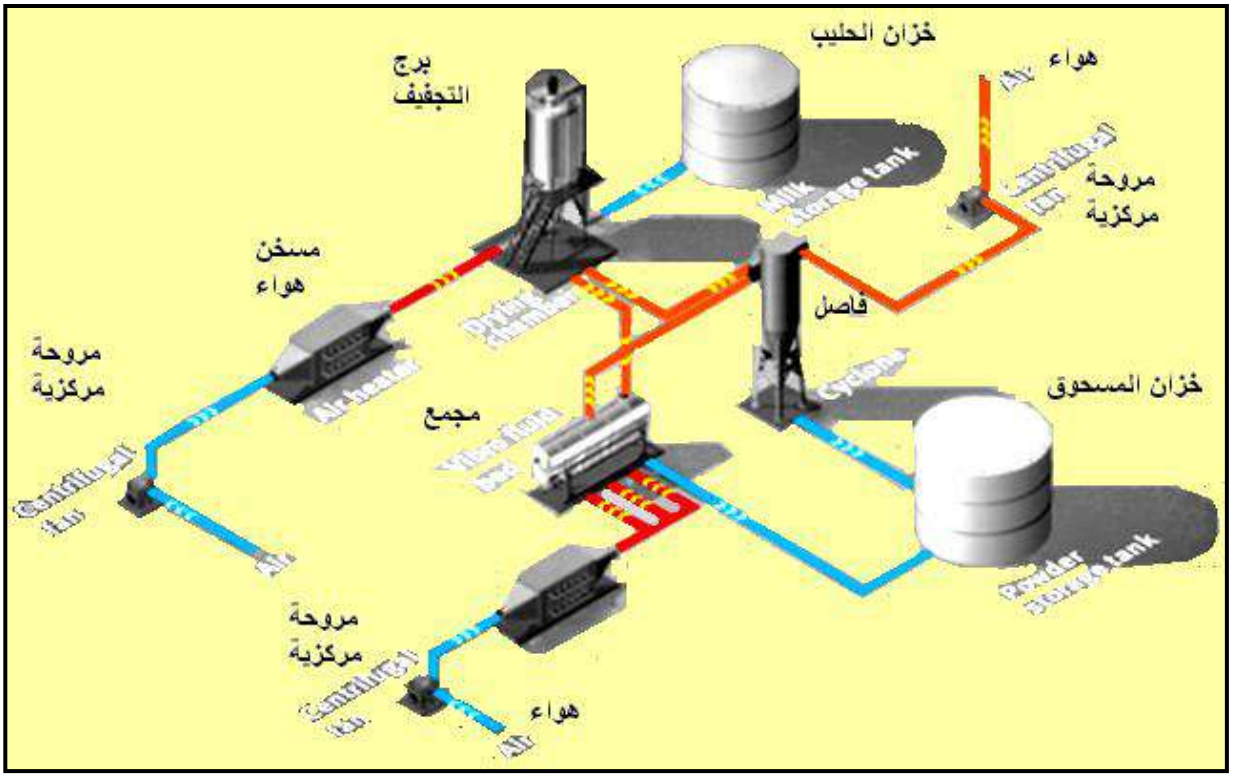
الشكل 2-18: مخطط عملية التجفيف باستعمال المجفف الرذاذي للحصول على مسحوق الحليب

وتتم عملية الترذيذ عن طريق البخاخ (Atomizer) والموضح بالشكل (2-19).



الشكل 2-19 : البخاخ (Atomizer) المستعمل في المجفف ألرذاذي

ويمكن تصور التوصيلات بين المعدات الرئيسة في معمل تجفيف الحليب بالأنموذج المبين في الشكل (2-20).



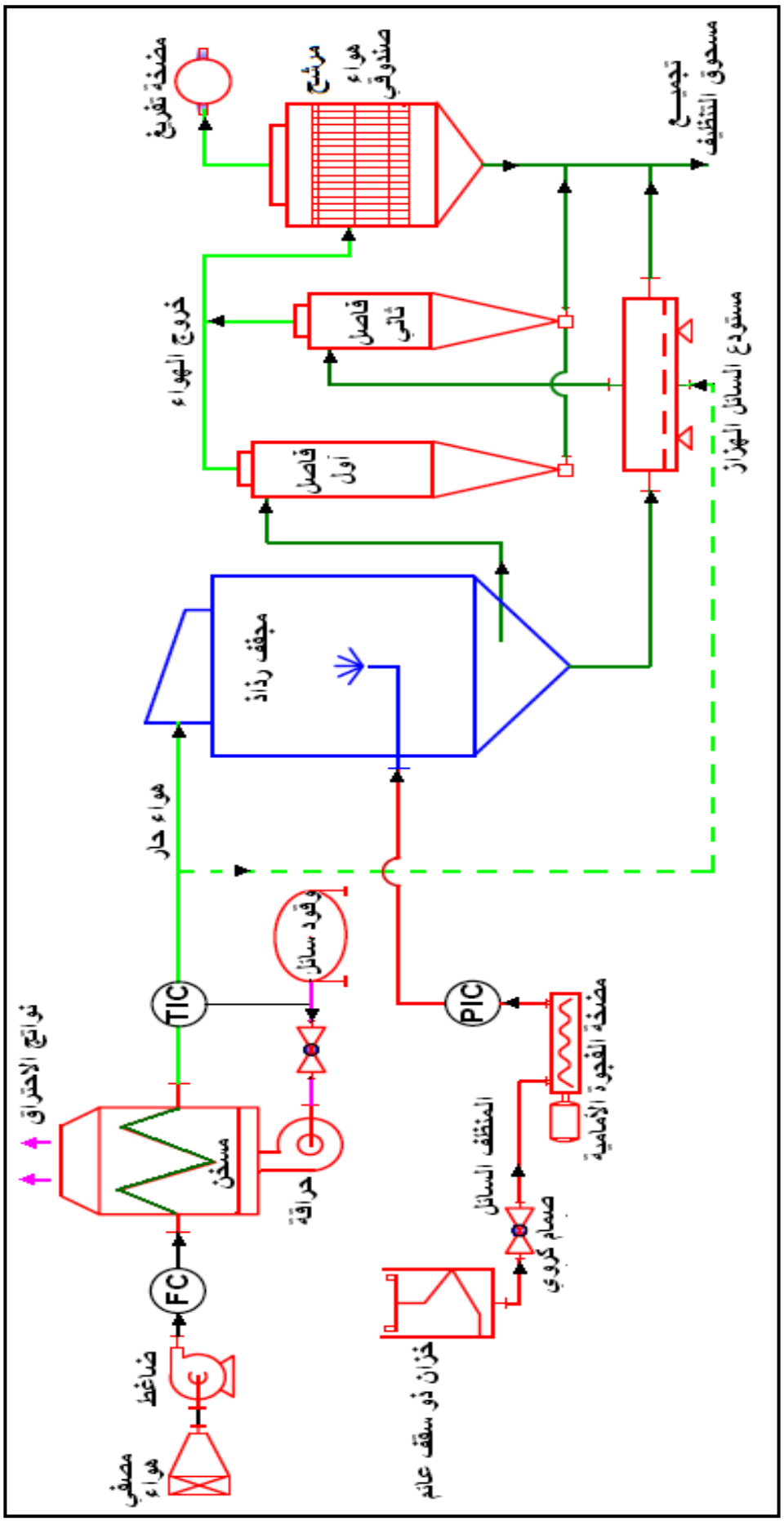
الشكل 2-20 : مخطط ثلاثي الأبعاد لمنظومة تجفيف الحليب والتوصيلات الرئيسة في المعمل

2-2 تجفيف سوائل التنظيف (Detergents Dryer)

إنّ إنتاج مساحيق الغسيل أحد التطبيقات الأكثر شيوعا عن طريق مجففات التدفق المتعاكس بتحويل سوائل التنظيف المنتجة عالية الكثافة الى مساحيق وبالدورة المفتوحة ، او عن طريق مجففات التدفق المختلط لسوائل التنظيف منخفضة الكثافة، ويبين الشكل (2-22) مخططاً لعملية تجفيف سوائل التنظيف لتحويلها الى مساحيق، إذ يتم تركيب فوهة البخاخ في الجزء السفلي من برج التجفيف ، ومن ثم يبدأ تدفق الرذاذ السائل مع الهواء الساخن من أسفل الى أعلى في وقت واحد خلال عملية التجفيف هذا النوع من مجفف تدفق الهواء مناسب لتجفيف المواد ذات المقاومة الجيدة لدرجات الحرارة المرتفعة علماً أن رموز المعدات المستعملة في رسم عملية تجفيف المنظفات هي الرموز نفسها المستعملة في رسم عملية إنتاج مسحوق الحليب، مع ملاحظة أن تلك الدورة مفتوحة (لا يدوّر الهواء الخارج من الفاصلات الى منظومة الهواء الحار) .

وإن تسخين الهواء يتم عن طريق المحرقة (Burner) التي تعمل بالوقود السائل، الشكل (2-21) ويتم تنقية الهواء بفصل دقائق المسحوق عن الهواء الخارج من المجفف عن طريق مرحلتين من الفصل باستعمال جهاز الفاصل ذي الدوامة والذي يخرج الى الجو بعد تنقيته تماماً خلال مرشح الهواء الصندوقي، ويتم تجميع المسحوق عن طريق مستودع السائل الهزاز والذي يعمل أيضاً بالهواء الحار، ليحول الى مرحلة التعبئة، وقد شمل المخطط بعضاً من المؤشرات والمتحكمات بدرجة الحرارة والضغط.

الشكل 2-21 : مضخة دفع الهواء ومسخنات هواء تعمل على الوقود السائل



الشكل 22-2 : مخطط عملية تجفيف سوائل التنظيف لتحويلها الى مساحيق

3-2 مراحل إنتاج معجون الطماطم Production Stages of Tomato Paste

يتكون الخط الإنتاجي من الوحدات والماكينات الرئيسة الآتية :-

الشكل 2-23

1-خط الغسل والفرز Washing & Sorting Line : يشتمل على مصعد (في موقع منخفض) من الحديد المقاوم للصدأ يستعمل بشكل رئيس لرفع الطماطم ، (أو أي منتج) من حوض تجميع المحصول يتكون من عوارض مرتبطة بسلسلة متحركة عن طريق محرك كهربائي، الشكل (2-23).

الشكل 2-24

كذلك تشمل على ماكينة الغسل القلاّبة Floating Washing Machine والتي يترسب في قاعها الشوائب نتيجة التقليب المستمر للماء والمحصول (باستعمال الموجات فوق الصوتية) للحصول على حبات نظيفة، الشكل (2-24).

الشكل 2-25

وتشمل أيضاً على ماكينة الفرز والتصنيف Sorting Machine والتي تتكون من مدحرجات تدور لتسهيل الخضار، النازلة من ماكينة الغسل، وتحوي على فتحات بينية لفصل الأحجام غير المناسبة وتحتوي على رشاش ماء ليساعد على التنظيف مرة أخرى، الشكل (2-25).

الشكل 2-26

2-مصعد حبات الطماطم للعصارة Elevator for Fruit, Crusher: يتكون من سلسلة ألواح أفقية من الحديد المقاوم للصدأ يستعمل بشكل رئيس لرفع الفاكهة والخضار النظيف إلى ماكينة السحق للإجراء القادم ، الشكل (2-26).

الشكل 2-27

أما ماكينة السحق (العصارة) فتتكون من شرائح تقطع وتدق الحبات بدون ان تسحق البذور وهي مصنوعة من صلب غير قابل للصدأ(Stainless Steel) ويتم سحب الخليط من القاع عبر أنابيب ومضخة رفع، الشكل (2-27).

الشكل 2-28

3-وحدة العجن والتسخين Pulpier& Pre-Heating Unit : تتكون وحدة التسخين من خزان من الحديد المقاوم للصدأ يتم تسخين محتوياته عن طريق البخار الحار مما يساعد على إعادة عجن العصير، الشكل (2-28).

في حين تقوم ماكينة العجن Pulping Machine بخلط وعجن العصير (الساخن من الإجراء السابق) ليخرج من خلال حاجز مخروطي (مرحلة أو مرحلتين) لفصل العصير عن الشوائب والبذور العالقة، الشكل (2-29).

الشكل 2-29

4-المبخرذي التدوير القسري Forced Circulating Evaporator : يستعمل لتركيز عصير الطماطم لمرحلة أو مرحلتين - كما مر ذكره سابقاً -، الشكل (2-30).

الشكل 2-30

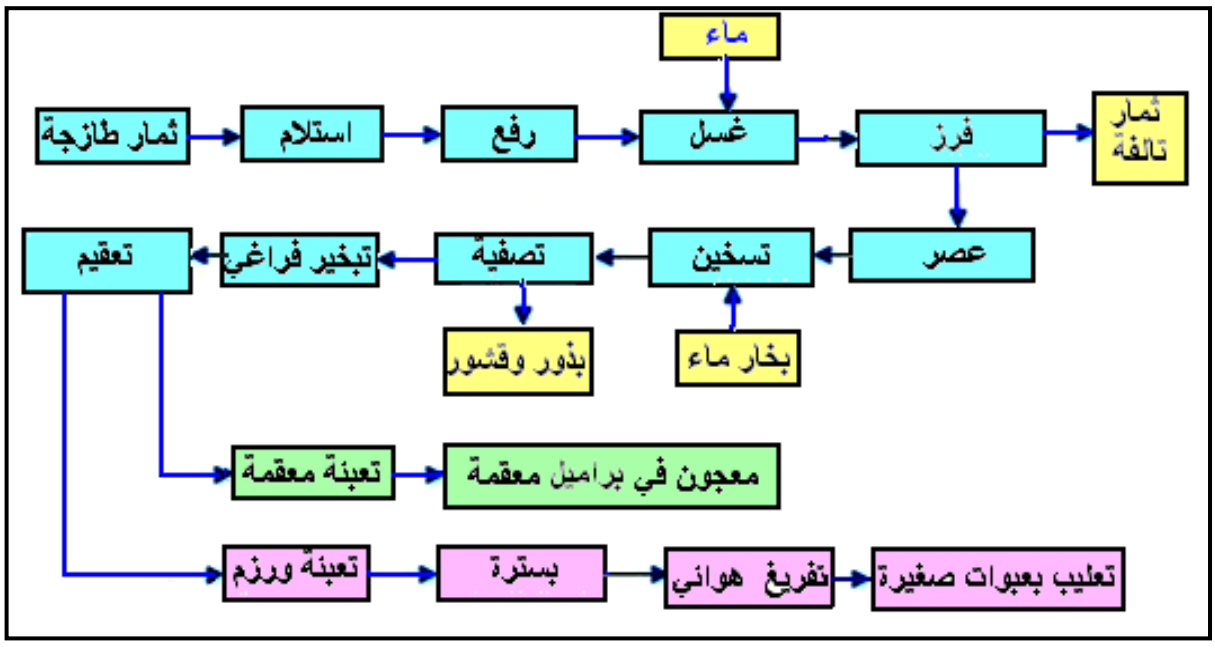
5-وحدة التعقيم Sterilization Unit : يستعمل لتعقيم مستخلص (معجون) الطماطم إذ يتكون من أربع طبقات (أو أكثر) من الأنابيب الثانوية، كمبادل حراري مع مضخة ومتحسسات ومقاييس لدرجة الحرارة، يعمل على تسخين جزء وتبريد جزء آخر للحصول على منتج صالح للخزن، الشكل (2-31).

الشكل 2-31

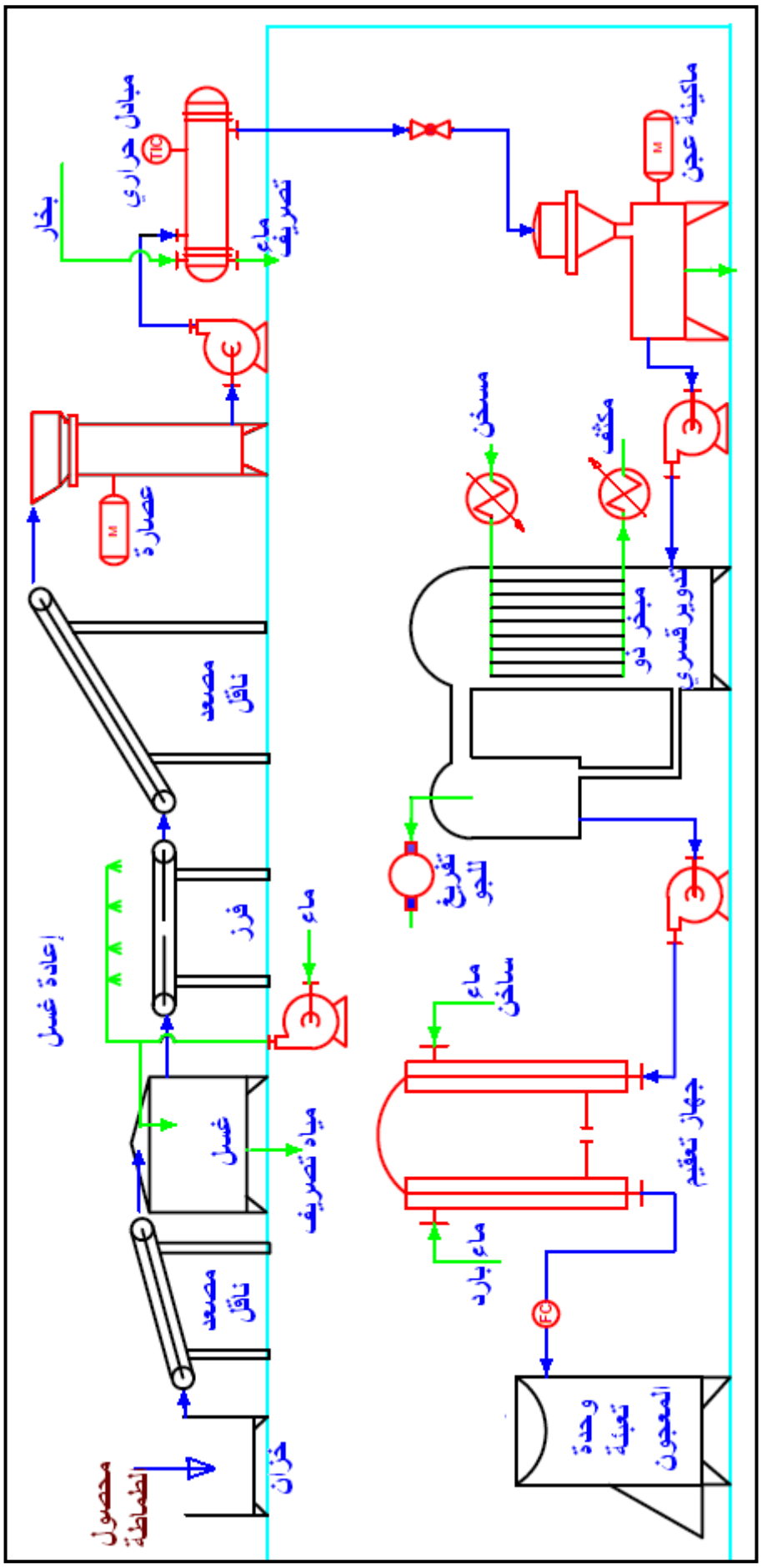
الشكل 2-32

6-وحدة التعبئة المعقمة Aseptic Bag Filler: جهاز مناسب للتعبئة المعقمة للعبوات الكبيرة الحجم مجهز بخرطوم أو أكثر مع منظومة سيطرة على التدفق وجهاز لرفع العبوات مع إمكانية غلقها بإحكام تحت درجة حرارة تعقيم 90 C^o لضمان البيئة المعقمة أثناء عملية الملء ، الشكل (2-32).

ويمكن أن تتم التعبئة بجاز التعليب (Packing) الذي يقوم بتعبئة العلب الصغيرة الحجم تحت ظروف التفريغ الهوائي ، ويمكن توصيف عملية إعداد معجون الطماطم بالمخطط الانسيابي للإجراءات الرئيسة في عملية التصنيع، الشكل (2-33)، في حين يبين الشكل (2-34) مخطط العملية بالرموز.



الشكل 2-33 : مخطط انسيابي لعملية إنتاج معجون الطماطم



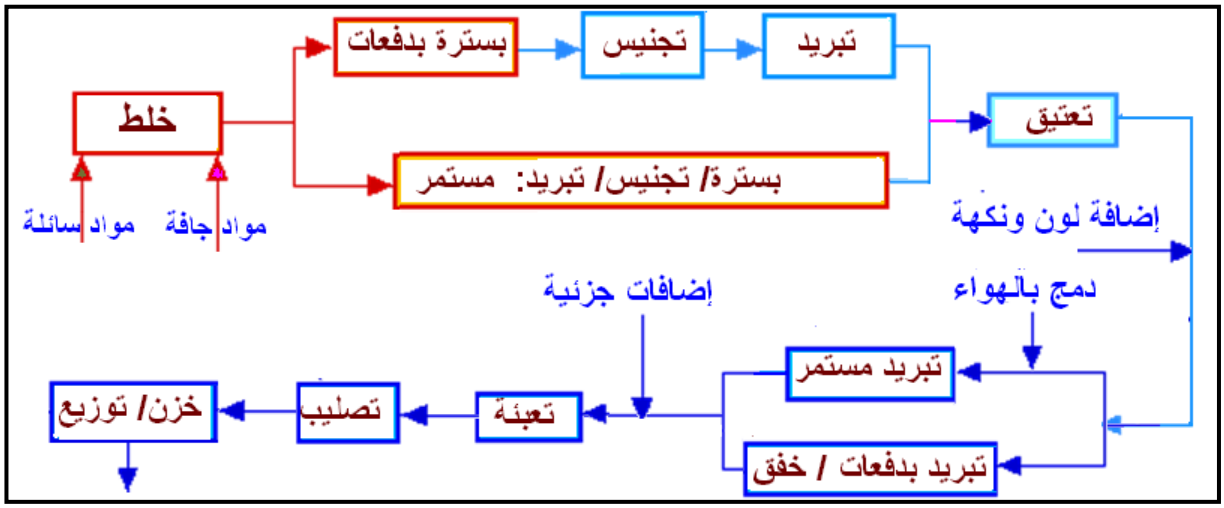
الشكل 2-34 : مخطط عملية إنتاج معجون الطماطم

4-2 صناعة مثلجات الحليب

الخطوات الرئيسة في تصنيع مثلجات القشدة (الآيس كريم) Ice Cream Manufacturing، عموما كالآتي :

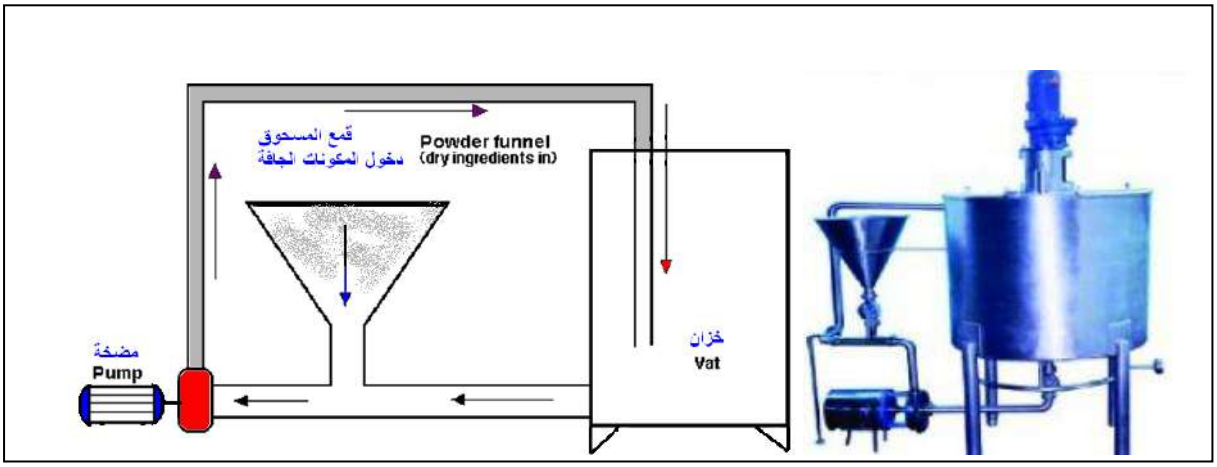
- **خلط مكونات المزيج (Blending of the mix Ingredients)**
- **البسترة (Pasteurization)**
- **التجنيس (Homogenization)**
- **تعتيق المزيج (Aging the mixture)**
- **التجميد (Freezing)**
- **التغليف (Packaging)**
- **التصلّب (Hardening)**

ويمثل الشكل (2-35) مخططاً انسيابياً لعملية صناعة مثلجات القشدة (الآيس كريم) إبتداءً من مزج المكونات وانتهاءً بالخزن والتوزيع.



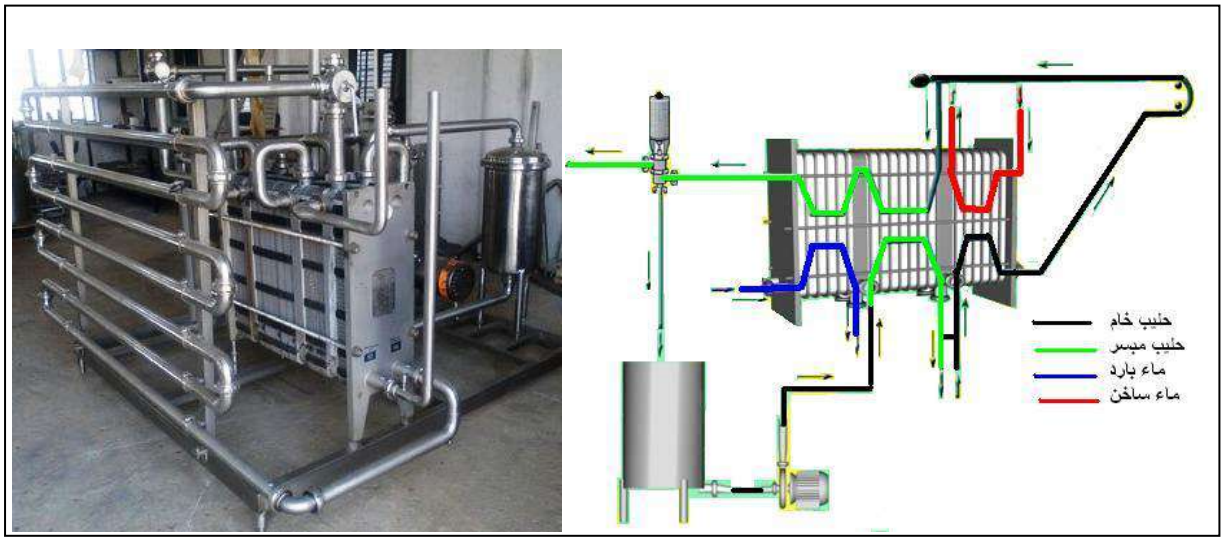
الشكل 2-35 : مخطط انسيابي لعملية صناعة مثلجات القشدة (الآيس كريم)

المزج : يتم اختيار المواد بموجب الوصفة المطلوبة بالتدوير السريع Rapid Agitation لدمج المساحيق، إذ تستعمل خلاطات التدوير البسيطة، الشكل (2-36) ، أو الخلاطات السريعة (راجع رموز الخلاطات في الفصل الأول).



الشكل 2-36 : مخطط ماكينة خلط المكونات الجافة مع المواد السائلة

البسترة: وتعد نقطةالسيطرةالحيويةBiological Control Point في النظام ، صمّمت لتدمير البكتيريا المسبّبة للمرض ، فضلاً عن إنها تخفّض عدد الكائنات الحية ، وتساعد بهدرجة البعض من المكوّنات (بروتين ، مثبتات) . وتتم البسترة على شكل دفعات لتعطي الآيس كريم قواماً أفضل، إذ توضع كميات محددة من المزيج في أحواض كبيرة مبطنة مجهزة بوسائل تدفئة (عادة بخار أو ماء حار)، ليسخن لدرجة حرارة 69°C ولفترة 30 دقيقة، وبعد ذلك يمررعبر مبادل حراري(أنبوبي) لغرض تبريد المزيج إلى درجات الحرارة 4°C وعلى شكل دفعات متتابعة مسيطر عليها بمنظمات آلية، ويبين الشكل (2-37) جهاز البسترة ومخطط عمله.



الشكل 2-37 : جهاز البسترة ومخطط لطريقة عمل الجهاز

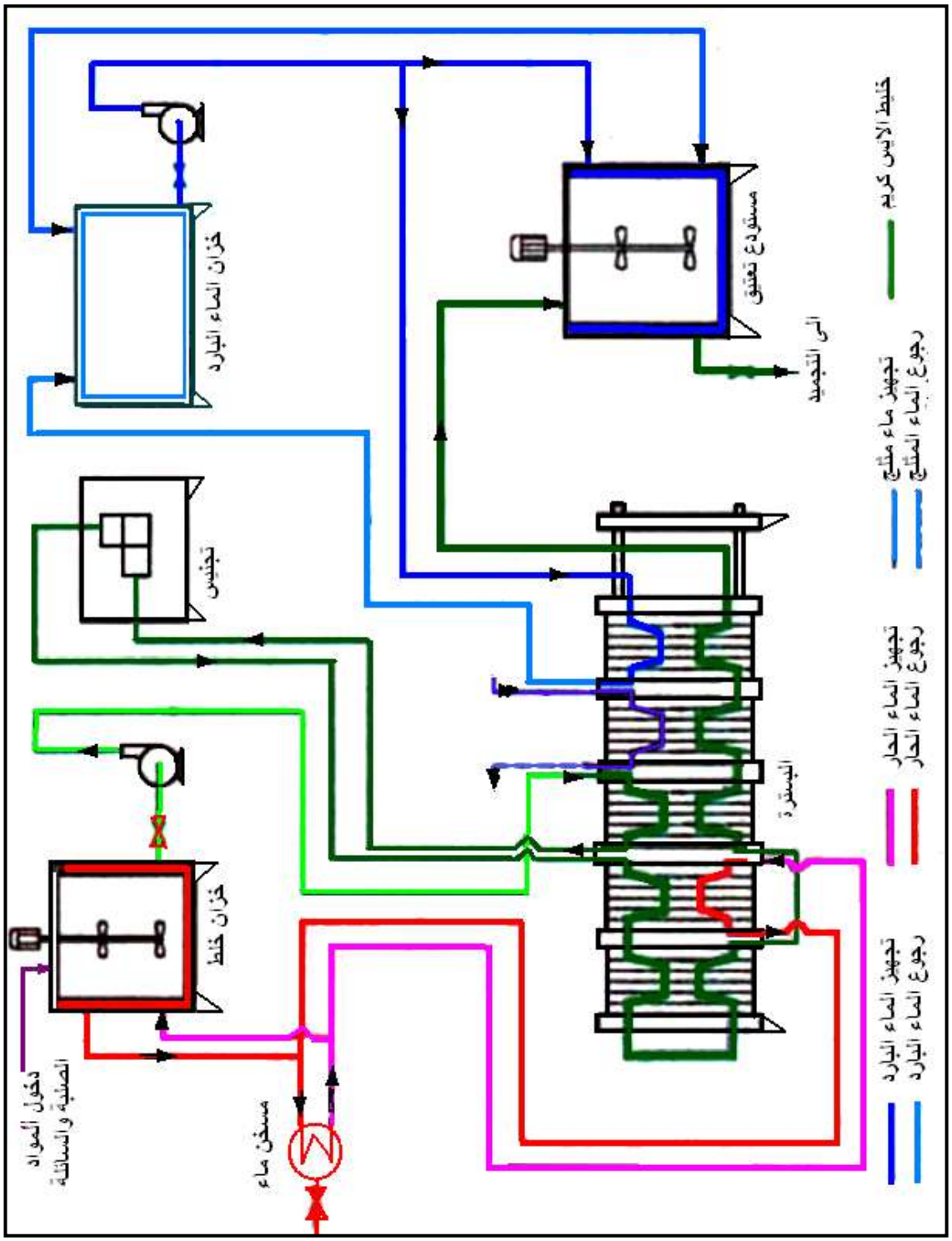
التجنيس: ويعني تشكيل مستحلب دهني بتخفيض حجم كريّات الدهن في الحليب(أوالقشطة) الى أقل من 1مكروميتر، مما يزيد مقاومة الذوبان، ويتم بدرجة الحرارة نفسها لمخرجات البسترة وبضغط محدد (في حالة التجنيس على مرحلتين يخفض الضغط في المرحلة الثانية).

التعتيق : بعد تبريد المزيج الى درجة حرارة 5^oC لأربع ساعات على الأقل، مما يسمح لجزيئات الدهن بالاستقرار والتبلور ، ولهدرجة البروتين بالكامل ، مع زيادة طفيفة باللزوجة ، تتم العملية في خزانات مبردة ومعزولة (بدون تجميد).

التجميد : يسكب المزيج الى خزان لإضافة النكهة ، إذ تضاف أيّ نكهات سائلة ، مماجين فاكهة، أو ألوان إضافية. ثم يدّخل المزيج ضمن عملية التجميد الديناميكية التي تدخل فيها تيارات الهواء الى المزيج المجمّد . تتكون المجمّدة من مبادل حراري بشكل قاشطات أنبوبية يمر فيها غاز الأمونيا أو الفريون ، إذ أن المزيج يضخ خلال هذه المجمّدة و ينسحب من النهاية الأخرى في ظرف 30 ثانية ، (أو 10 إلى 15 دقيقة في حالة مجمّدات الدفعة) ، هناك أنصال دوارة داخل البرميل الذي يقشط من سطح المجمّدة داخل الماكينة التي تساعد على دمج المزيج بالهواء (الى نصف الحجم).

التصليب : بعد أن يعلب الآيس كريم الناتج يدخل في مجمّدة (تعمل بنفخ الهواء البارد) بدرجة حرارة سالبC^o 30^o-40^o، لمنع خطرنموالثلج البلّوري مهما طالت الفترة، ويتطلب التصليب سرعة في التجميد بتقنيات خاصة.

ويبين الشكل (2-38) مخططاً للمراحل الرئيسة في عملية تصنيع مثلجات القشدة (الآيس كريم).

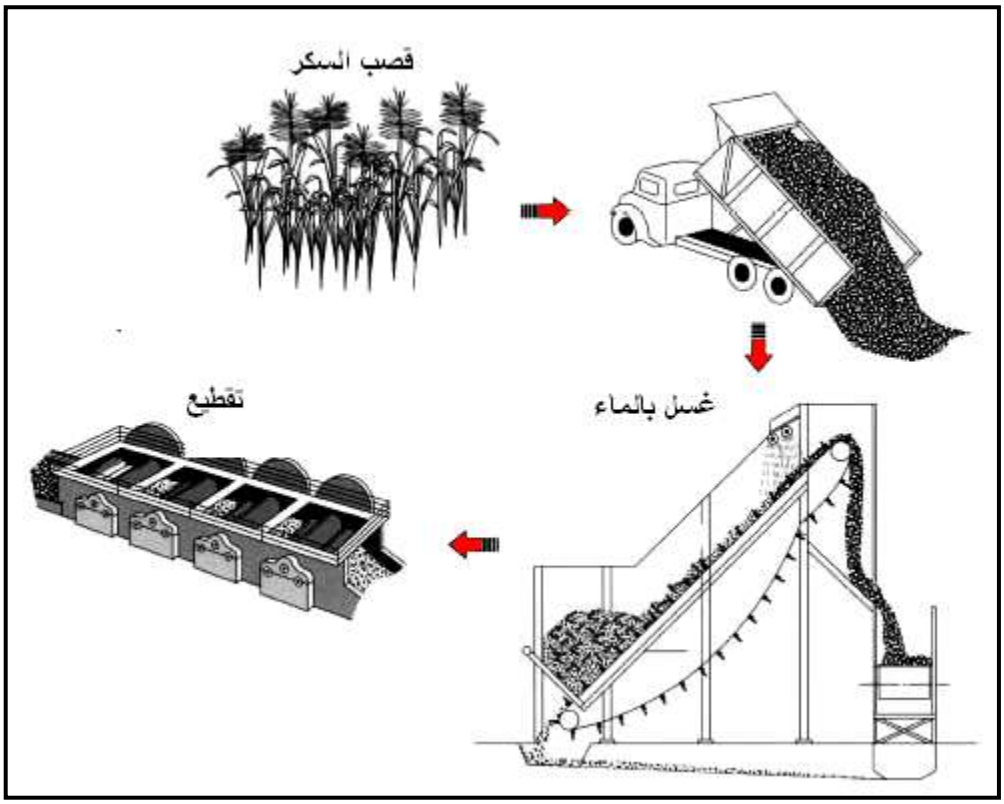


الشكل 2-38 : مخطط عملية إعداد مثلجات القشدة (الآيس كريم)

5-2 مراحل استخلاص السكر الخام من قصب السكر

تتلخص الخطوات الرئيسة في تصنيع السكر الخام من قصب السكر بما يأتي :-

1. التنظيف والطحن (Cleaning and Grinding) : يغسل القصب كليّا لإزالة ما علق به من الأطيان ويتم تقطيعه طولياً عن طريق طاحونة إذ تقطّع السكاكين الدائرة القصب الى قطع صغيرة عبر مجموعات متعدّدة من طواحين كل منها مكونة من ثلاثة أقراص دوارة ، إذ ينقل القصب عن طريق حزام ناقل من مطحنة لأخرى، وتتم العملية من خلال رش ماء ساخن لإذابة السكر الذي في القصب ويتم عصره في تلك الأثناء.



الشكل 2-39 : مراحل نقل وتنظيف وتقطيع قصب السكر

2. تحضير العصير (Juicing): تنقل مخلفات قصب السكر (المنزوع العصير والمقطّع) على حزام ناقل خلال سلسلة مدحرجات عالية التحمل، ليجفّف ويستعمل كوقود (حطب) ، فيما ينتقل العصير الخام خلال الطاحونة ليصفى من خلال مصافي (Strainers).

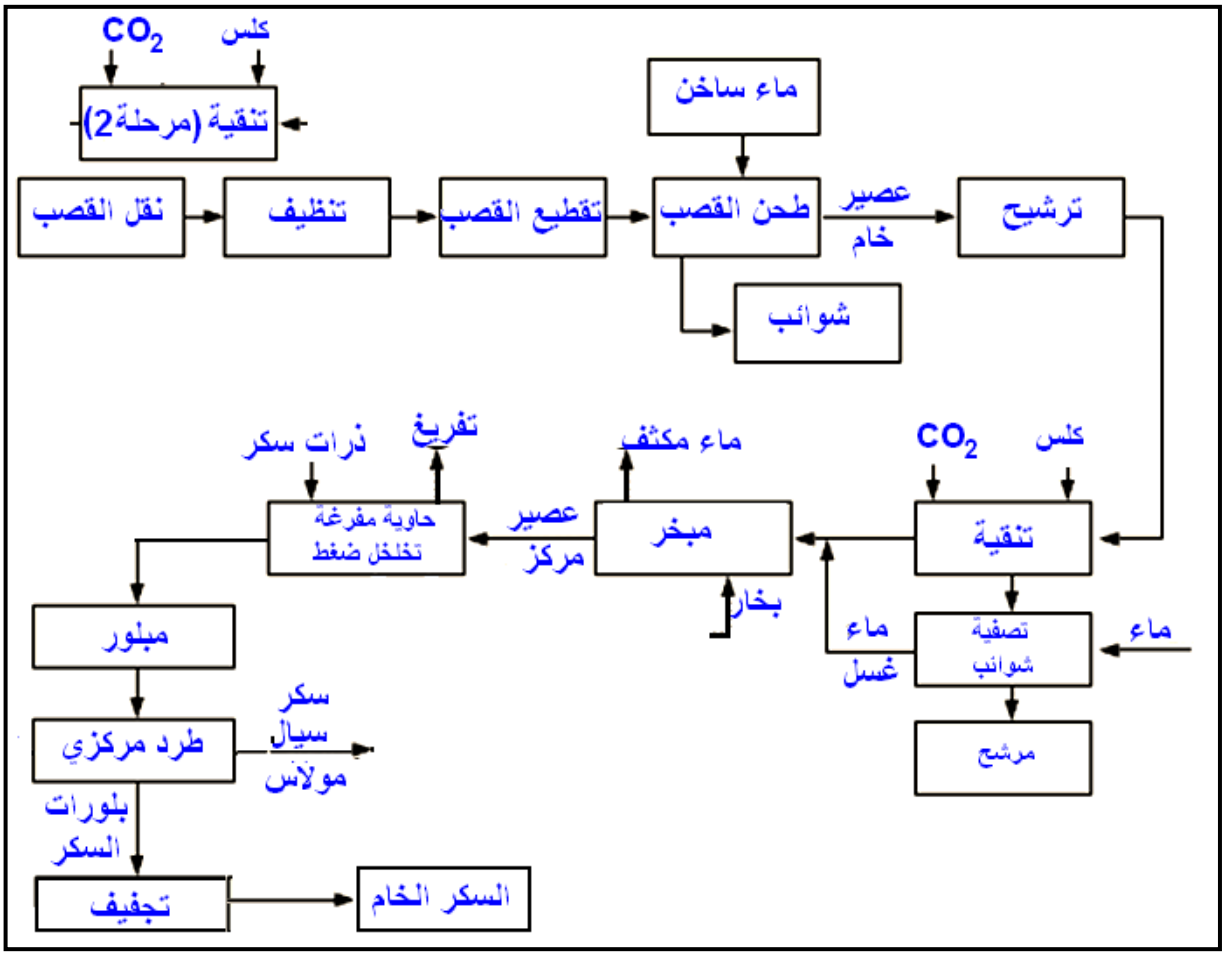
3. التنقية (Clarifying): يضاف محلول الكلس (هيدروكسيد الكالسيوم) إلى المستخلص السائل والمسخن الى درجة حرارة $95^{o}C$، مع إمرار ثاني أكسيد الكربون خلال المحلول والذي يؤدي الى تكوين أملاح الكالسيوم الراسبة ، فضلاً عن ترسيب المخلفات غير السكرية (دهون،صمغ، وشمع)،

التي تفصل عن طريق عملية الطرد المركزي Centrifugation. بعدها يرشح العصير لإزالة أيّ شوائب باقية.

4-التبخير (Evaporation): العصير المصفى يتم تبخيره في مبخّر تحت ضغط تخلخلي (تفريغ) Vacuum ليتكاثف وصولاً الى تركيز 60 –65% ، ثم يركّز في درجة حرارة منخفضة (يصل لدرجة الإشباع)، والمحلول السكري يستقر في حاويات مسطحة.

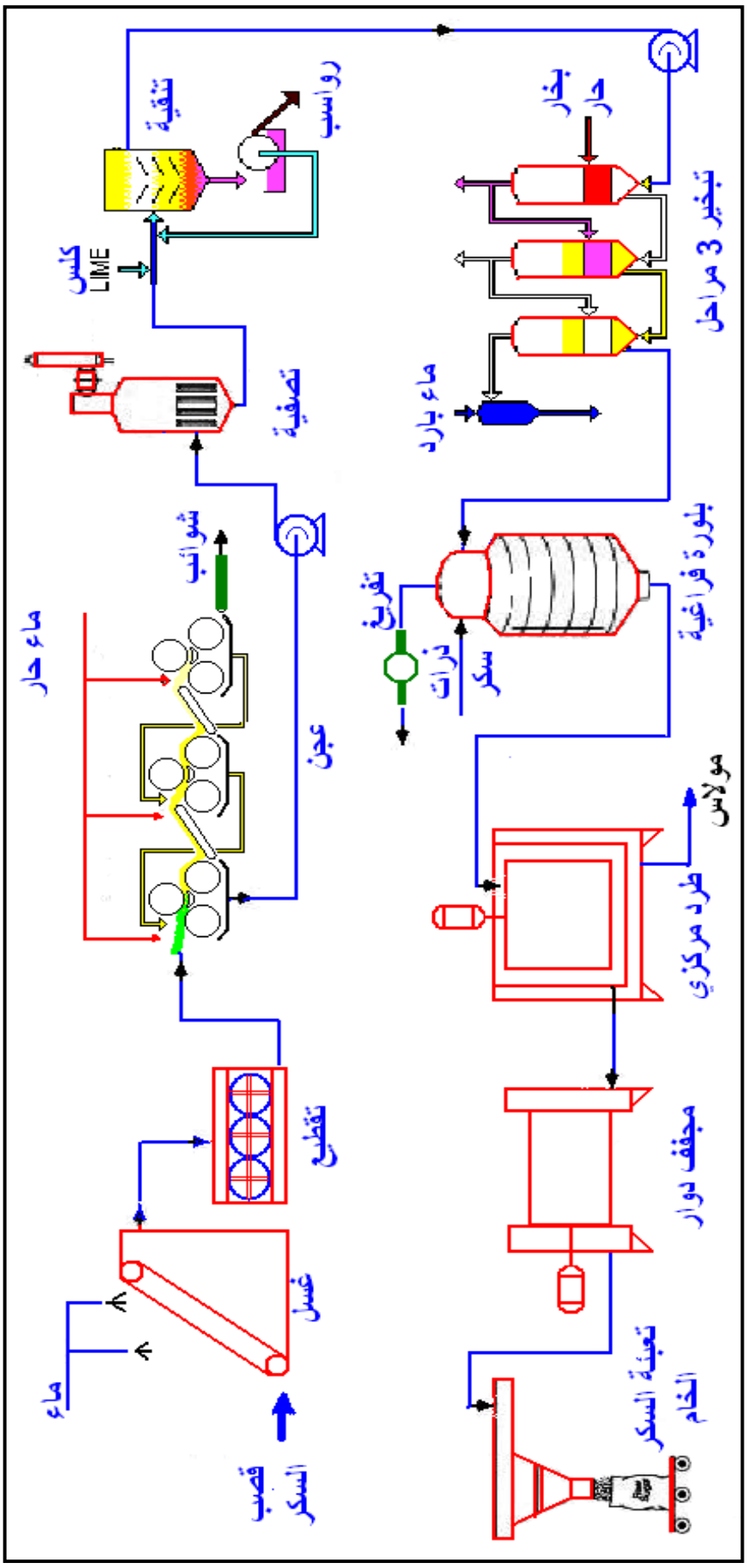
5-البلورة (Crystallization): في داخل الحاوية المعقّمة (تحت ضغط تخلخلي) ، يزود المحلول بمسحوق السكّر وخلال عملية التبخر، مما يسبّب تشكيل كتلة سميكة من البلورات، تحول الى مجفف الطرد المركزي الدوار لينتج السكّر الخام (غير صالح للأكل)، مع ناتج عرضي كسائل يسمى المولاس يستعمل لاحقاً في صناعة الأعلاف وفي استعمالات أخرى.

ويبين الشكل (2-40) مخططاً انسيابياً لمراحل تصنيع السكر الخام.



الشكل 2-40 : مخطط انسيابي لمراحل استخلاص السكر الخام

ويبين الشكل (2-41) مخططاً لعملية استخلاص السكر الخام من محصول قصب السكر وبحسب الرموز الصناعية.



الشكل 2-41 : مخطط عملية استخلاص السكر الخام من محصول قصب السكر

6-2 عمليات تنقية الزيوت النباتية الخام والهدرجة

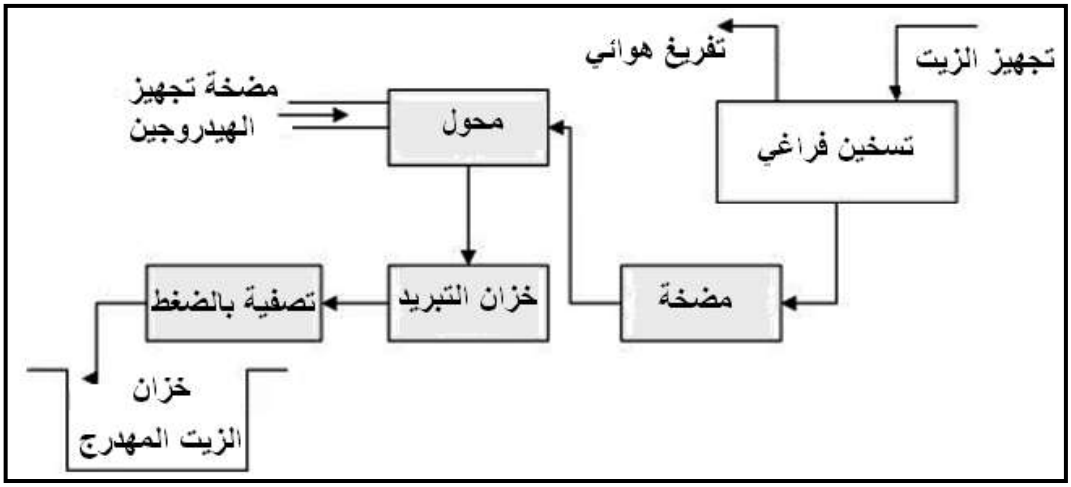
هناك تقنيات لاستخلاص الزيوت النباتية ، إحداهما الضغط الميكانيكي والأخرى الاستخلاص بالإذابة ، ويعتمد اختيار التقنية وسلسلة عمليات المعالجة على عدة عوامل أهمها نوع البذور، إذ يتم تخفيض حجم البذور بتكسيرها، عادة في طواحين ليتم تقشيرها ومن ثم تسخن تحت ضغطٍ عالٍ وبعدها تعصر للحصول على الزيت الخام (Crude Oil).

أن تصفية الزيت الناتج وجعله صالحا للاستهلاك البشري يتطلب مروره بالعديد من العمليات الصناعية للحصول على مذاق جيد ولون شفاف بدون رائحة أو نكهة فضلاً عن إمكانية الخزن لفترات طويلةوهي:

1- المعادلة :وهي عملية التخلص من الصمغ (لا يكون حامضيا ولا قاعديا) بإضافة هيدروكسيد الصوديوم،

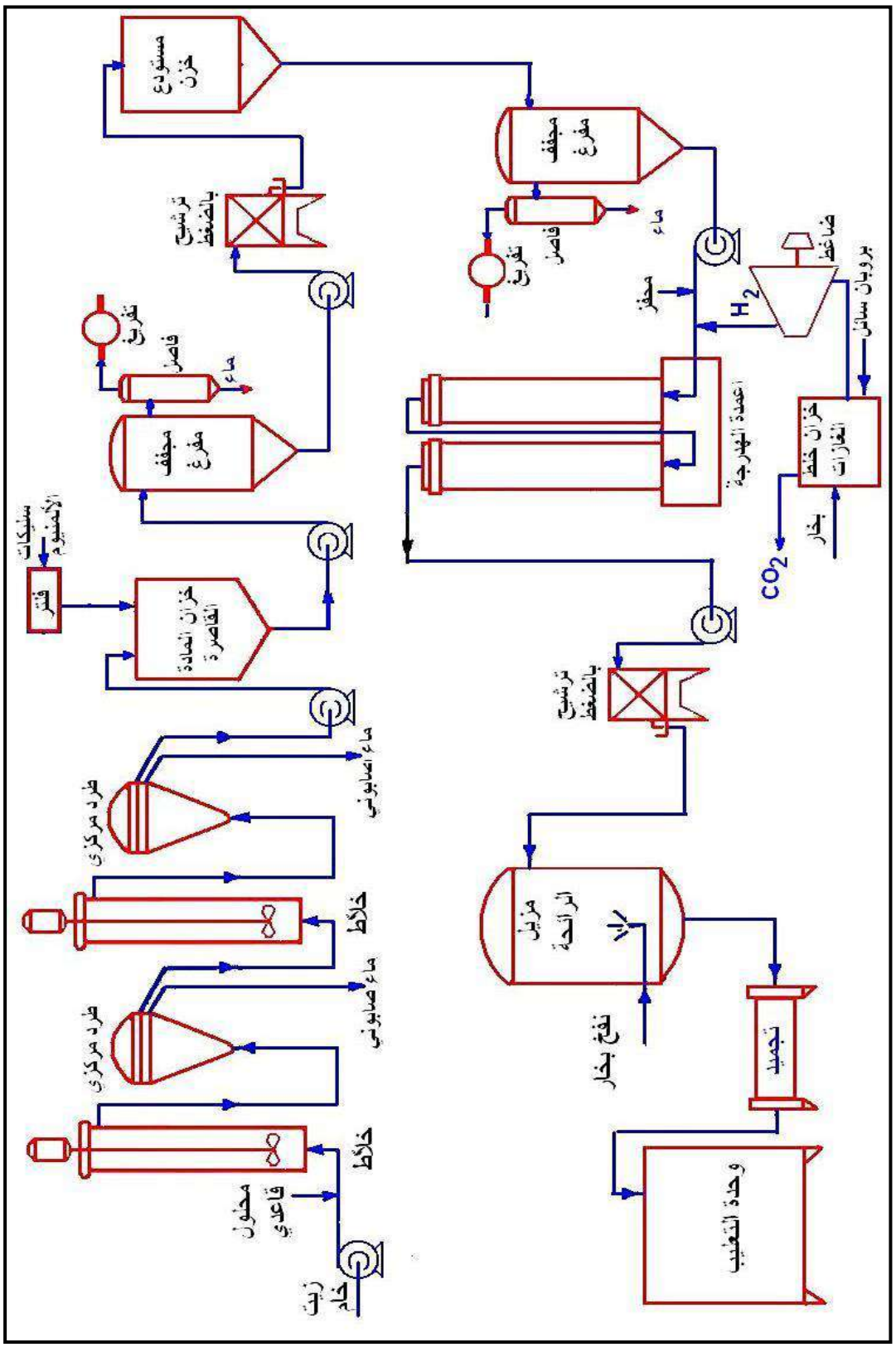
2-التبييض: هوعملية إزالة اللون بإضافة سيليكات الألمنيوم ليتم فصلها بالترشيح، وإزالة حبيبات الستيارين بتبريد الزيت الى $5C^{o}$،

3- الهدرجة : وهي عملية إزالة الروائح بضخ بخار ماء مشبع، وتستعمل الهدرجة على نطاق واسع في الصناعات الغذائية ، إذ يتم معالجة الزيوت النباتية والدهون وذلك لتحويل الأحماض الدهنية غيرالمشبعة الى أحماض دهنية مشبعة، بإضافة الهيدروجين وأملاح النيكل ، وان إشباع الزيوت بالهيدروجين يكون لغرض إكساب تلك الزيوت النباتية الطبيعية قدرات على مقاومة العوامل التي تُعجل في تأكسد الدهون وبالتالي فسادها ، ومن هذه العوامل الحرارة، ضوء الشمس، والهواء، ويبين الشكل (42-2) مخططاً انسيابياً لعملية هدرجة الزيوت النباتية.



الشكل 2-42 : مخطط انسيابي لعملية هدرجة الزيت النباتي

ويبين الشكل (2-43) مخططاً لعمليات تصفية الزيت الخام لجعله صالحاً للاستهلاك البشري.



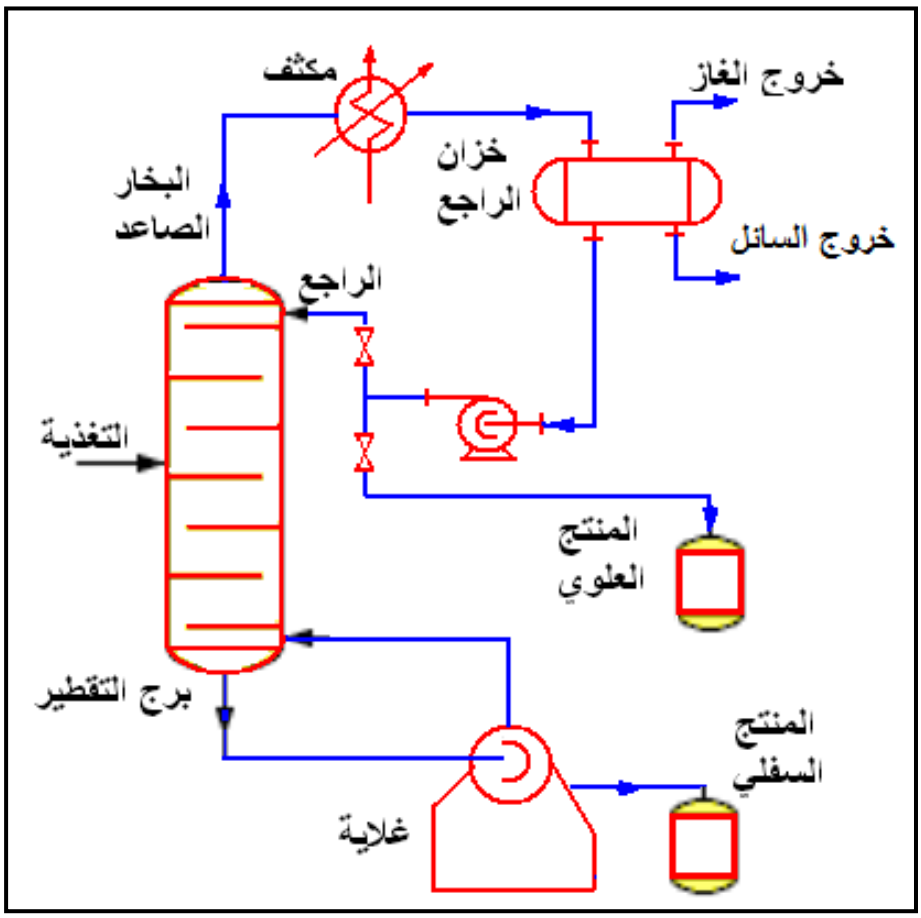
الشكل (2-43) مخطط عمليات تصفية الزيت الخام لجعله صالحاً للاستهلاك البشري

7-2 عملية التقطير التجزيئي (Fractional Distillation)

من أهم طرق فصل المواد المستعملة صناعيا يستخدم التقطير الجزئي في فصل مكونات النفط ، والمواد الكيماوية ، وكذلك في معامل فصل مكونات الغاز الطبيعي، واستخلاص الزيوت الطيارة أو المواد الكحولية ، وغيرها، وغالبا ماتجرى عملية التقطير و الفصل عند درجة حرارة ثابتة، إذ يجري تغذية أعمدة التقطير باستمرار مع استخلاص المنتجات أيضا باستمرار ليكون معدل استخراج المنتجات معادلاً لمعدل التغذية التجزيئي ، وتعرف تلك الطريقة بطريقة التقطير التجزيئي المستمر Continuous، أما التقطير الجزئي فيتم فيه فصل مكونات خليط مُعين (النفط مثلاً) وذلك بالاعتماد على الاختلاف في درجة غليان المواد المكونة للخليط ، وعندما يسخّن الخليط يتبخر أقل المكونات درجة غليان ويرتفع على شكل بخارالى أعلى ثم يبرّد هذاالبخار فنحصل على المادة التي نريدها بصورتها النقية، وهكذا بالنسبة لبقية المواد المكونة للخليط ، بينما تبقى المكونات القليلة التطاير في قاع برج التقطير ، ويجري التقطير المستمر في أبراج كبيرة رأسية تعرف بأبراج التقطير أوأعمدة التقطير، ويختلف قطرها بين65cm الى11mويصل ارتفاعها من 6m الى60m أوأكثر، الشكل (44-2).

الشكل 2-44 : أبراج تقطير للمنتجات النفطية

ويبين الشكل (2-45) مخططاً لعملية التقطير الجزئي بالرموز.



الشكل 2-45 : مخطط عملية التقطير ألجزئي

8-2 أسئلة الفصل الثاني

1-8-2 اشرح مع الرسم والتأشير على الأجزاء طريقة عمل المبخر ذي التدوير القسري.

الحل: (الشكل 2-1).

2-8-2 بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً يصف عملية التبخير عن طريق المبخر ذي التدوير القسري.

الحل: (الشكل 2-2)

3-8-2 اشرح مع الرسم والتأشير على الأجزاء طريقة عمل المبخر ذي الغشاء الساقط الأنبوبي.

الحل : (الشكل 2-3)

4-8-2 بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً يصف عملية التبخير عن طريق المبخر ذي الغشاء الساقط الأنبوبي.

الحل : (الشكل 2-4)

5-8-2 (أ) ما الذي يتميز به مبخر الغشاء أللوحي عند تركيز الحليب؟

(ب) بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً يصف عملية التبخير عن طريق مبخر الغشاء أللوحي.

الحل : (الشكل 2-7)

6-8-2 عدد الأنواع الثلاث للمجفف ألرذاذي، مع رسم تخطيطي لكل منها، مع توضيح طريقة عمله.

الحل : (الشكل 2-9، الشكل 2-10، الشكل 2-11).

7-8-2 توجد دورتان رئيستان يتم بموجبهما ربط وتوصيل معدات التجفيف (للحليب)، بمقياس رسم مناسب، ارسم المخططات الانسيابية لأجزاء المنظومتين مع التأشير على الأجزاء لكل دورة.

الحل : (الشكل 2-12، الشكل 2-13).

8-8-2 بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً انسيابيا لعملية التجفيف عن طريق المجفف الأفقي.

الحل : (الشكل 2-15).

2-8-9 بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً بالرموز يصف عملية تحويل الحليب السائل الى مسحوق عن طريق المجفف ألرذاذي.

الحل : (الشكل 2-18).

2-8-10 بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً بالرموز يصف عملية تجفيف سوائل التنظيف وتحويلها الى مساحيق.

الحل : (الشكل 2-22).

2-8-11 (أ) ارسم مخططاً انسيابياً لعملية إعداد معجون الطماطم.

الحل : (الشكل 2-33).

(ب) بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً بالرموز يصف إعداد معجون الطماطم.

الحل : (الشكل 2-34).

2-8-12 (أ) ارسم مخططاً انسيابياً لعملية صناعة مثلجات القشدة (الآيس كريم) ابتداءً من مزج المكونات وصولاً الى الخزن والتوزيع.

الحل : (الشكل 2-35).

(ب) بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً بالرموز يصف عملية صناعة مثلجات القشدة، مراعياً التأشير على الأنابيب لبيان نوع واتجاه السائل المار في كل منها.

الحل : (الشكل 2-38).

2-8-13(أ) ارسم مخططاً انسيابياً لمراحل تصنيع السكر الخام من محصول قصب السكر.

الحل : (الشكل 2-40).

(ب) بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً بالرموز يصف عملية استخلاص السكر الخام من محصول قصب السكر.

الحل : (الشكل 2-41).

2-8-14 (أ) ارسم مخططاً انسيابياً لمراحل تصفية الزيت الخام لجعله صالحاً للاستهلاك.

الحل : (الشكل 2-42).

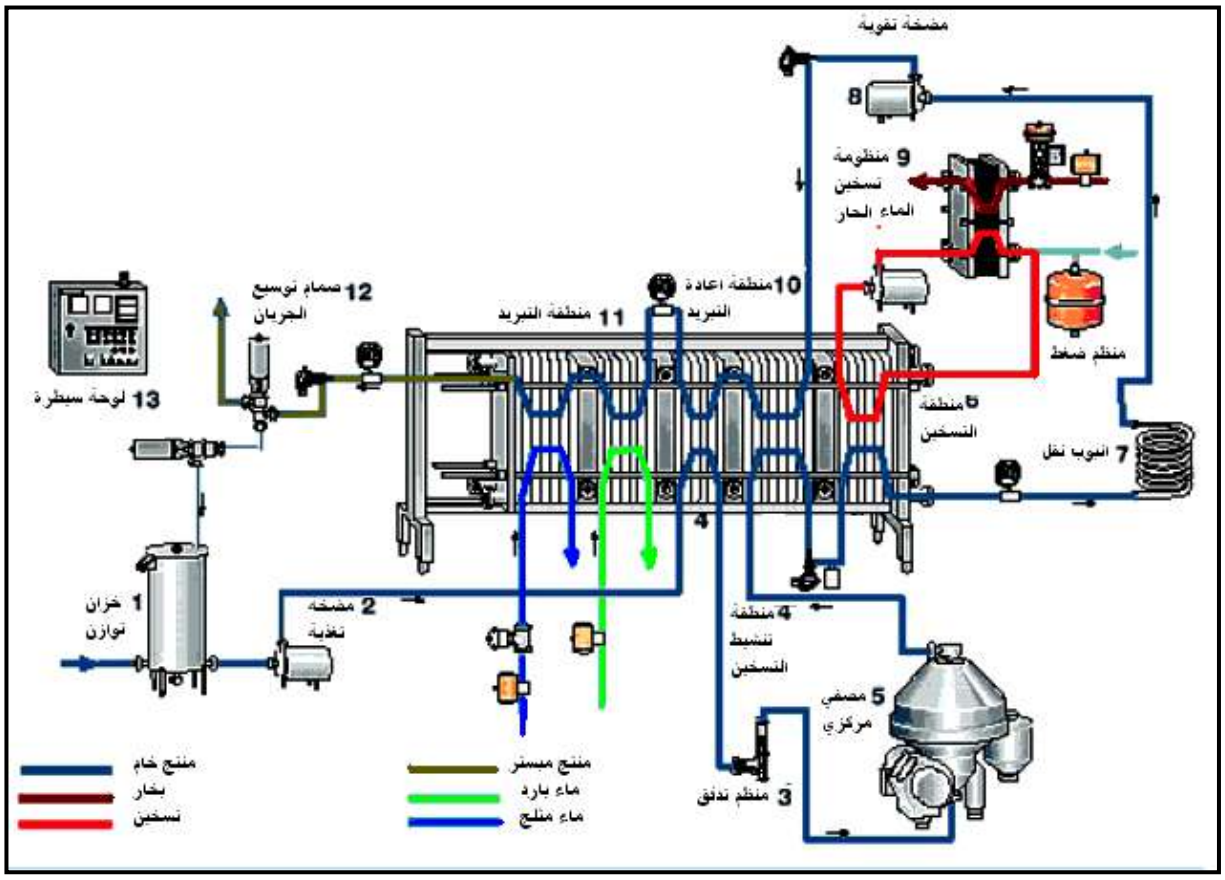
(ب) بمقياس رسم مناسب، ارسم مخططاً بالرموز يصف عملية تصفية الزيت الخام لجعله صالحاً للاستهلاك.

الحل : (الشكل 2-43).

15-8-2 ما هو التقطير التجزيئي؟ ارسم مقياس رسم مناسب مخططاً بالرموز يصف عملية التقطير الجزئي.

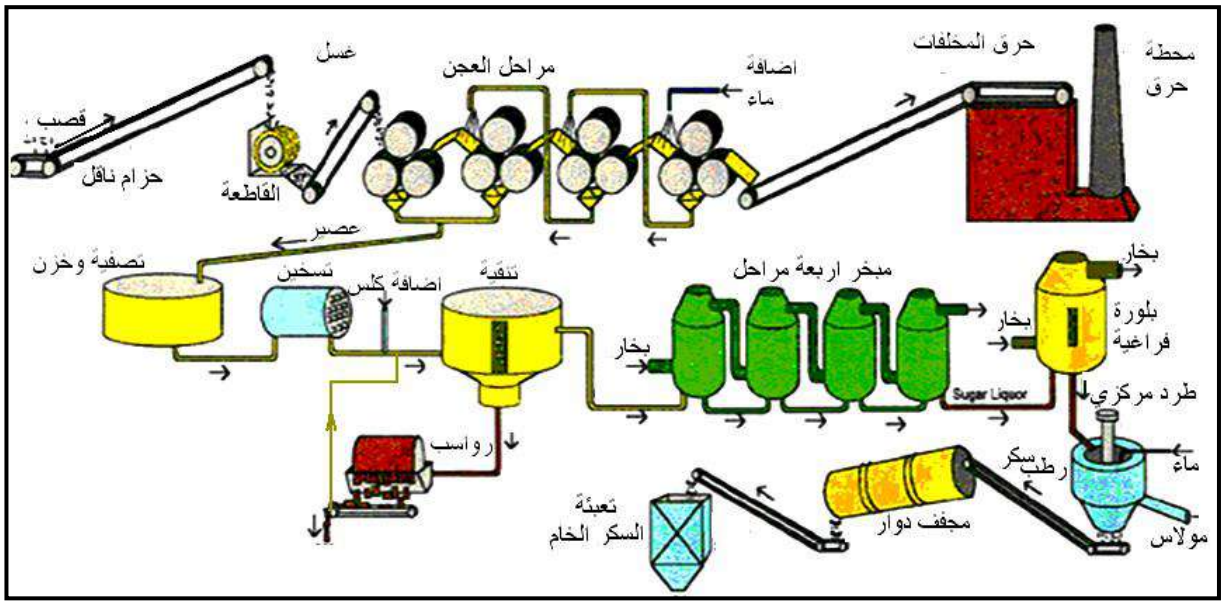
الحل : (الشكل 2-45).

16-8-2 الشكل (2-46) يوضح مخططاً لأشكال الأجهزة والمعدات وتوصيلات الأنابيب لعملية بسترة الحليب، بمقياس رسم مناسب، أعد رسم المخطط باستعمال الرموز القياسية مع التأشير على الأجزاء واتجاهات التدفق.



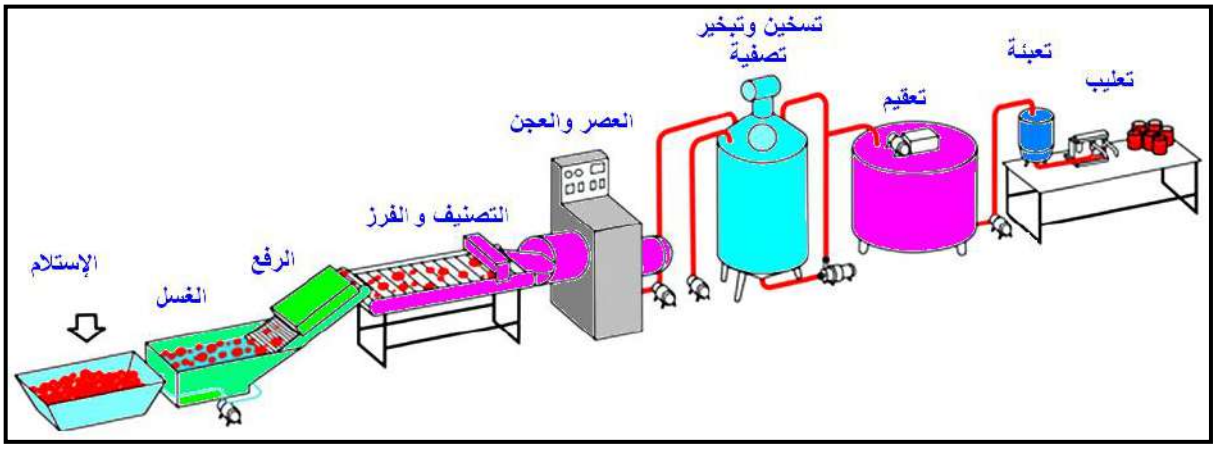
الشكل 2-46

17-8-2 الشكل (2-47) يوضح مخططاً لأشكال الأجهزة والمعدات وتوصيلات الأنابيب لعملية استخلاص السكر الخام من نبات قصب السكر، بمقياس رسم مناسب، أعد رسم المخطط باستعمال الرموز القياسية مع التأشير على الأجزاء واتجاهات التدفق.



الشكل 2-47

18-8-2 الشكل (2-48) يوضح مخططاً ثلاثي الأبعاد للماكينات وتوصيلات الأنابيب ضمن الخط الإنتاجي لعملية إعداد معجون الطماطم، بمقياس رسم مناسب، أعد رسم المخطط باستعمال الرموز القياسية مع التأشير على الأجزاء واتجاهات التدفق.



الشكل 2-48

الفصل الثالث

مقاطع الأجهزة الصناعية

Industrial Equipments Sections

اهداف الفصل الثالث

بعد إنهاء الفصل الثالث يكون الطالب قادرا على أن يرسم:-

- **مقطعا طولياً لبرج التقطير ذي الصفائح الفقاعية.**
- **مقطعا طولياً في الخلاط ذي مروحة الدوران.**
- **مقطعاً طولياً في المبخرمن النوع المغلف.**
- **مقطعاً طوليا في المجفف الرذاذي من النوع المختلط ذي القرص المركزي الدوار.**
- **المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لمرجل بخاري ذي الأنابيب المائية.**
- **مقطعاً طولياً في المرشح الضاغط.**
- **مقطعاً أمامياً طولياً في مركز دوران المروحة الدافعة ومقطعاً جانبياً في جسم المضخة الطاردة المركزية.**
- **مقطعاً أمامياً طوليا في مبادل حراري من النوع الأنبوبي (الصدفة والأنبوب).**

تمهيد

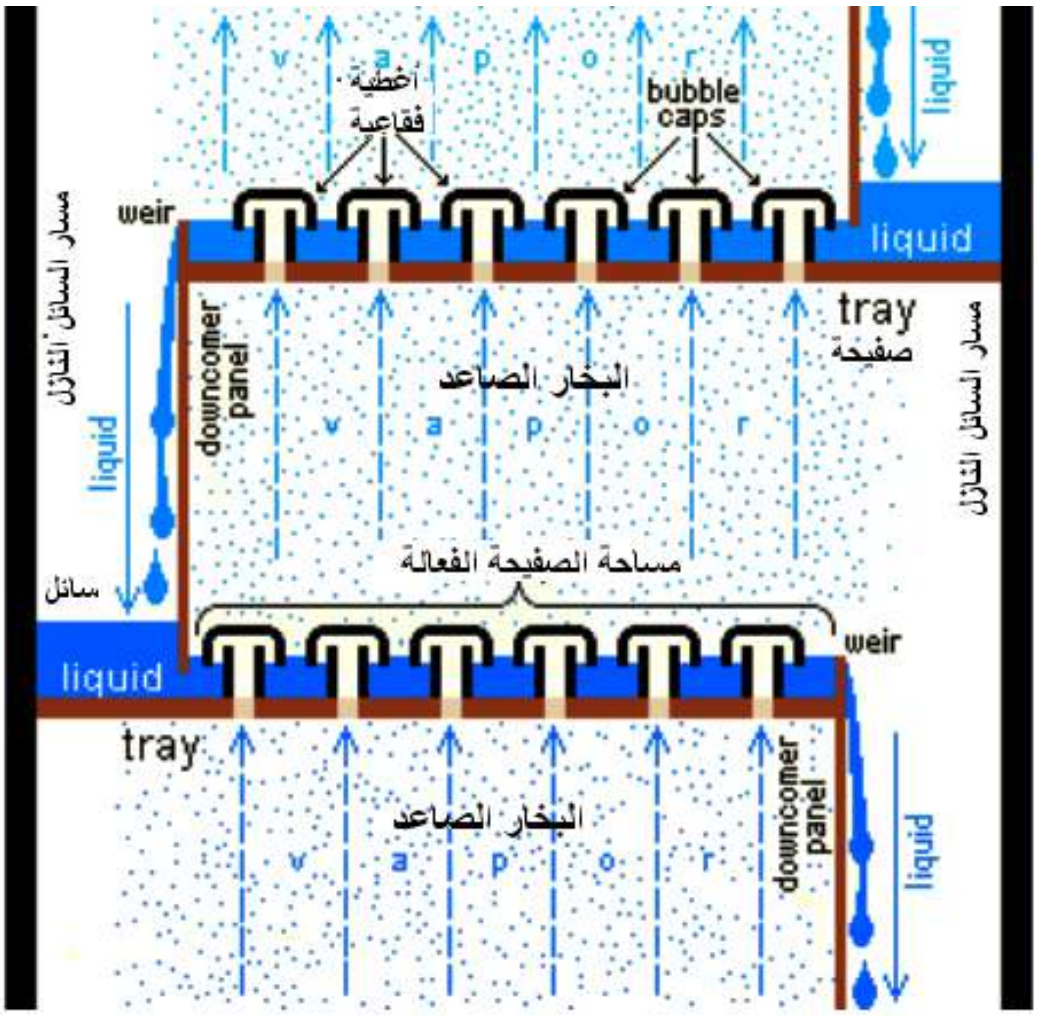
عند الاطلاع على دليل التشغيل (كاتولوج) لبعض الأجهزة والمعدات الصناعية نجد أن التركيب الداخلي لها يتم عرضه بشكل مقطع يبين طريقة التوصيل بين الأجزاء وطبيعة حركة الأجزاء المتحركة فضلاً عن اتجاه سريان السوائل والمواد التي تتم معاملتها داخل تلك المعدات، لذلك صار من الضروري التعرف على طريقة رسم تلك المقاطع والتعود عليها لما لذلك من فائدة تنعكس في الواقع التطبيقي مستقبلاً، وقد تم اختيار عدة أجهزة تستعمل غالباً في عمليات تصنيع المواد الغذائية.

3-1 رسم مقاطع الأجهزة الصناعية

ان رسم المقاطع من المواضيع التي تعرفنا عليها عند دراستنا لمادة الرسم الصناعي في المرحلة الدراسية السابقة، ولكن عند رسم مقاطع لأجزاء من المعدات الكبيرة نسبياً يضطر الرسام الى الخروج عن بعض القواعد الرئيسة في الرسم، إذ أن تلك الرسومات لها غرض توضيحي وليست لأغراض التصميم، لذلك صار من الضروري عدم رسم كل التفاصيل الدقيقة التي يحتويها مقطع الجزء المرسوم، فضلاً عن أن سمك الجدران سيكون قليلاً جداً نسبة الى حجم المعدات المرسومة مما لا يسمح بتظليلها (تهشيرها) إلاّ إذا استوجبت الحالة إظهارها، كذلك تم مراعاة التشابه بين رموز الأجهزة والمعدات الصناعية وبين المقاطع المرسومة لتلك المعدات.

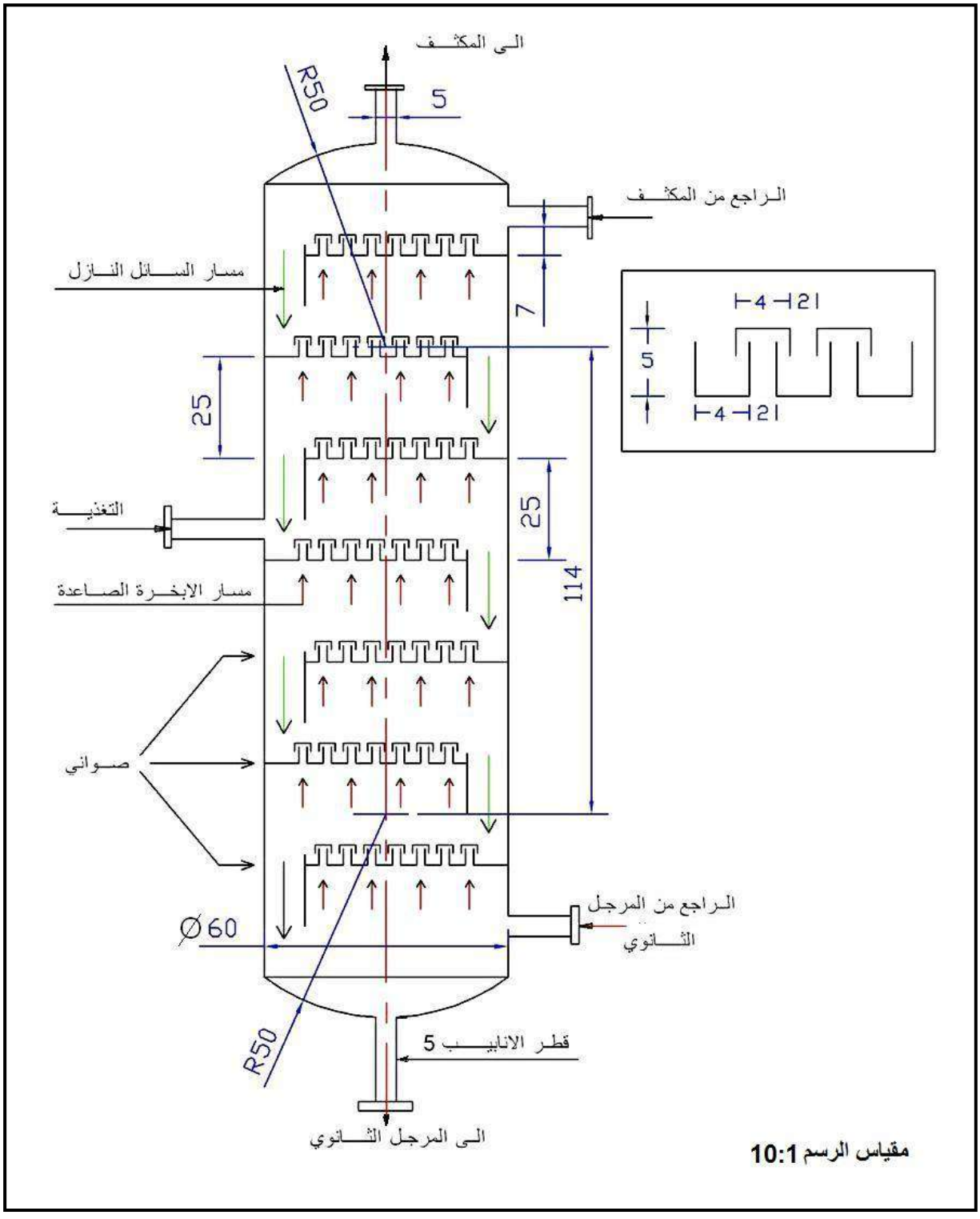
3-2 برج التقطير (Distillation Column)

تعرفنا في الفصل السابق على عملية التقطير التجزيئي والذي ينجز عن طريق أبراج متخصصة، ويتكون برج التقطير ذي الصفائح الفقاعية من سلسلة من الصفائح (صواني)، مثقبة ومثبتة في داخل البرج الاسطواني بمسافات بينية، في حين تغطى تلك الثقوب بأغطية فقاعية الشكل Bubble Cups تسمح بمرور البخار ولا تسمح بمرور السوائل، (الشكل 3-1)، ويتجمع السائل المبخر على كل صفيحة لينزل عن طريق مجار جانبية (Down comer)الى الصفيحة الأسفل منها ثم الى أسفل البرج.



الشكل 3-1 : مقطع لصفائح برج التقطير

ويبين الشكل (3-2) مقطعا طولياً لبرج التقطير ذي الصفائح الفقاعية .



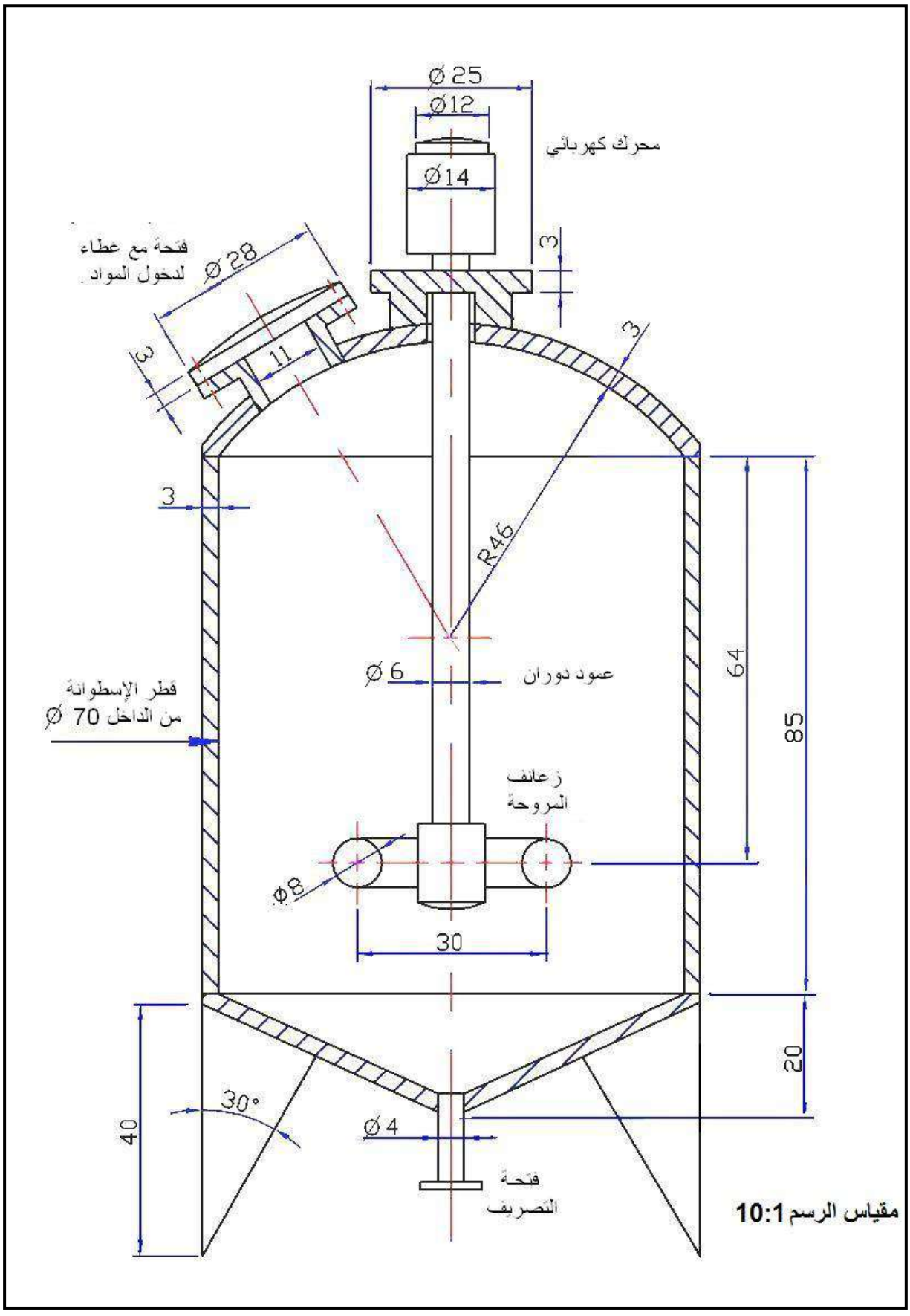
الشكل 3-2 : مقطع طولي في برج التقطير ذي الصفائح الفقاعية

3-3 خزان الخلط (Mixer Tank)

يستخدم خزان الخلط في خلط ومجانسة المواد،يستعمل الخزان لخلط العديد من المواد كمواد الطلاء، والمواد الكيماوية والطبية والغذائية وغيرها، وتكمن فائدته بتخفيض كلفة اليد العاملة في المعمل،ومن الممكن تحقيق مراقبة التغذية والتفريغ فضلاً عن عملية الخلط مراقبة يدوية وأوتوماتيكية، إذ يجهز خزان الخلط بمروحة الخلط تكون بشكل شفرة المرساة(Anchor)، أو لولبية (Propeller) وفقا لمتطلبات الإنتاج، الشكل (3-3)، ويتم تحريك الخلاط عن طريق محرك كهربائي يثبت في أعلى الخزان (مركزياً أو جانبياً) ويحتوي الخزان على فتحة لدخول المواد المطلوب خلطها مجهزة بغطاء محكم مع فتحة في أسفل الخزان لتصريف المواد.

الشكل 3-3 : خلاط ذي مروحة خلط

ويبين الشكل (3-4) مقطعاً طولياً في الخلاط ذي مروحة الدوران لولبية النوع.



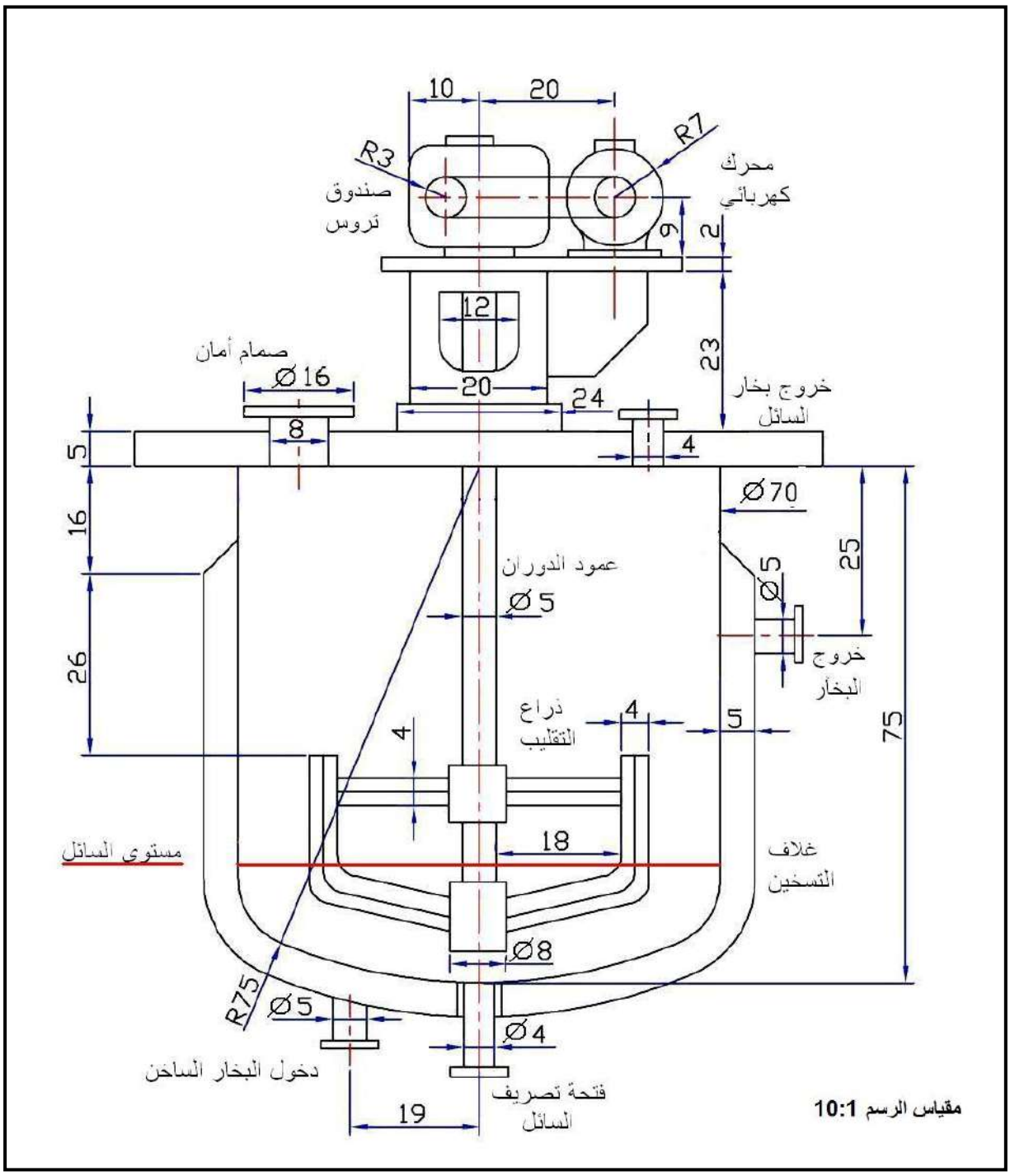
الشكل 3-4 : مقطع طولي في خلاط

4-3 المبخرات المغلفة (Jacketed Evaporator)

تطرقنا في الفقرة 2-1-1 الى أنواع المبخرات المستعملة في الصناعات الغذائية وعلى وجه الخصوص المستعملة في صناعة الألبان، ولكن توجد تصاميم أخرى للمبخرات تستعمل البخار لتسخين السائل المطلوب تبخره، إذ يمر بخار الماء الساخن في المبخرات المغلفة عن طريق جدار آخر يغلف الجزء الأكبر من اسطوانة السائل المطلوب تسخينه لغرض رفع درجة حرارته ومن ثم تبخره .

ويجهز المبخر بذراع لتقليب السائل يعمل على اختزال حجم الفقاعات الكبيرة التي قد تنشأ على السطح الداخلي للمبخر، فضلاً عن خلط المواد عند استعمال المبخر لأغراض أخرى (كمفاعل على سبيل المثال) .

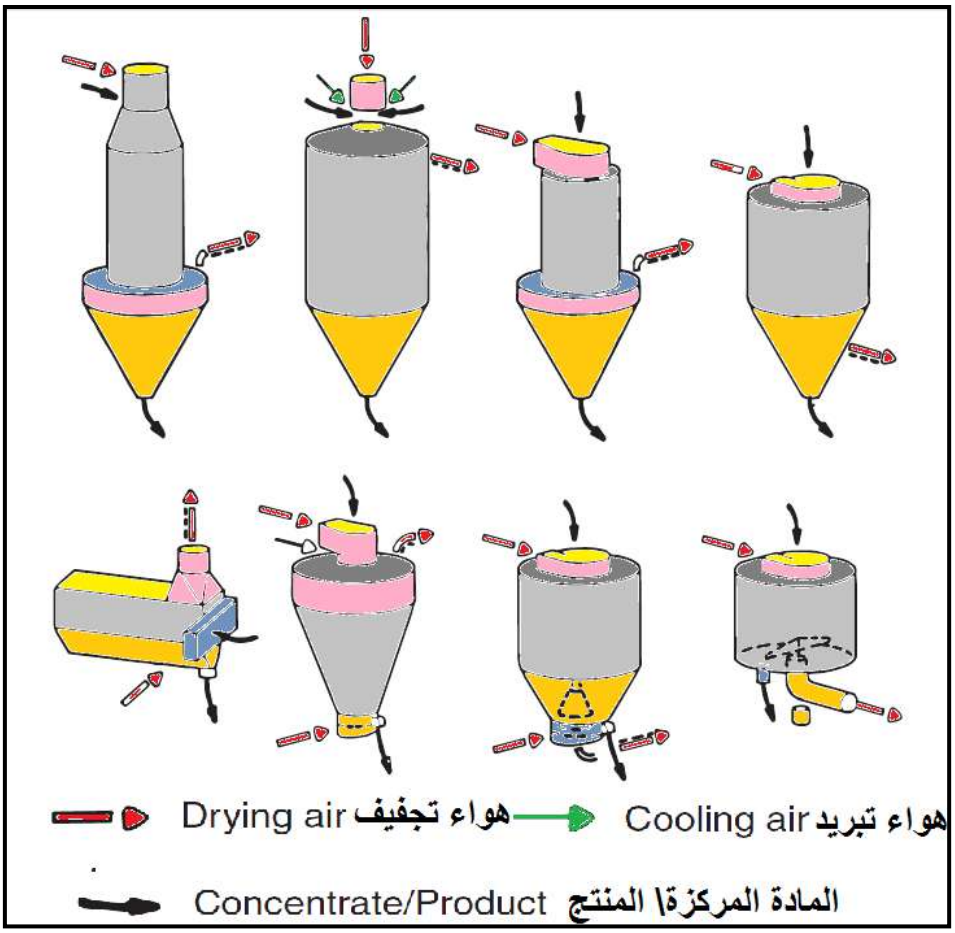
ويتحرك الخلاط عن طريق عمود يدور في وسط الخزان يتحرك بفعل صندوق تروس (تخفيض السرعة الدورانية) تنتقل له الحركة عن طريق سير مربوط على بكرة المحرك الكهربائي، ويتم استعمال هذا النوع عندما تكون كمية السائل المطلوب تسخينها قليلة، ويتميز بسهولة التركيب والتنظيف مع الكلفة الواطئة، إلاّ أن كفاءة هذا النوع من المبخرات قليلة بسبب صغر مساحة سطح التسخين، ويبين الشكل (3-5) مقطعاً طولياً في المبخر من النوع المغلف.



الشكل 3-5 : مقطع طولي في المبخر المغلف

5-3 المجفف الرذاذي ذي الطرد المركزي

تختلف انواع أبراج التجفيف بحسب اتجاهات التدفق للهواء الحار ومسارات المادة المركزة والمادة المجففة، ويبين الشكل (3-6) انواعاً متعددة لتلك الأبراج.

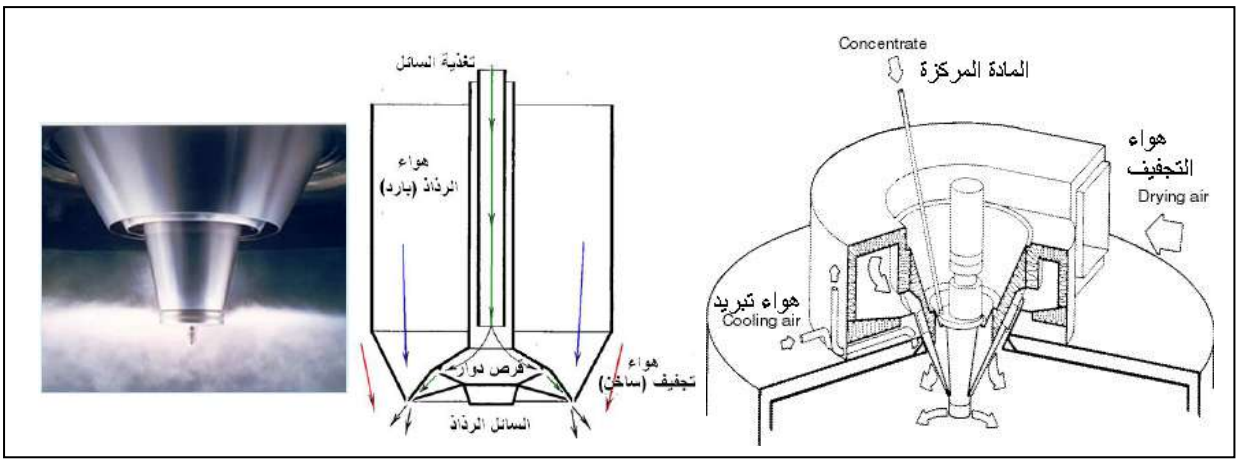


الشكل 3-6 : أنواع ابراج التجفيف بحسب اتجاهات التدفق

وقد تعرفنا في الفصل السابق على بعض الأنواع من المجفف الرذاذي بحسب التدفق وقد كان النوع الثالث (المختلط) يعتمد مرور الهواء من الأعلى فقط ليخرج من فتحة التصريف مع المنتج (المسحوق)، إلاّ انه يوجد نوع من المجففات ذات التدفق المختلط يدخل المنتج فيها عن طريق الرذاذ (Atomizer) ليتم نثره (بالطرد المركزي) نتيجة لحركة قرص دوار يتحرك بفعل الهواء المضغوط (البارد) أو عن طريق محرك كهربائي، ليختلط مع الهواء الحار، الشكل (3-7) .

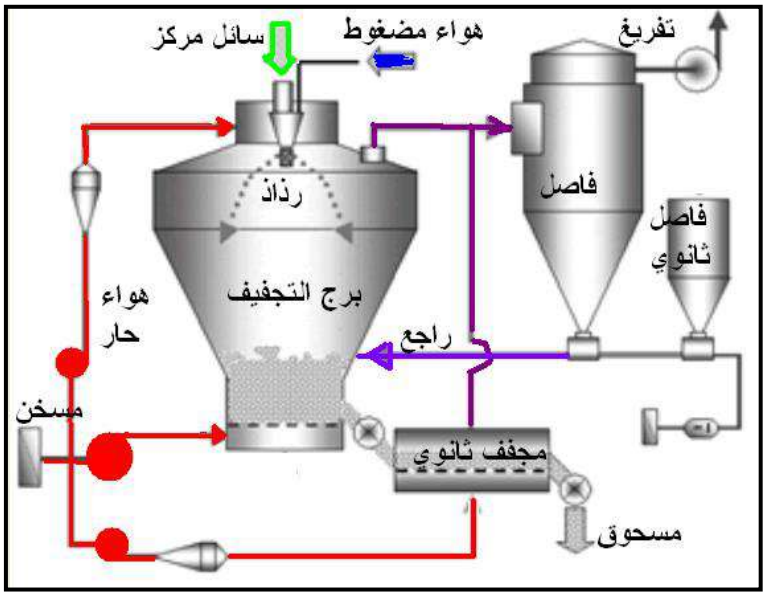
وفي الوقت نفسه يجابه الخليط تياراً من الهواء الحار يتدفق من الأسفل الى الأعلى من خلال مجرى ثانوي للهواء، ومن ثم ينزل مسحوق المادة المجففة الى الأسفل، ويتم سحب الهواء من داخل برج

التجفيف الى فاصلCyclone Separator لتنقيته مما علق به من غبار المادة المجففة عن طريق فتحة تقع في الجزء العلوي من برج التجفيف، فضلاً عن وجود مرحلة تجفيف ثانوية للمسحوق المنتج.



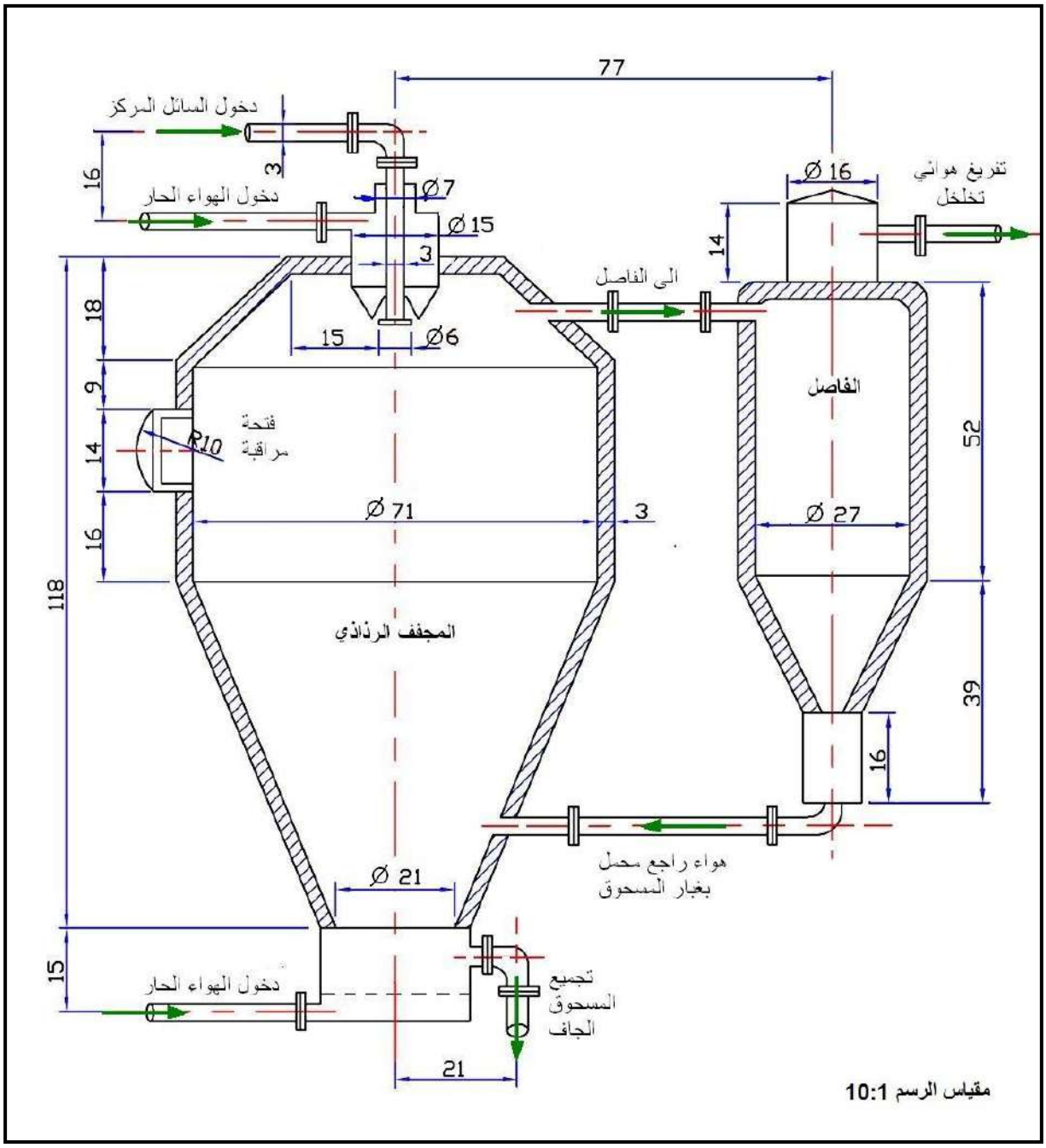
الشكل 3-7 : الرذاذ ذي القرص الدوار

ويبين الشكل (3-8) مخططاً لدورة التجفيف لذلك التصميم والذي يوضح اتجاهات مرور الهواء الحار مزدوج التدفق، والمراحل المتعددة في عملية التجفيف.



الشكل (3-8) مخطط لدورة التدفق في مجفف النثر الرذاذيذي القرص الدوار

ويبين الشكل (3-9)مقطعاً طولياً في المجفف الرذاذي من النوع المختلط ذي القرص المركزي الدوار(High-Speed Centrifugal Spray Dryer).

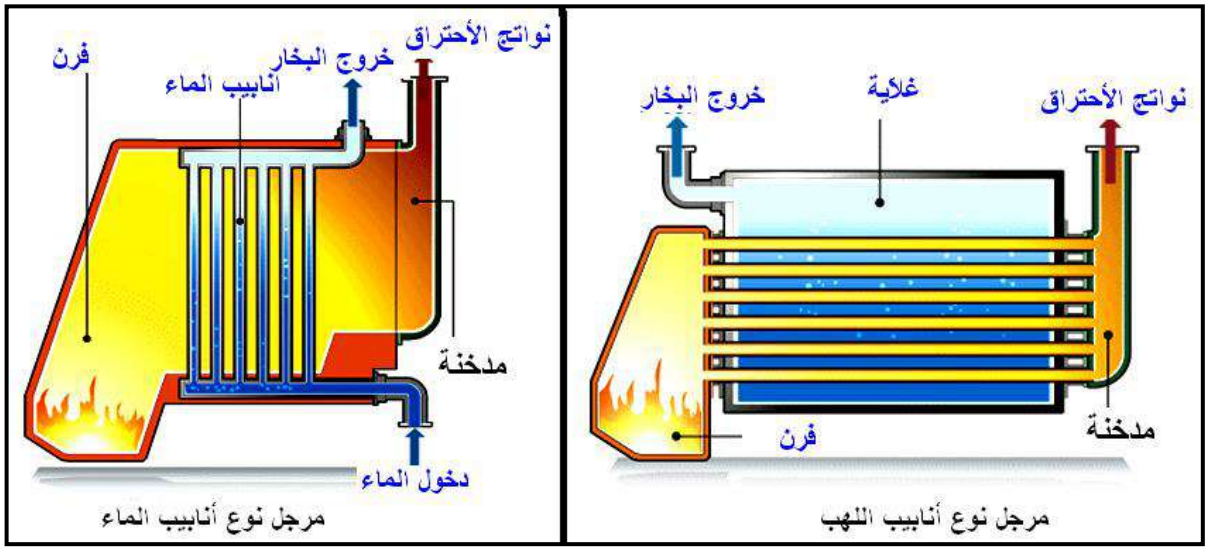


الشكل 3-9 : مقطع طولي في المجفف الرذاذي من النوع المختلط ذي القرص الدوار

6-3 الغلاية أو المرجل البخاري (Steam Boiler)

وعاء ضغط مصمم بشكل هندسي معين ليحول المياه إلى بخار عن طريق الحرارة وهذا البخار له ضغط محدد ودرجة حرارة معينة. وتستعمل الغلاية لتجهيز البخار المطلوب بمعدل سريان (تدفق) معين، ومن المعدات الملحقة بالغلاية هي الحارقات، مراوح دفع الهواء، مراوح سحب الغازات، مراوح تدوير الغازات، المدخنة، أنظمة التحكم، وغيرها من المعدات الأخرى.

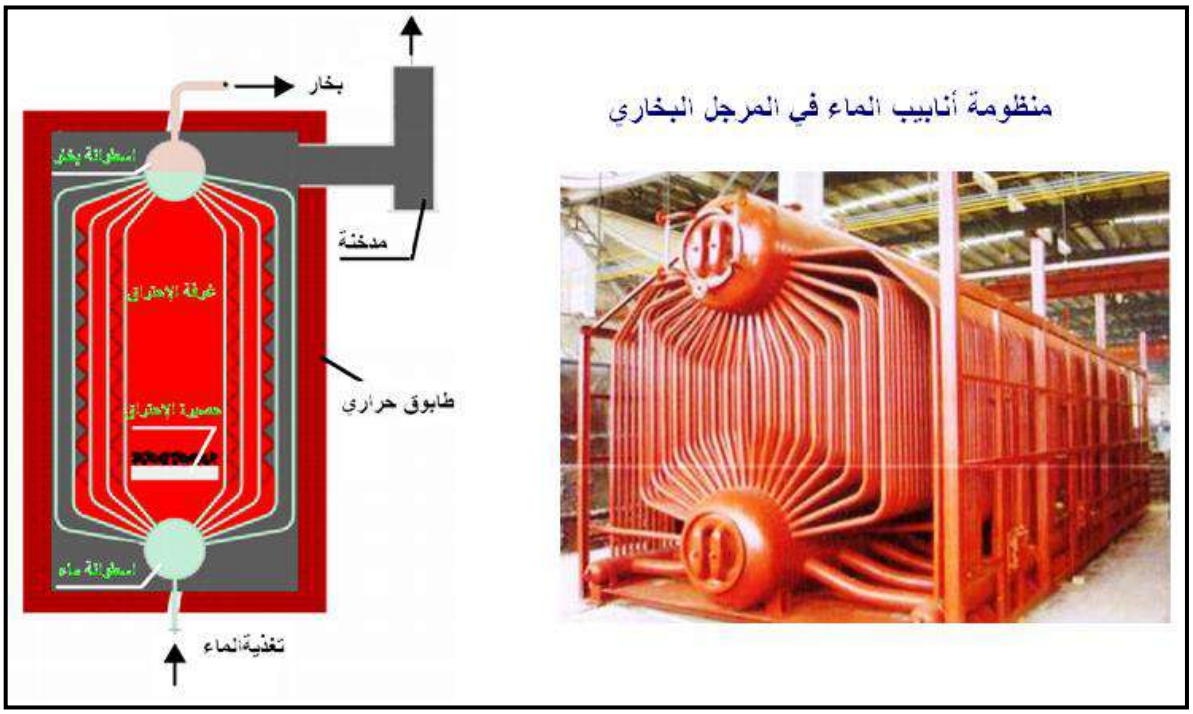
يوجد نوعان رئيسان من الغلايات بحسب نظام الأنابيب، الشكل (3-10)، الأول يسمى بالمرجل ذي أنابيب اللهب (Fire Tube) ، إذ تمرر غازات الاحتراق الساخنة داخل أنابيب والمياه تكون حولها وبذلك تتعرض كميات كبيرة من المياه للحرارة، ويسمى النوع الثاني بالمرجل ذي الأنابيب المائية (Water Tube) وفيه تدخل المياه الى اسطوانة متصل بها أنابيب، تتحول المياه بداخلها الى بخار عن طريق غازات الاحتراق التي تمر حول أنابيب المياه وانتقال الحرارة يتم من الغازات ثم الى جسم الأنبوب ثم الى المياه، وهذا النوع من المراجل ينتج كميات كبيرة من البخار بضغطٍ عالٍ ودرجة حرارة مرتفعة لذلك يستعمل في محطات إنتاج الطاقة الكهربائية.



الشكل 3-10 : أنواع الغلايات

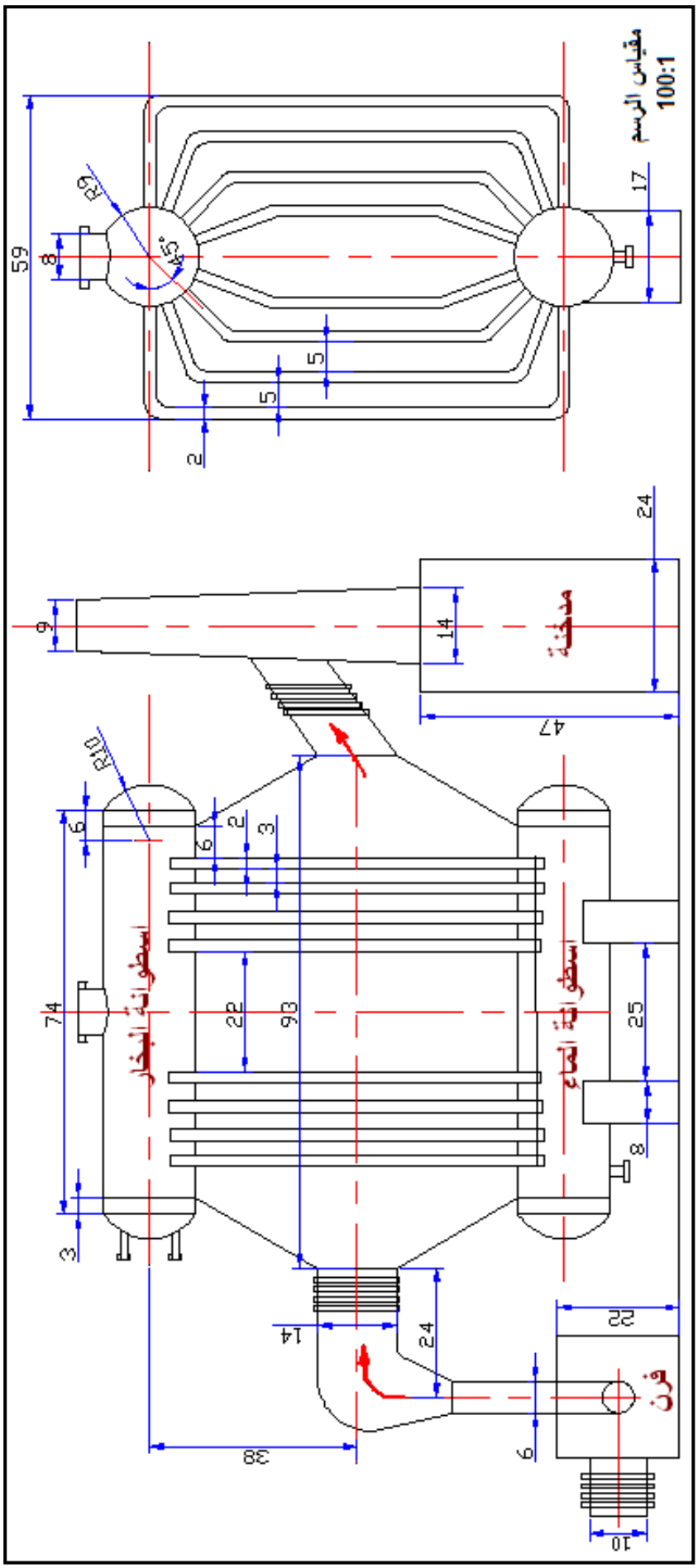
تحتوي الغلاية الإشعاعية على غرفة الاحتراق وممر لغازات العادم ويركب بغرفة الاحتراق المشعل وهو مصدر اللهب الناتج من احتراق الوقود والهواء وتنتقل الحرارة الى الأنابيب عن طريق الإشعاع ومن ثم الى المياه داخل الأنابيب عن طريق التوصيل .

تصل مياه التغذية من مضخات التغذية الى الاسطوانة العليا (Drum) الموجودة في أعلى الغلاية يخرج من الاسطوانة أنابيب هابطة تقوم بتوزيع المياه على جانبي الغلاية، الشكل (3-11)، ونظرية عمل الغلاية تعتمد على الدوران الطبيعي للمياه نتيجة اكتساب مياه التغذية الحرارة فتنخفض كثافتها وتصعد لتحل محلها مياه اقل حرارة قادمة من الاسطوانة وبذلك تستمر الدورة وترجع الى الاسطوانة عن طريق الأنابيب الصاعدة مرة أخرى ليتم فصل البخار عن المياه فيصعد البخار الى أعلى ليخرج وترجع المياه مرة أخرى الى الاسطوانة .



الشكل 3-11 : الغلاية ذات أنابيب الماء

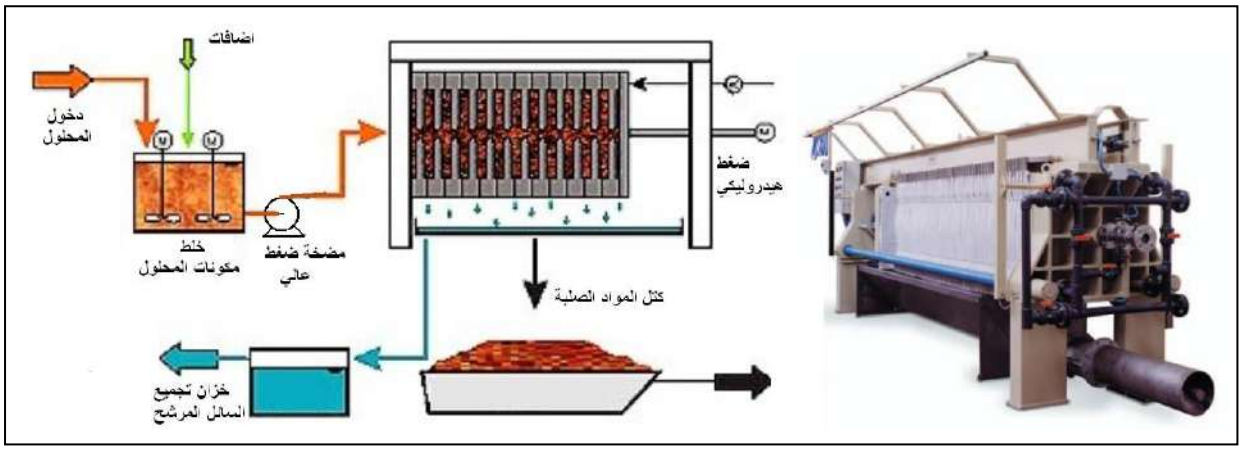
ويبين الشكل (3-12) المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لمرجل بخاري ذي الأنابيب المائية.



الشكل 3-12 : المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لمرجل بخاري ذي الأنابيب المائية

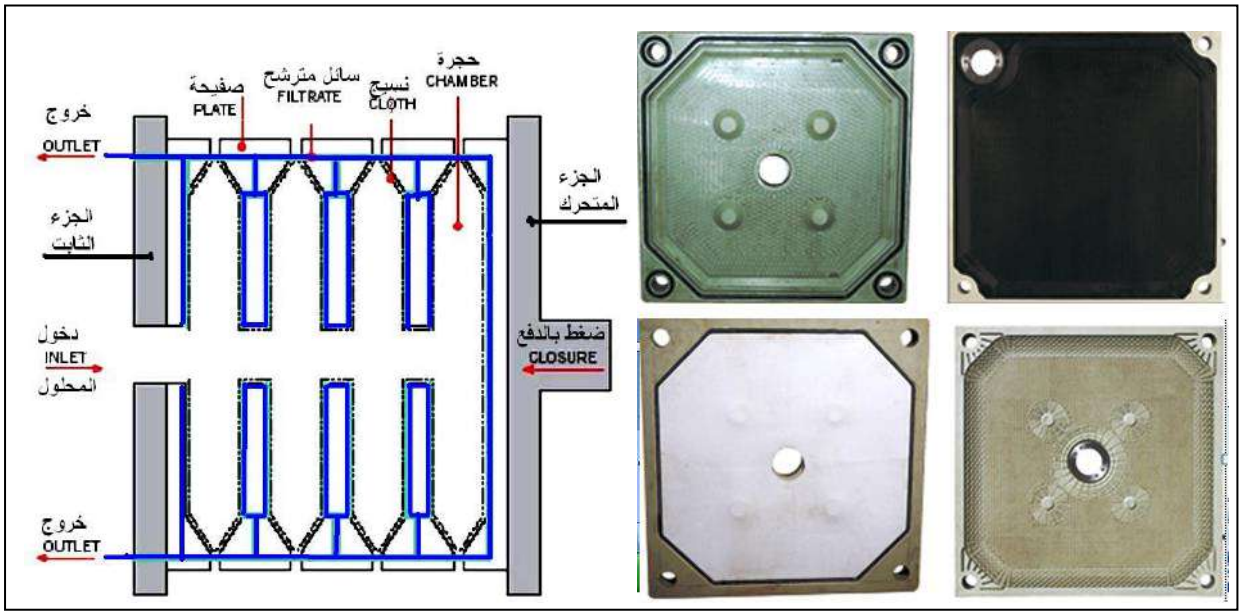
3-7المرشح الضاغط (Filter Press)

مرشح يشمل مجموعة صفائح مصفوفة بشكل عمودي، تضغط معاً عن طريق دافعة يدوية أو هيدروليكية من إحدى الجهات، ويسلط الضغط لفصل السوائل عن المواد الصلبة من خلال المرشحات، ثم تستخرج الكتل الصلبة (Cakes) من حجرات الترشيح بعد إزالة قوة الضغط، ويتم تصريف السوائل من خلال قنوات تجميع (في الأركان الأربعة لصفائح الترشيح) بعد مرورها خلال نسيج مثقب، ويبين الشكل (3-13) مخططاً لعملية الترشيح، ومنظر جانبي للمرشح يظهر فيه أنابيب التغذية.



الشكل 3-13 : مخطط عملية الترشيح عن طريق المرشح الضاغط، ومنظر جانبي للمرشح

ويبين الشكل (3-14) الأجزاء الرئيسة للمرشح الضاغط.



الشكل 3-14 : أجزاءالمرشح الضاغط

تتضمن دورة الترشيح عدة مراحل، الشكل (3-15) - هي:

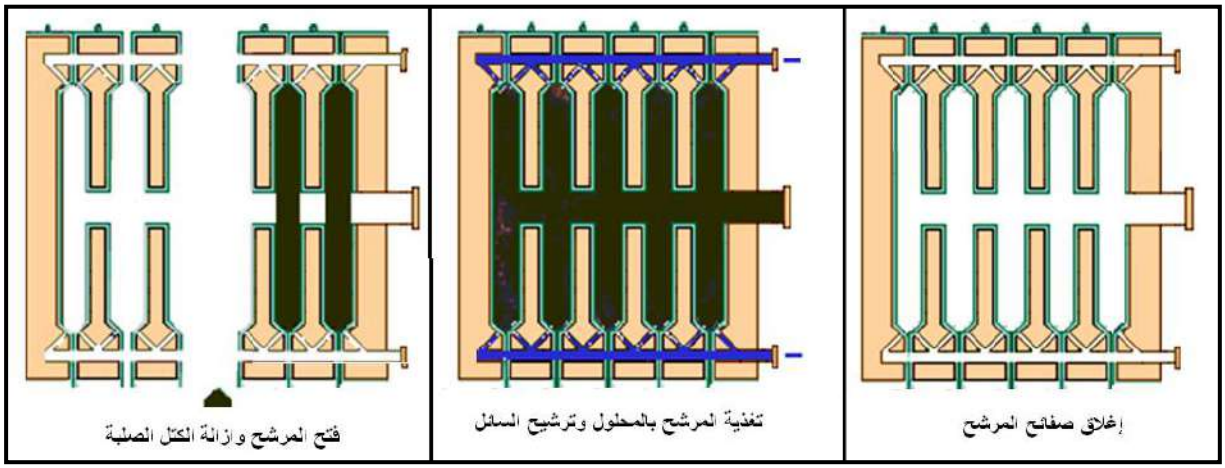
1. إغلاق صفائح المرشح: ويتم بضغط الصفائح معا بتسليط قوة كبس على الجزء المتحرك، إذ تصطف الألواح المرشحة وتتطابق الثقوب لتشكل مجاري المحلول (الثقب المركزي) ومجاري السائل المرشح (ثقوب الأركان)،

2. المليء: ويتم حشو الحجرات بالمحلول المطلوب ترشيحه عن طريق مضخة ذات ضغط عالي وبسرعة مناسبة لتفادي الترشيح في الفجوة الأولى دون الأخيرة وضمان امتلاء الحجرات بالكامل في الوقت نفسه.

3. الترشيح: نتيجة لارتفاع الضغط يتم مرور السائل المرشح من خلال أغشية المرشح (النسيجي) مما يشكل طبقات من الوحل على تلك الأغشية يتم السيطرة على تلك العملية يدوياً أو عن طريق مؤقت يتبعها ضخ للهواء لإكمال عملية الترشيح.

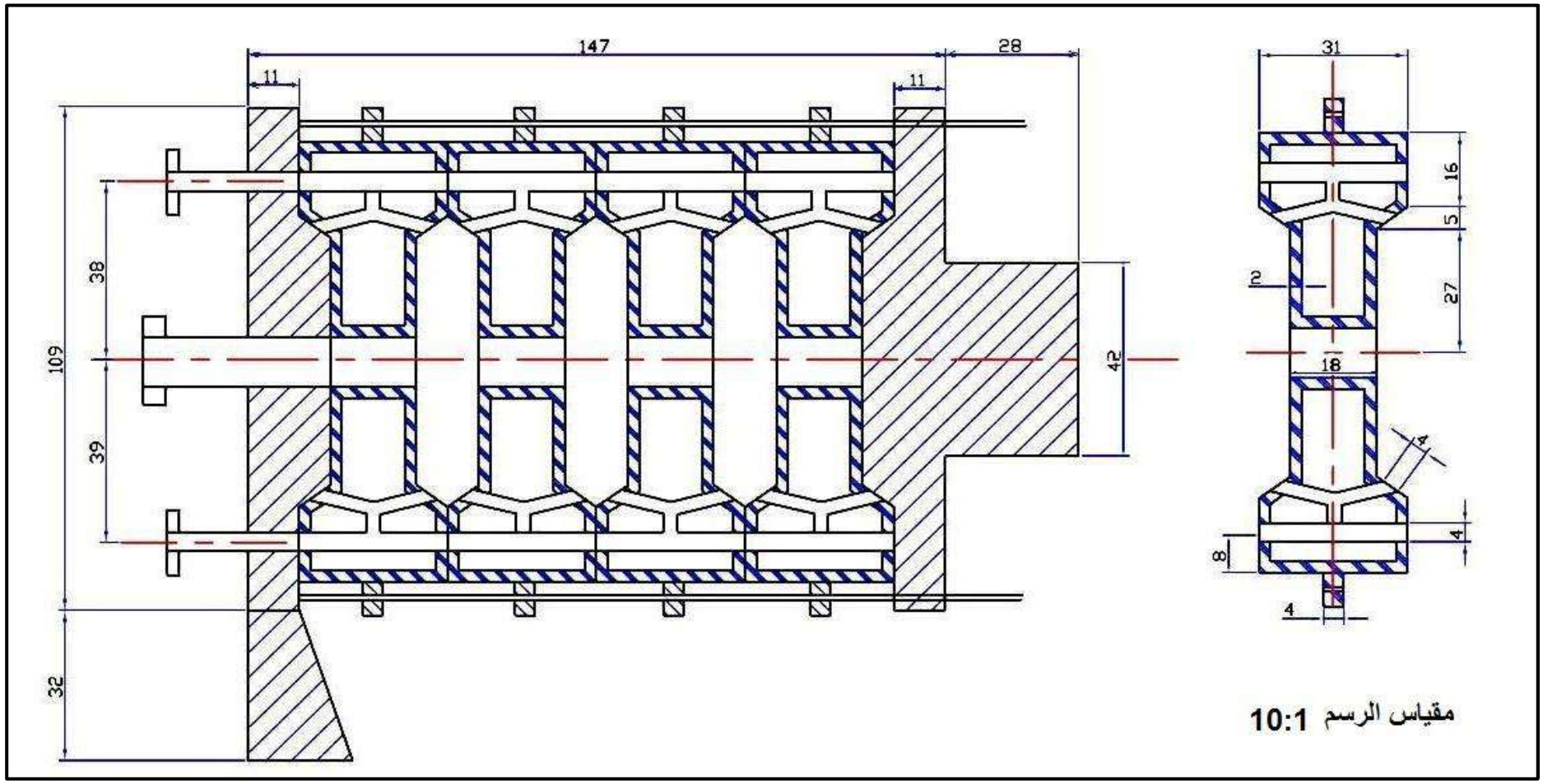
4. فتح المرشح : يزال الضغط المؤثر على صفائح المرشح وذلك بسحبها مما يسمح بخروج الكتل الصلبة وتنفصل عن الصفائح ومن الحجرات تباعاً.

5. الغسل : وينفذ بعد كل 30 عملية معالجة وذلك بضخ ماء بالاتجاه العكسي وتحت ضغط عالي يصل الى100 bar يتبعه فتح الصفائح.



الشكل 3-15 : مراحل ترشيح المحلول عن طريق المرشح الضاغط

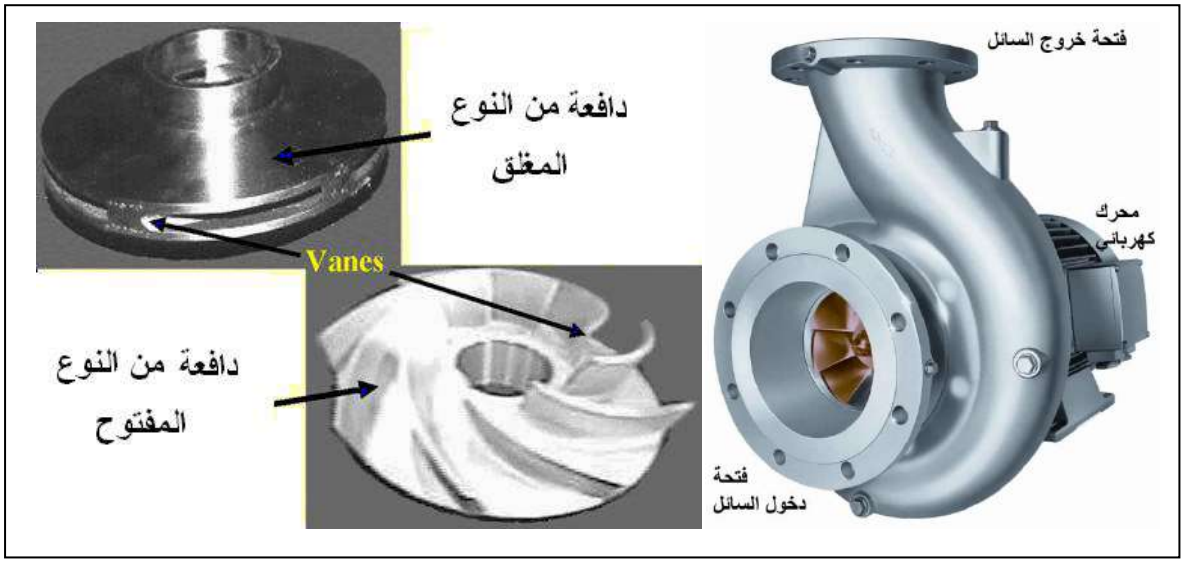
ويبين الشكل (3-16) مقطعاً طولياً في المرشح الضاغط.



الشكل 3-16 : مخطط لمقطع طولي في المرشح الضاغط

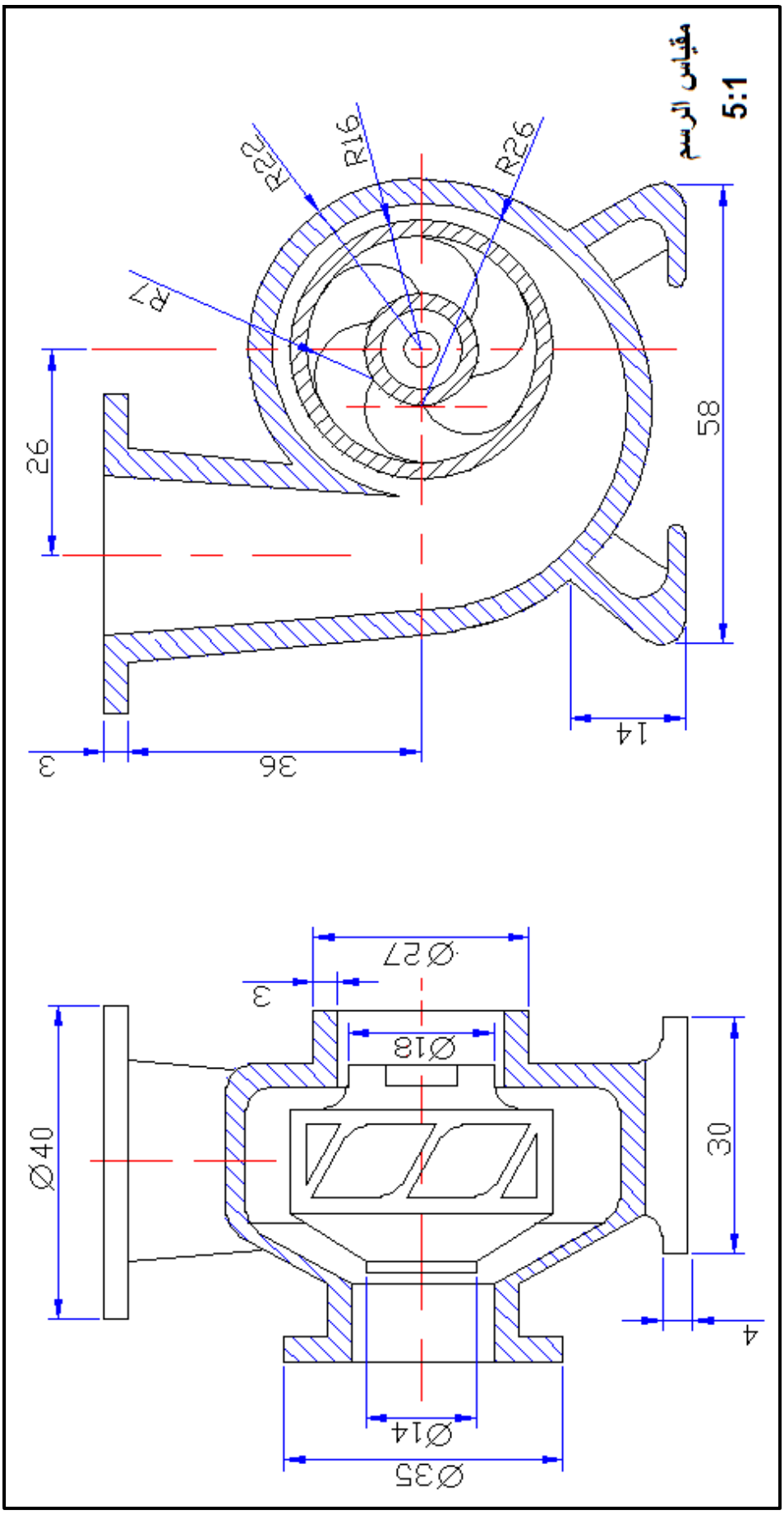
3- 8 مضخة الطرد المركزي(Centrifugal Pump)

تستخدم مضخات الطرد المركزي عادة لنقل السوائل خلال الأنابيب وتعمل عن طريق تحويل الطاقة الحركية الناتجة عن الدوران، وعادة من محرك كهربائي، الى زيادة ضغط السائل الثابت، إذ يتم إكساب طاقة حركية للسائل عن طريق دوران دافعة المضخة (البشارة)(Pump Impeller) التي تسحب السائل من المركز وتدفعه بقوة خلال زعانف تدعى بمراوح الدافعة (Impeller Vans) ومن ثم يدفع السائل الى الخارج عبر فتحة.



الشكل 3-17 : مضخة الطرد المركزي ذات البشارة

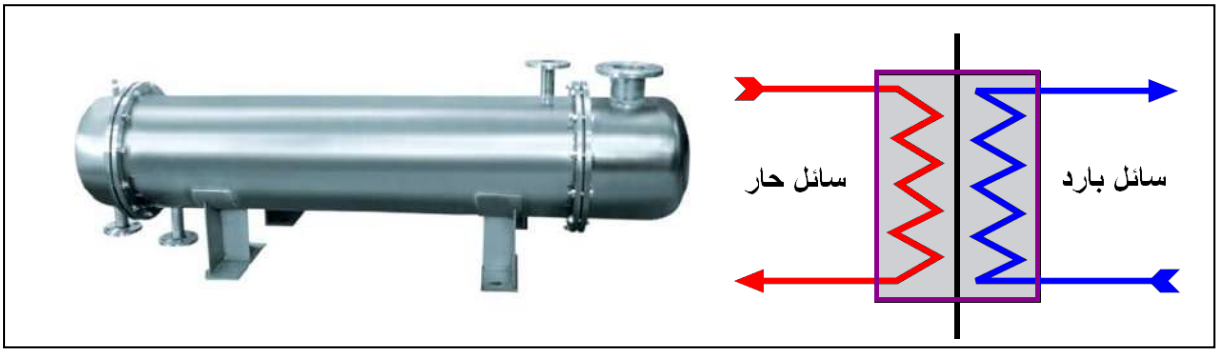
ويبين الشكل (3-18) مقطعاً أمامياً طولياً في مركز دوران المروحة الدافعة ومقطعاً جانبياً في جسم المضخة الطاردة المركزية .



الشكل 3-18 : المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لمضخة الطرد المركزي

9-3 المبادل الحراري (Heat Exchanger)

المبادل الحراري: جهاز يستعمل لتغيير درجة حرارة المائع عن طريق تمريره في أنابيب تتخلل وسط آخر، إذ يكون الوسط الآخر عالي الحرارة إذا أردنا رفع درجة حرارة السائل أو الغاز المرغوب رفع حرارته، كما يمكن تبريد السائل أو الغاز المطلوب تبريده بتمريره في أنابيب تمر في وسط آخر درجة حرارته منخفضة، وأن عملية انتقال الحرارة من وسط الى وسط آخر تسمي تبادل حراري، والجهاز الذي تتم فيه العملية يسمى مبادل حراري، الشكل (3-19).

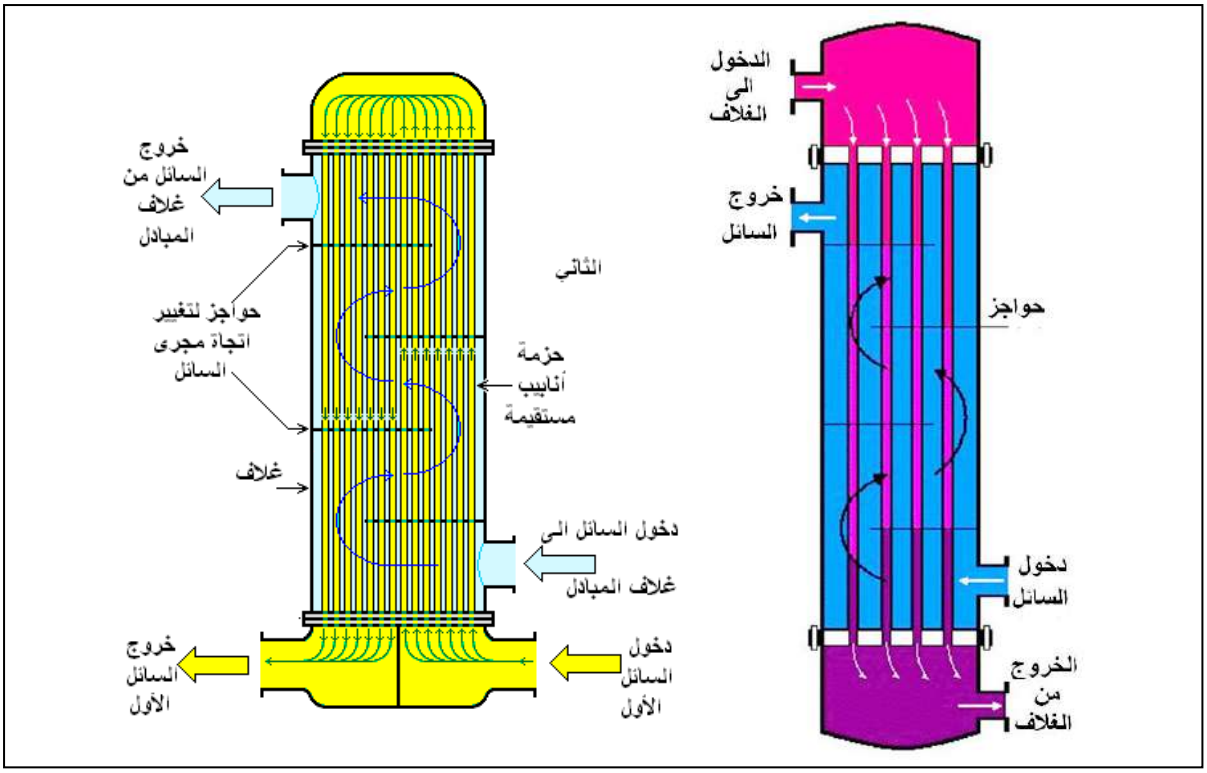


الشكل 3- 19: المبادل الحراري (نوع الصدفة والأنبوب)

وقد تكون السوائل التي يتم التبادل الحراري فيما بينها، ربما ماء و ماء، أو ماء و بخار، أو ماء و زيت و الغرض منها أما التبريد أو التسخين فمثلا في أجهزة البسترة يتم تبادل الحرارة أولاً بين الحليب البارد مع ماء ساخن خلال ألواح معدنية و بعد ذلك يتم تبريد الحليب الساخن عن طريق تبريده بماء بارد و ربما يكون حليب مع حليب ويفصلهم ألواح معدنية و ليست كل أنواع المبادلات ألواح و لكن هناك مبادلات أنبوبية الشكل وهناك العديد من التصميمات، وتستعمل المبادلات ليس فقط في تصنيع الألبان و لكن في كل الصناعات الغذائية التي تحتاج الى تبريد أو الى تسخين.

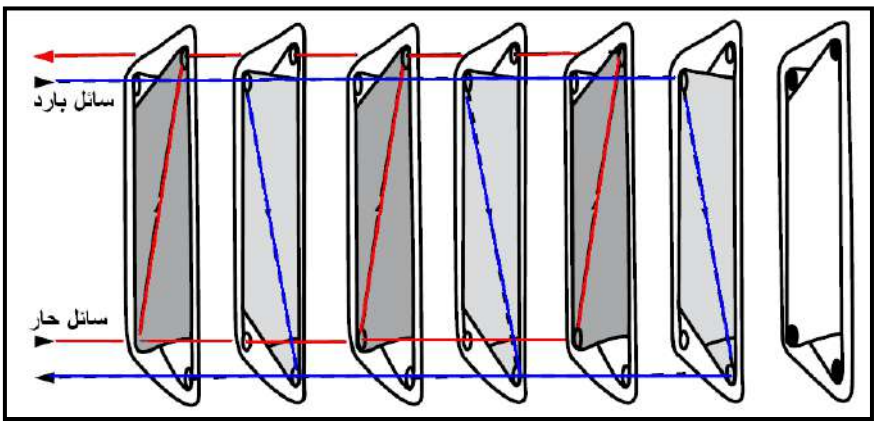
من أصناف المبادلات الحرارية ذات الاستعمال الواسع ما يأتي:-

- المبادلات الحرارية الأنبوبية (Tubular Heat Exchangers) : ومنها ذات الأنبوب الثنائي (Double Tube) او تلك التي تحوي على غلاف بداخله حزمة من الأنابيب المستقيمة (الصدفة والأنبوب)(Shell and Tube)، ويبين الشكل (3-20) إنموذجين لتلك المبادلات.



الشكل 3-20 : مبادلات حرارية أنبوبية (نوع الصدفة والأنبوب) تختلف بحسب اتجاه مجرى السوائل

- **المبادلات الحرارية الصفائحية Plate Heat Exchangers : وتتشكل من صفائح مستطيلة الشكل تثبت بشكل عمودي بهدف زيادة المساحة السطحية للتبادل الحراري، الشكل (3-21).**

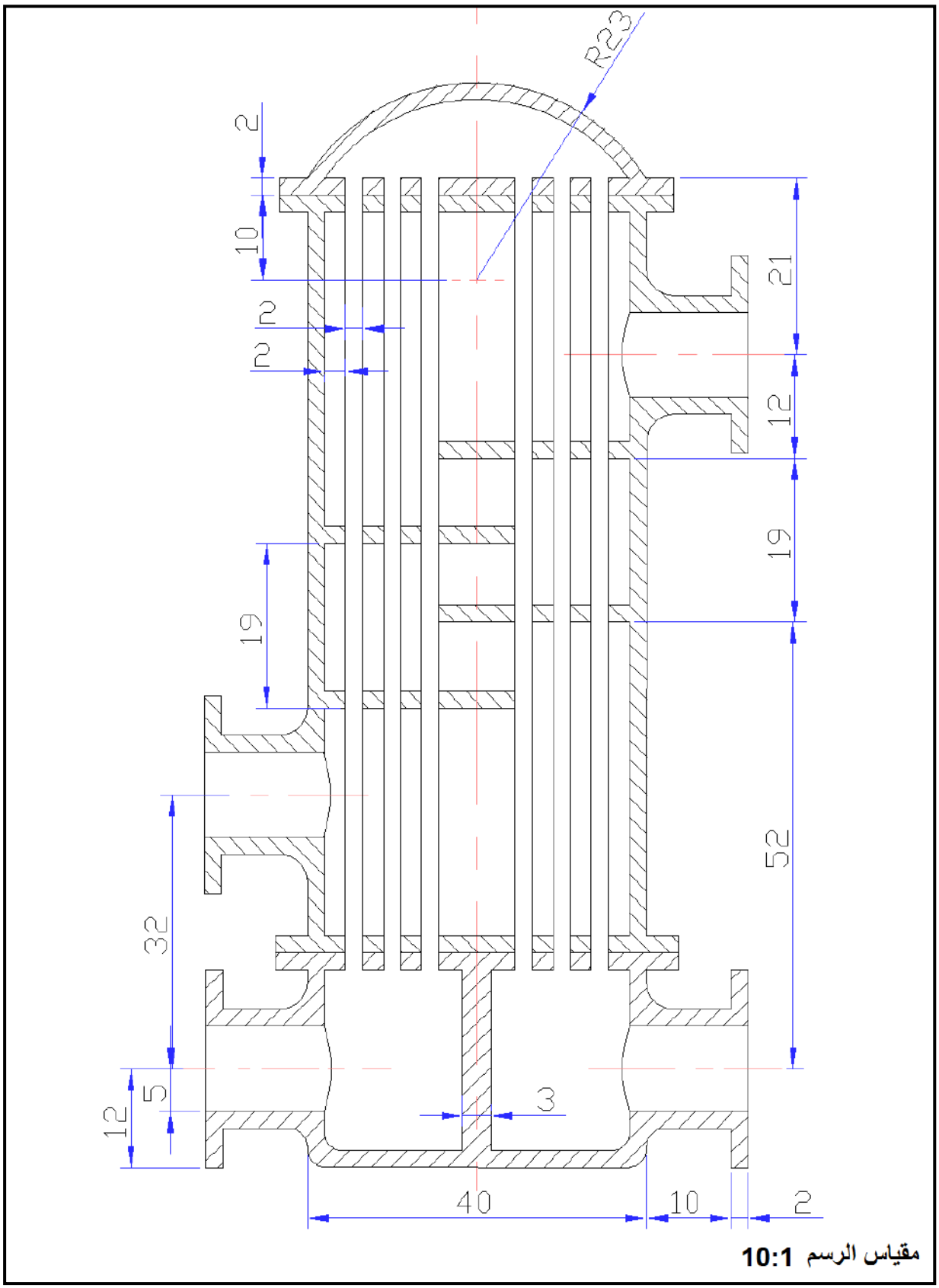


الشكل 3-21 : طريقة عمل المبادل ألصفائحي

وتجمع سلسلة من الصفائح التي تحتوي على ثقوب في أركانها الأربعة وعلى التوالي، فالصفيحة ذات السائل الحار تليها الصفيحة ذات السائل البارد وهكذا، لتجمع كلها بين صفيحتين تشكلان هيكل المبادل الخارجي، الشكل (3-22).

الشكل 3-22 : التركيب الداخلي للمبادل الصفائحي

ويبين الشكل (3-23) مقطعاً أمامياً طولياً في مبادل حراري من النوع الأنبوبي.



الشكل 3-23 : مقطع أمامي طولي في مبادل حراري من النوع الأنبوبي، (الصدفة والأنبوب)

10-3أسئلة الفصل الثالث

ملاحظة: تؤخذ الأبعاد الناقصة من الرسوم الهندسية، أو يتم تقديرها بحسبما يناسب مقياس الرسم.

1-2-3 أ) وضح طريقة عمل برج التقطير ذي الصفائح الفقاعية.

ب) بمقياس رسم 1:1، ارسم مقطعاً طولياً لبرج التقطير ذي الصفائح الفقاعية.

الحل: الشكل (3-2).

2-2-3 أ) وضح استعمالات الخلاّط ذي مروحة الدوران.

ب) بمقياس رسم 1:1، ارسم مقطعاً طولياً في الخلاط ذي مروحة الدوران.

الحل: الشكل (3-4).

3-2-3 بمقياس رسم 1:1، ارسم مقطعاً طولياً في المبخر من النوع المغلف.

الحل: الشكل (3-5).

4-2-3 أ) ارسم مخططاً لدورة التدفق في مجفف النثر الرذاذي من النوع المختلط ذي القرص المركزي الدوار.

ب) بمقياس رسم 1:1، ارسم مقطعاً طولياً في المجفف الرذاذيمن النوع المختلط ذي القرص المركزي الدوار.

الحل: الشكل (3-9).

5-2-3 أ) قارن بالرسوم التخطيطية بين النوعين الرئيسين للغلايات، مع التأشير على الأجزاء.

الحل: الشكل (3-10).

ب) بمقياس رسم 1:1، ارسم المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لمرجل بخاري ذي الأنابيب المائية.

الحل: الشكل (3-12).

6-2-3 أ) وضح طريقة عمل المرشح الضاغط مع بيان تركيبته الداخلية، ثم بين مراحل دورة الترشيح الخمسة.

ب) بمقياس رسم 1:1، ارسم مقطعاً طولياً في المرشح الضاغط.

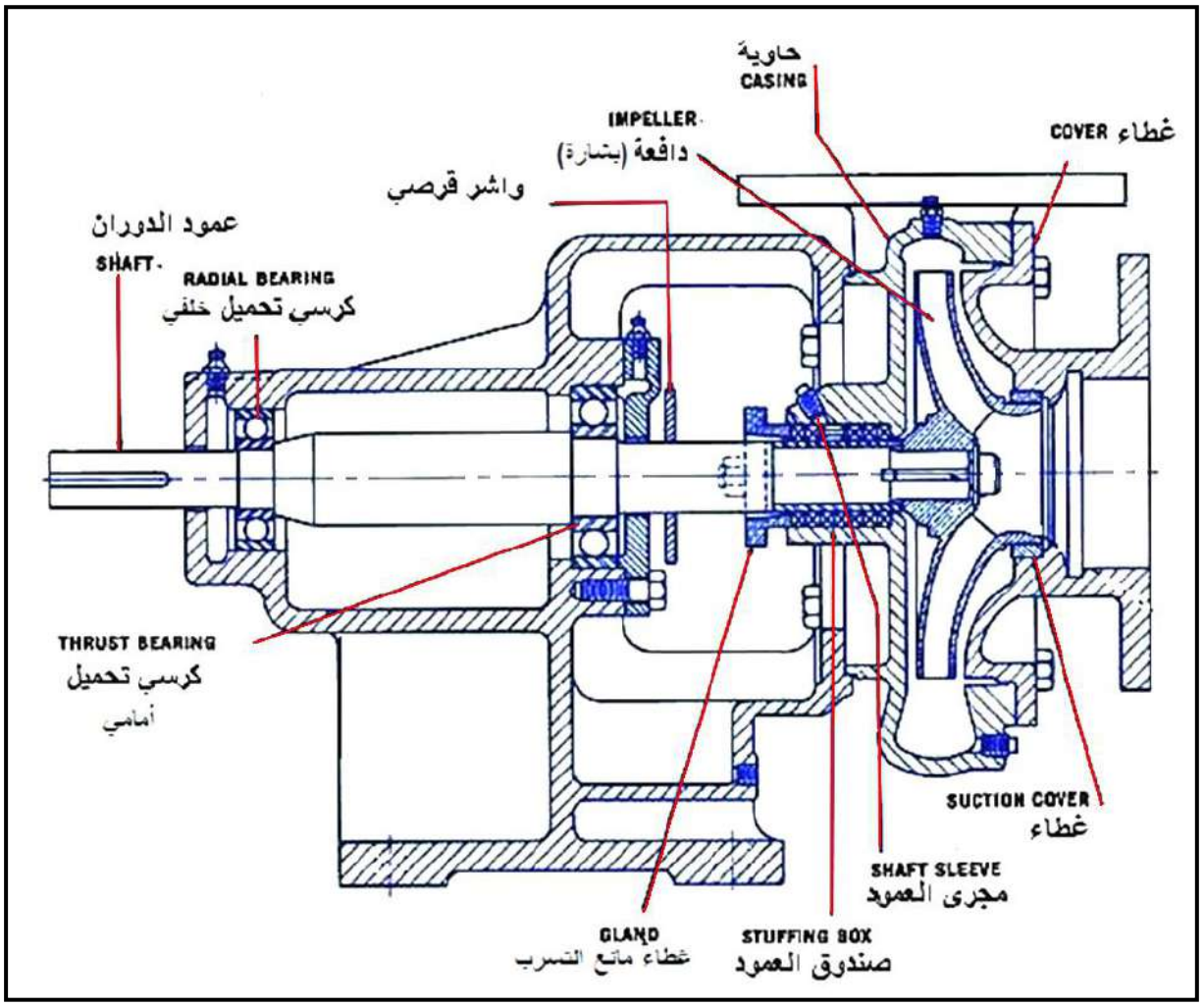
الحل: الشكل (3-16).

7-2-3 أ) بين استعمالات مضخات الطرد المركزي.

ب) بمقياس رسم 1:1، ارسم مقطعاً أمامياً طولياً في مركز دوران المروحة الدافعة ومقطعاً جانبياً في جسم المضخة الطردة المركزية.

الحل: الشكل (3-18).

8-2-3 بمقياس رسم 2:1، (تكبير)، ارسم المقطع الأمامي الكامل والخاص بمضخة الطرد المركزي، والمبين في الشكل (3-24).



الشكل 3-24

9-2-3 أ) عرف المبادل الحراري، واذكر الفرق بين صنفي المبادلات الحرارية ذات الاستعمال الأوسع.

ب) بمقياس رسم 1:1، ارسم مقطعاً أمامياً طولياً في مبادل حراري من النوع الأنبوبي.

الحل: الشكل (3-23).

المراجع

1. Giesecke, Mitchell, Spencer, Hill - Technical Drawing – Macmillan Publishing Co. Inc. 1988. New York.
2. Mechanical Separation Division- Westfalia Separator food TEC-Germany, A company of technologies group, 1996. www.westfalia-separator.com.
3. http://www.spray-dryer.com/.
4. M. Saska, B.S. Zossi and H. Liu, “Removal of color in sugar cane juice clarification by defecation, sulfitation and carbonation” 2009.
5. D.G. Austin, Chemical Engineering Drawing Symbols, George Godwin, London, 1979.
6. APV Heat Transfer Handbook, A History Of Excellence. www.apv.com. Copyright © 2008 SPX Corporation.
7. Graphic Symbols for Process Displays,ISA–5.5–1985, Formerly ISA–S5.5–1985.

تم بعونه تعالی