شركة مصافي الوسط

مصفى الدورة

معهد التدريب النفطي (بغداد)

قسم التطوير

دورة المراجل البخارية

لمراجل أنابيب النار

أعداد

المهندس الاقدم

قصي عبد الإله محمد سعيد

2010

qusai_mrco@yahoo.com

الاخوة المهندسين العرب

اضع هذه الكراسة بين ايديكم عسى ان تستفيدوا منها انشاء الله ونسئلكم الدعاء لوالدي ولنا وعند قرائتكم لهل ارجو ان لاتبخلوا بالملاحظات او التعليق البناء او ارسال اي معلومة في مجال المراجل البخارية وشكرا .

المهندس
قصي عبد الاله محمد سعيد
qusai_mrco@yahoo.com

مقدمة

بخار الماء:

هناك حاجة إلى بخار الماء في الكثير من المنشات الصناعية وبالإمكان تصنيف استخدامه في مجالين أساسيين :

1- لأغراض التسخين :ويستعمل بخار الماء أما بصورة مباشرة أو في المبادلات الحرارية في تسخين المواد في صناعات متعددة .

2-في توليد القدرة الكهربائية .

ويستخدم في تشغيل المحركات البخارية التي تعمل على تدوير المولدات ,المضخات والكابسات .

الاستخدامات الأخرى لبخار الماء

1-تذرية الوقود السائل لأغراض الاحتراق .

2-التدفئة المركزية .

3-طرد او نزع المواد المتطايرة او الغير مرغوب بها .

4-عامل مساعد لبعض العمليات الكمياوية .

5-كوسط مناسب لعمليات التنظيف والقشط للأوعية من الداخل .

6-إطفاء الحرائق .

يصنف بخار الماء حسب ضغطه إلى :-

1. بخار ذو ضغط عالي يتراوح بين 60-90 بار .
2. بخار ذو ضغط مرتفع يتراوح بين25-35 بار.
3. بخار ذو ضغط متوسط يتراوح بين 10-15 بار .
4. بخار ذو ضغط واطئ يتراوح بين 1,5-3 بار.

توليد بخار الماء :-

هناك ثلاث مراحل لتحويل الماء الخالي من الأملاح إلى بخار ماء محمص .

1. رفع درجة حرارة الماء إلى درجة حرارة التبخير والتي تختلف حسب الضغط وتعرف هذه الحرارة بحرارة التسخين .
2. تحويل الماء إلى بخار عند درجة حرارة و ضغط ثابتين وتدعى الحرارة اللازمة للتبخير وتقدر 540 (ك سعرة /كغم) ماء عند الضغط الاعتيادي .
3. تحويل البخار المشبع الى بخار محمص

درجة الغليان (Boiling temp.) :هوعملية تبخير سريع تحدث في جميع اجزاء السائل في درجة حرارة معينة مصحوبة بفقاعات كبيرةمملؤة ببخار السائل ويطلق على درجة الحرارة التي يحصل عندها الغليان تحت الضغط الجوي الاعتيادي بنقطة الغليان الطبيعية لذالك السائل (عندما يتساوى ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي).

درجة غليان الماء = 100 م

العوامل المؤثرة في درجة الغليان

1- مقدار الضغط المسلط على سطح السائل.

2- ذوبان المواد المختلفة في السوائل.

وجود الاملاح في الماء يزيد من درجة الغليان بسبب ان ايونات الاملاح تعرقل هروب جزيئات البخار.

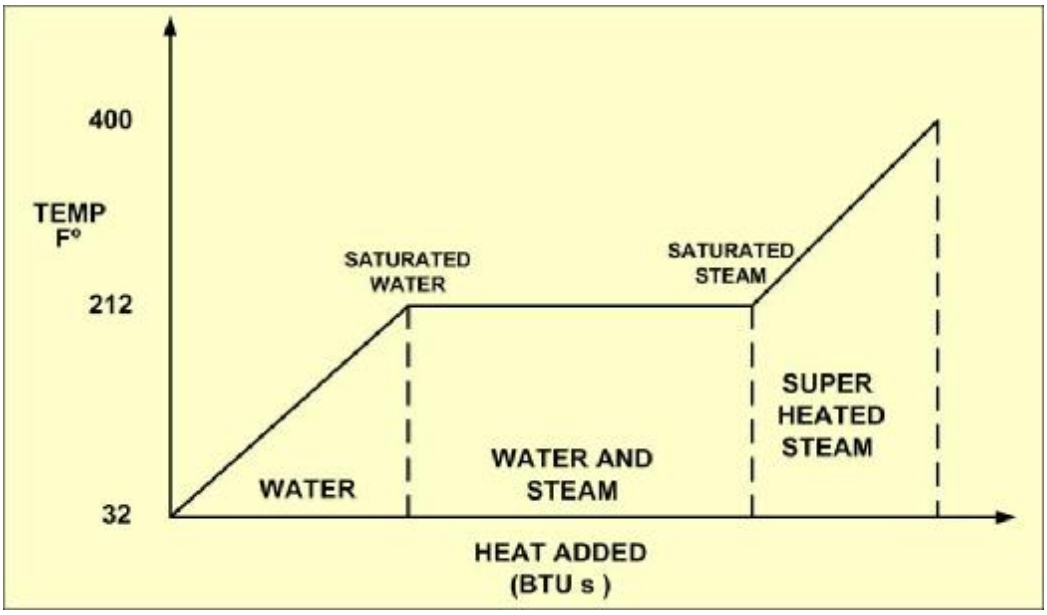
الحرارة الكامنة للتبخر(Latent heat of vaporization) :

كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من ذلك السائل الى بخار عند تلك الدرجة.

البخار الرطب (Wet steam):وهو البخار الذي يحتوي على رذاذ من الماء (رطوبة).

البخار المشبع (SATURATED STEAM) :تحويل كافة الماء الى بخار عند ثبوت درجة الحرارة.

البخار المحمص (SUPER HEATED STEAM) :وهو البخار الذي درجة حرارته اكبر من درجة حرارة الاشباع.



مخطط مراحل تحول الماء الى بخار

المرجل البخاري:

عبارة عن وعاء مغلق يحتوي عادة على غرفة احتراق يشتعل فيها الوقود وتستخدم الحرارة الناتجة عند الاحتراق لتحويل الماء الى بخار الماء داخل المرجل تحت الضغط ودرجة الحرارة حسب الحاجة وتصنف المراجل البخارية .

أنواع المراجل البخارية :

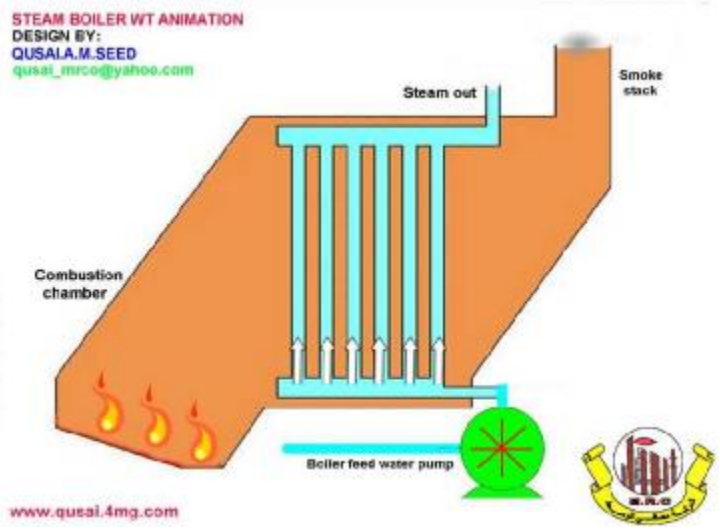
1. مرجل أنابيب الماء:

تتكون المراجل من نوع أنابيب الماء من وعاء(Drum) أو اكثر (غالباً من اثنين الى أربعة) . وأنابيب تتكون من صف (Bank) واحد أو اكثر ترتبط بنهايتي الوعاء الواحد أو ترتبط بين الأوعية إذا كان المرجل يحوي على اكثر من وعاء , ويجري الماء داخل الأنابيب بينما تلامس غازات الاحتراق الساخنة سطح الأنابيب الخارجي .ويستخدم هذا النوع من المراجل البخارية غالباً في إنتاج طاقات كبيرة من بخار الماء .

ان المراجل المستعملة في المصافي تصمم للاشتغال على أحد نوعي الوقود المتوفر في المصفى النفط او الغاز او باستعمالهما سوية يحصل الاحتراق داخل حيز الفرن وتسري متولدات الاحتراق على الطول الكلي لفرن المرجل قبل دخولها الى حزمة الانتقال الحراري بالحمل حيث توضع المحمصات ومن ثم تخرج غازات الاحتراق من خلال المدخنة ويبرد المرجل كليا بواسطة الماء وبذلك تتحقق نسبة عالية من تبريد الفرن .

تتكون جدران الفرن ، الأرضية والسقف من الأنابيب الملحومة المزعنفة مدعومة بغلاف عازل بما فيه الكفاية لضمان الحصول على جدار مغلف بارد .

في مراجل أنابيب الماء تكون الأوعية والأنابيب اصغر نسبيا وبسبب حجم الوعاء الصغير بالإمكان إنتاج بخار الماء تحت ضغوط عالية ودرجات حرارة مرتفعة.



Water-tube Boilers

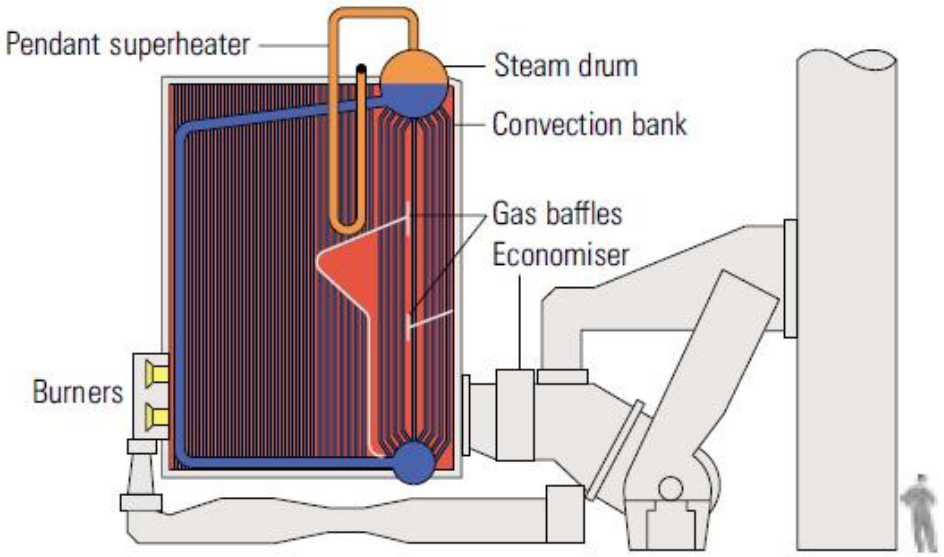
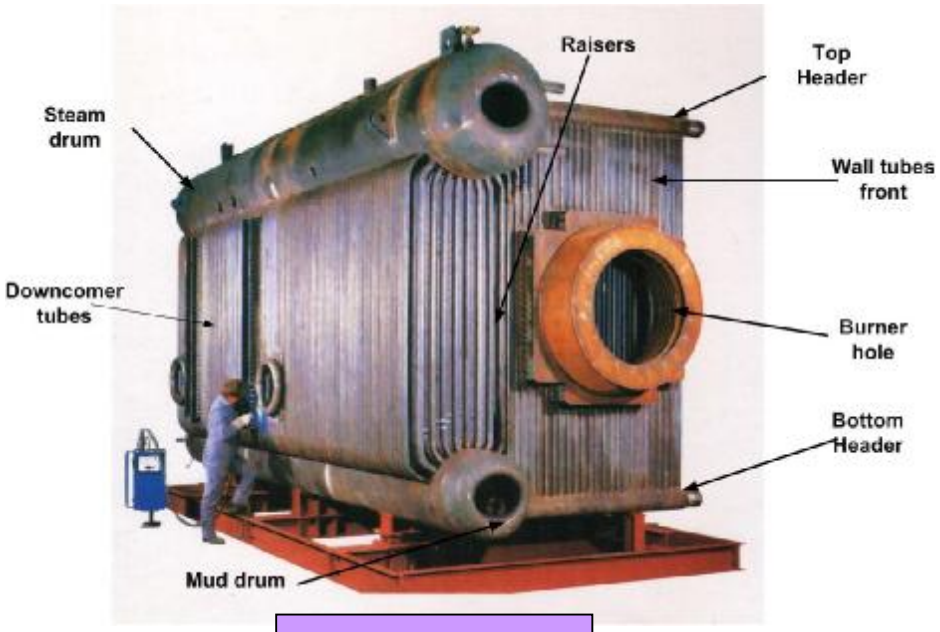
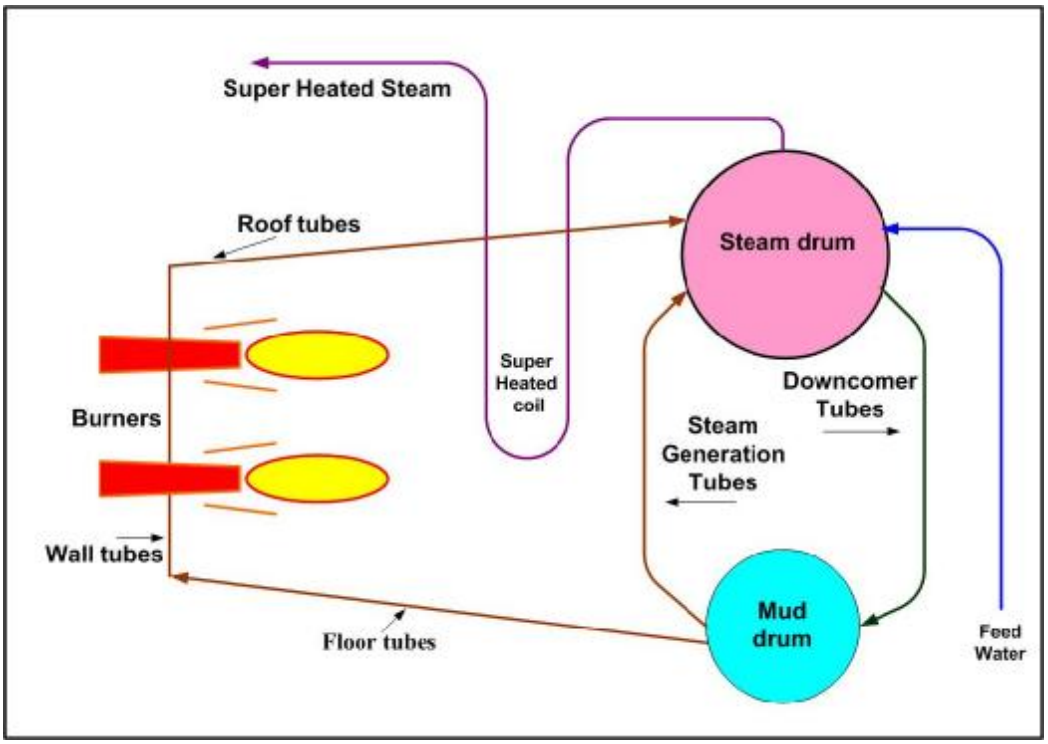


Fig. 3.3.1 Water-tube boiler



انابيب واوعية المرجل



أجزاء المرجل البخارى:

1- الفرن.
2- المشاعل
3- وعاء الماء.
4- المحمصة.
5- وعاء البخار.
6- نافخات الرماد والسخام .
7- صمامات الأمان.

8- أجهزة السيطرة.

ملحقات المراجل البخارية :

1- معدات تزويد الوقود .
2- هواء الاحتراق .
3- المداخن.
4- مضخات تغذية الماء .
5- معدات تصريف ماء البزل .
6- معدات معاملة الماء وطرد الغازات الذائبة .
7- مسخنات الهواء الأولية.
8- الموفر.
9- مجمع الأتربة والرماد.

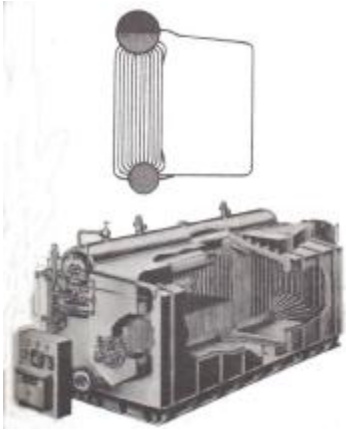
مميزات مراجل انابيب الماء

1- ملائمة لجميع الضغوط إلى اكثر من 180 بار .
2- يلزم اقل وزن من المعدن للحصول على كمية من بخار الماء .
3- مرونة أكثر لتلبية التغيير في الطلب على البخار .
4- تشغل حيز اصغر .
5- اقل ميلان للانفجار.

تصنيف المراجل حسب تصميم وعاء البخار والماء وموقعها من المرجل البخاري وكما يلي :

1- مرجل نوع D

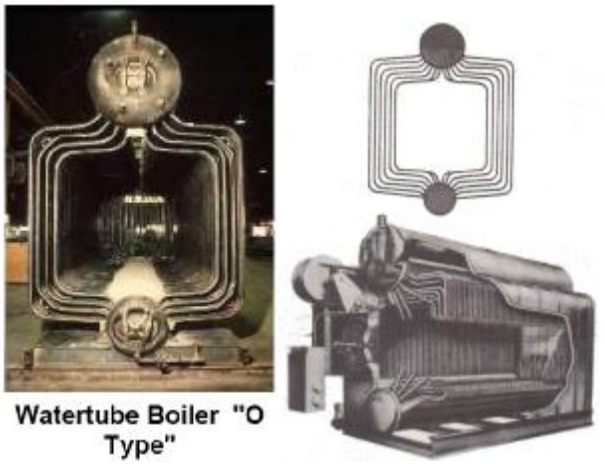
يتكون هذا النوع من المراجل من وعائين ويكون موقعه مباشراعلى وعاء الماء وتربط بينهما انابيب تكوين البخار الصاعدة والانابيب النازلة وتكون المشاعل الى الجانب من الفرن وياخذ شكل الاوعية والانابيب النازلة والصاعدة شكل الحرف (D) .



Watertube Boiler D-Type

1- مرجل نوع O

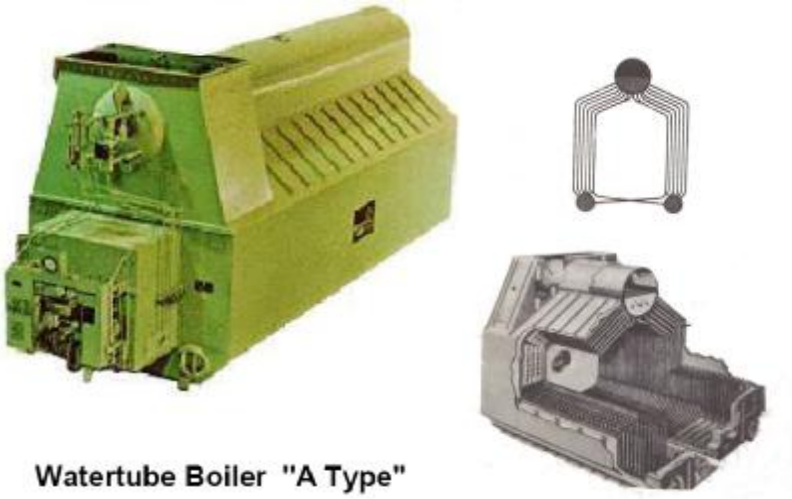
يتكون هذا النوع من المراجل من وعائين ويكونان على خط عمودي وتربط بينهما الانابيب تكوين البخار الصاعدة وانابيب الماء النازلة وتتخذ شكل الحرف (O).



Watertube Boiler "O Type"

2- مرجل نوع A

يتكون هذا النوع من المراجل من وعاء بخار كبير ووعائين للماء صغيرين نسبيا وتربط بينهما انابيب تكوين البخار الصاعدة وانابيب الماء النازلة لتشكل شكل الحرف (A).



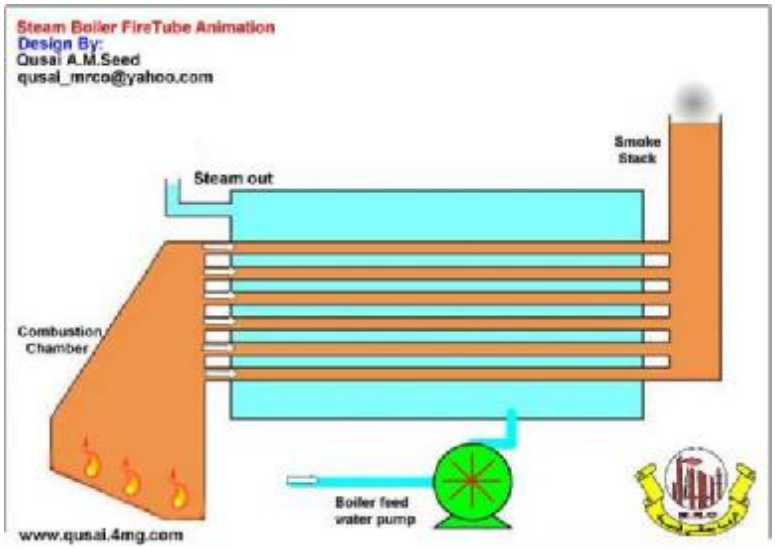
Watertube Boiler "A Type"

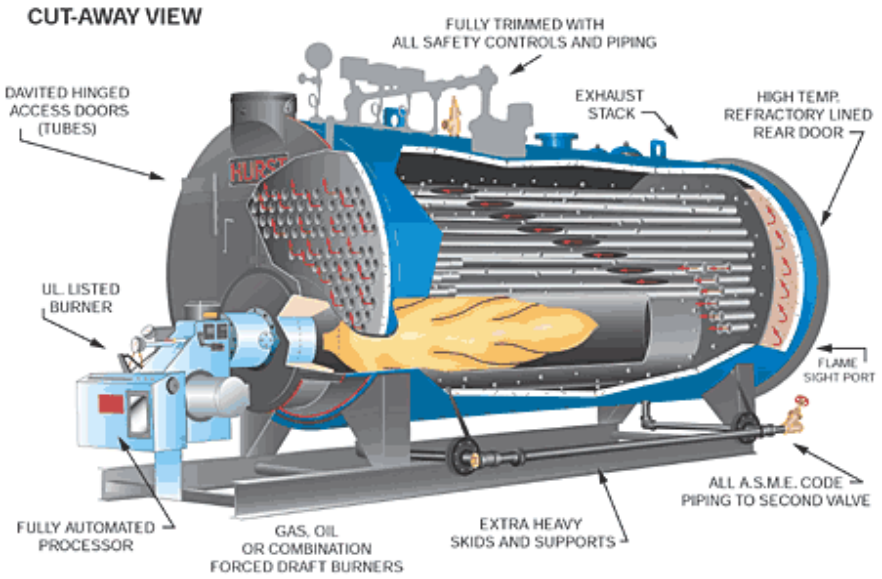
3- <u>مرجل أنابيب النار:</u>

يتكون المرجل اساسا من وعاء أسطواني الشكل ويوجد على نهايته لوح مجمع الأنابيب (Tube sheet) الذي يثبت أو يمسك أنابيب النار(Fire-tube) وفي هذه الحالة يكون الماء بداخل الوعاء الأسطواني وملامس لأنابيب النار من الخارج .في حين تصمم غرفة الاحتراق المتصلة بالمرجل حيث تمر نواتج الاحتراق الساخنة داخل أنابيب النار.وعند ذلك يتم التبادل الحراري ويتبخر الماء في الوعاء.

الغلاف الخارجي لمرجل انابيب النار اكبر نسبيا مما في مراجل انابيب الماء كما ان حجم الماء كبير نسبيا وذي قابلية للتدوير محدودة بالاضافة الى ان هذا النوع من المراجل لايلبي بسرعة التغير في الطلب على بخار الماء ويمتاز مرجل انابيب النار بكلفة اولية واطئة وذو بناء مدمج (COMPACT) اكثر مقارنة بمراجل انابيب الماء.

وتستخدم هذه المراجل عند الحاجة الى طاقات صغيرة او متوسطة من بخار الماء ولضغو تصل الى 16 بار او ميقارب ، كما تستخدم ايضا في تشغيل المحركات البخارية .



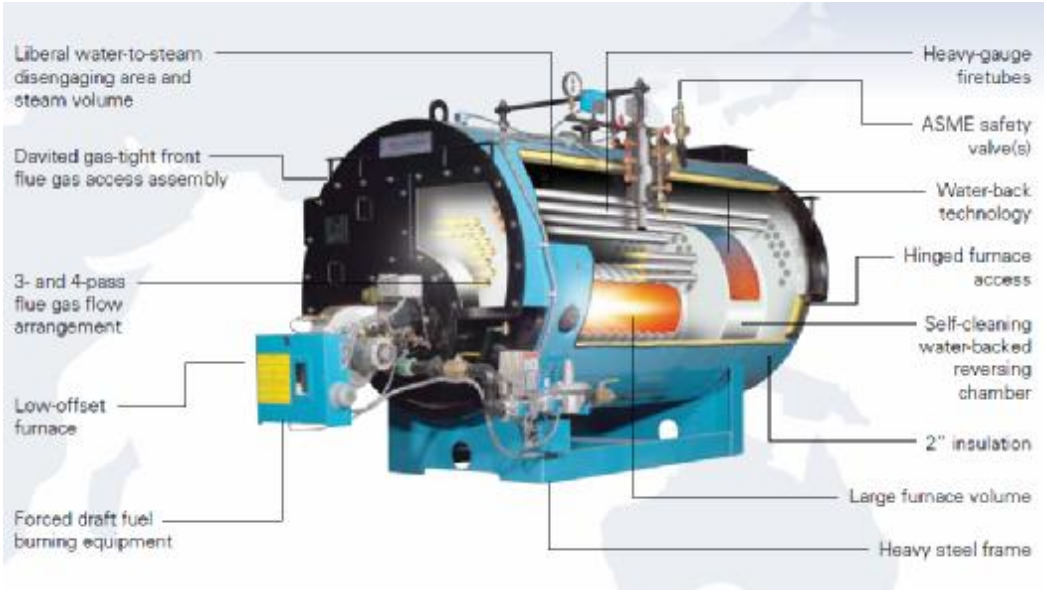


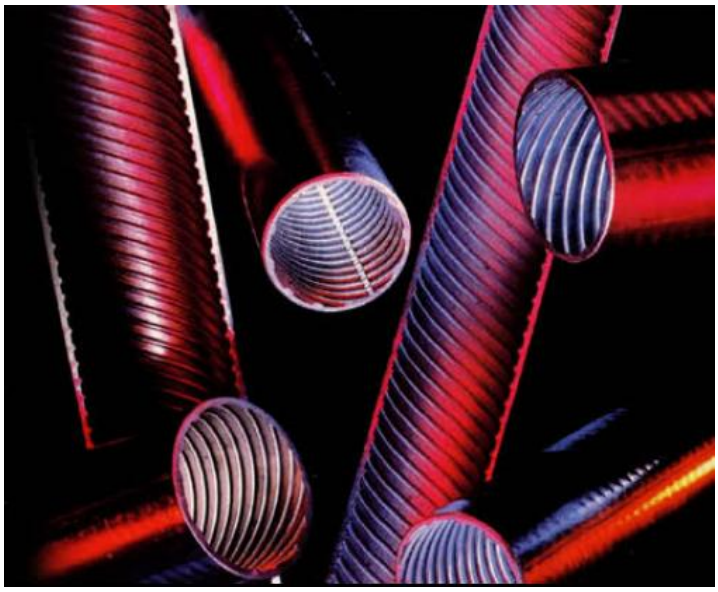
اجزاء مرجل انابيب النار

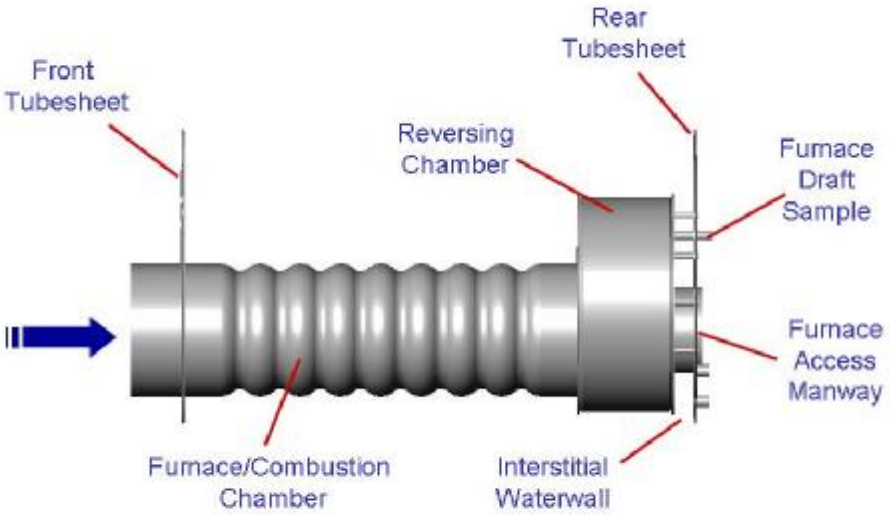
1- الوعاء.
2- المشعل.
3- صمامات الامان
4- منظومة السيطرة
5- المحمصة.
6- الموفر.

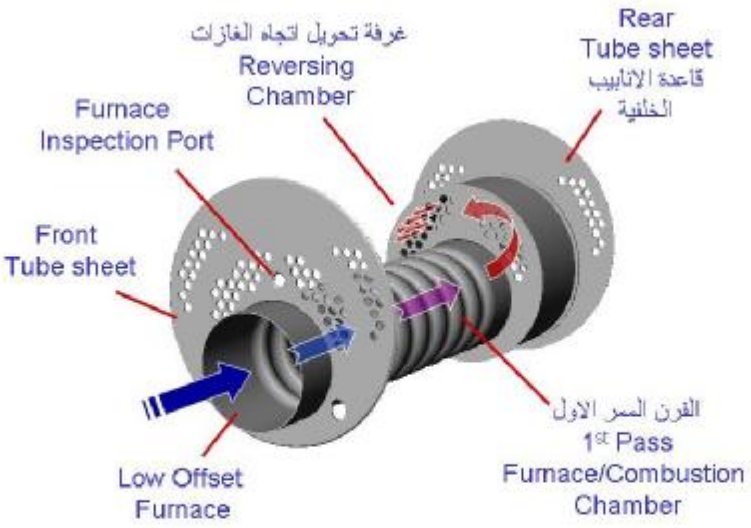
1-الوعاء.

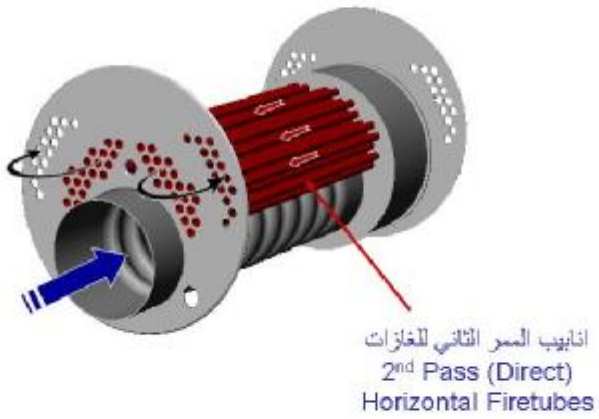
ويحتوي على الانابيب ، قاعدة الانابيب الامامية ، قاعدة الانابيب الخلفية ، غرفة تحويل اتجاه الغازات و الفرن (غرفة الاحتراق).

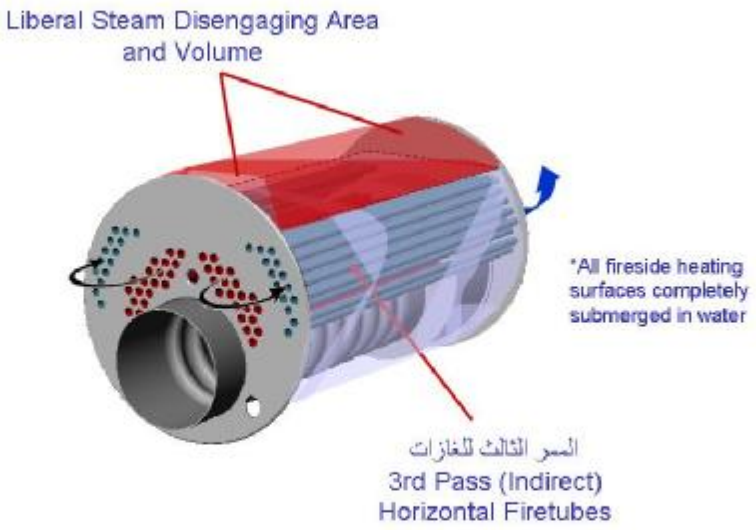

Liberal water-to-steam disengaging area and steam volume
Davited gas-tight front flue gas access assembly
3- and 4-pass flue gas flow arrangement
Low-offset furnace
Forced draft fuel burning equipment
Heavy-gauge firetubes
ASME safety valve(s)
Water-back technology
Hinged furnace access
Self-cleaning water-backed reversing chamber
2" insulation
Large furnace volume
Heavy steel frame



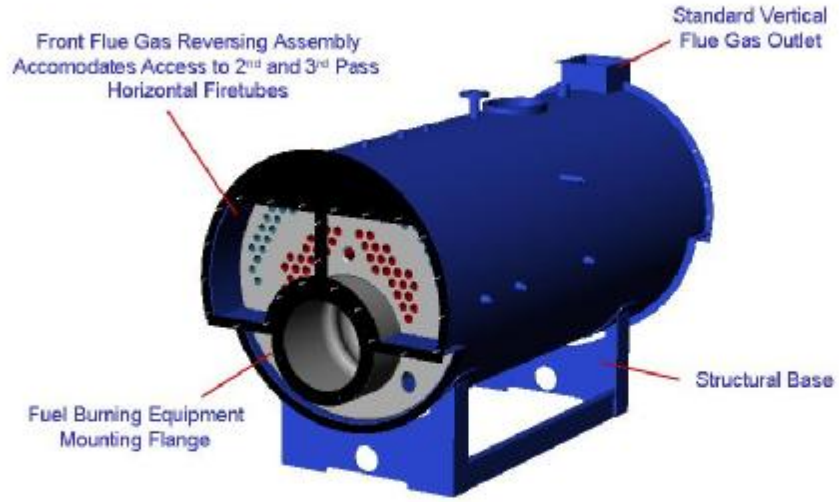

Rear
Tubesheet
Front
Tubesheet
Reversing
Chamber
Furnace
Draft
Sample
Furnace
Access
Manway
Furnace/Combustion
Chamber
Interstitial
Waterwall

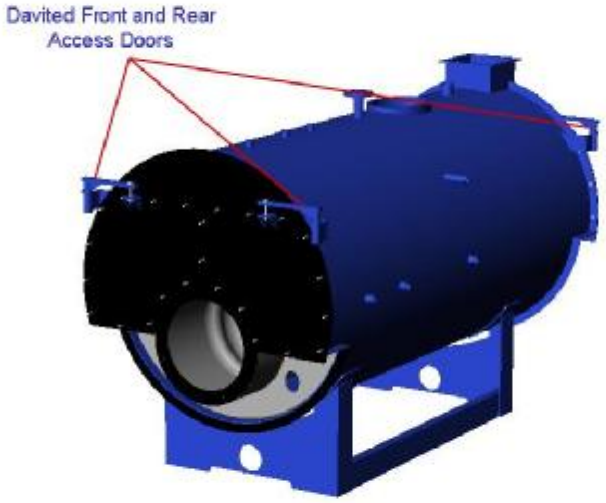

غرفة تحويل اتجاه الغازات
Reversing
Chamber
Rear
Tube sheet
قاعدة الانابيب
الخلفية
Furnace
Inspection Port
Front
Tube sheet
القرن المر الاول
1st Pass
Furnace/Combustion
Chamber
Low Offset
Furnace

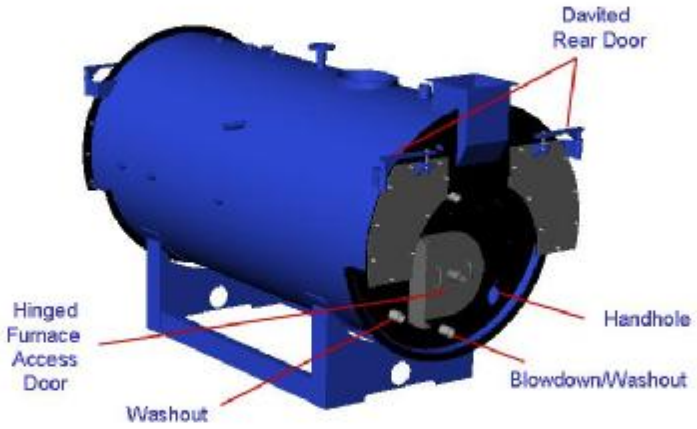

انابيب الممر الثاني للغازات
2nd Pass (Direct)
Horizontal Firetubes


Liberal Steam Disengaging Area
and Volume
*All fireside heating
surfaces completely
submerged in water
الممر الثالث للغازات
3rd Pass (Indirect)
Horizontal Firetubes

Access
Manhole
ASME Safety
Relief Valve
Steam Outlet
Nozzle
Control
Header
Surface
Blowdown
Standard 22 Gauge
Jacket Encasing
2" Fiberglass
Insulation
Feedwater
Entrance
Bottom
Blowdown
Furnace
Access
Handhole

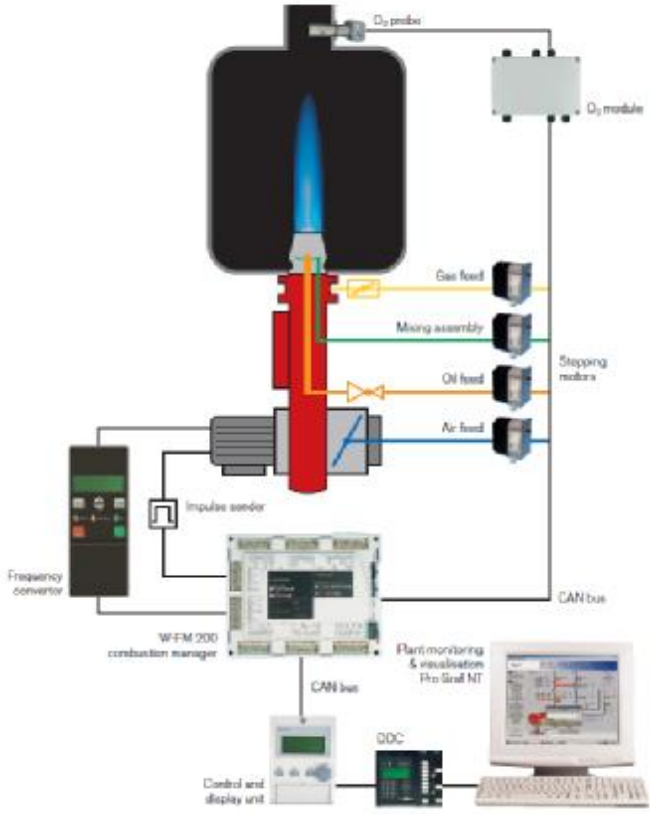

Standard Vertical
Flue Gas Outlet
Front Flue Gas Reversing Assembly
Accomodates Access to 2nd and 3rd Pass
Horizontal Firetubes
Structural Base
Fuel Burning Equipment
Mounting Flange





2. المشعل:

هو عبارة عن المعدة التي يتم احراق الوقود من خلالها.



مشاعل الوقود السائل

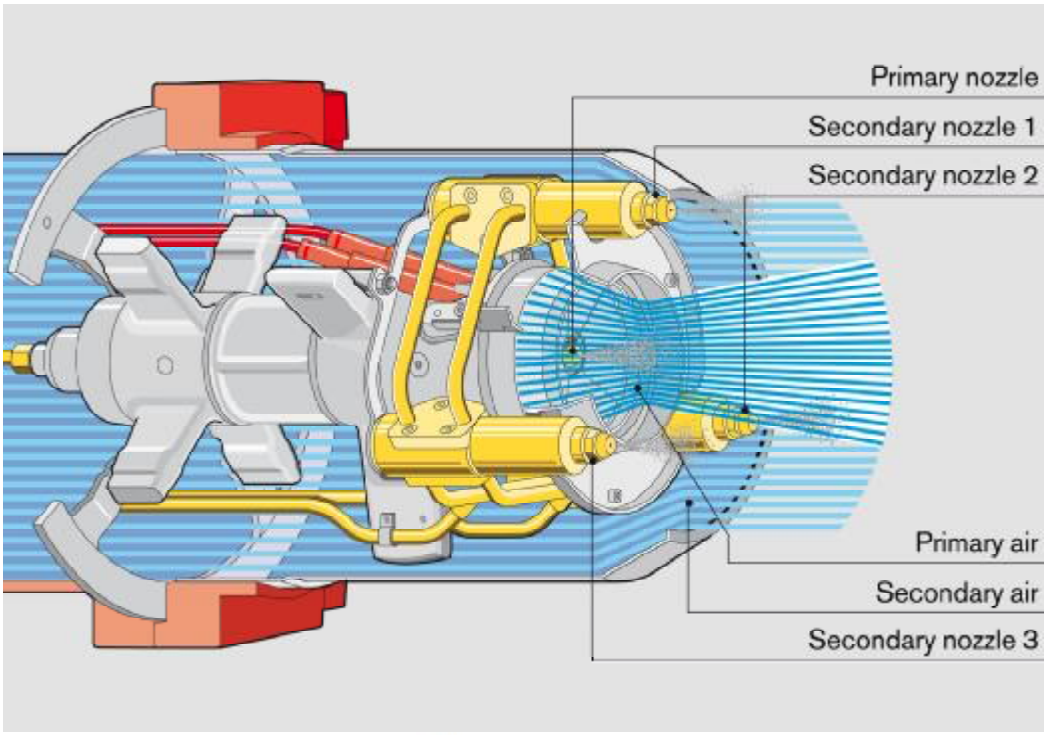
ان مبدا عمل مشاعل الوقود السائل يكمن بالعمل على ايجاد تناسب للمزج بين الوقود والهواء الاحتراق ويكمن هذا التناسب بطرقتين هما:
اولا: يتبخر الوقود ويتحول الى الحالة الغازية بواسطة التسخين ضمن حيز المشعل نفسه او بالهواء او البخار.
ثانيا : ان الوقود يمكن ان يتحول الى الحالة الغازية بواسطة المزج مع البخار او الهواء ضمن حيز مجال الاشتعال .
ان عملية التذرية للوقود السائل تزيد من المساحة السطحية المعرضة للاحتراق وتتم بثلاث طرق اما بواسطة الهواء او البخار او باجبار الوقود بالمرور من خلال فتحة ضيقة لـ Nozzle .

انواع المشاعل

1- مشاعل الانبثاق بواسط الضغط (Pressure Jet Burner)

مشاعل الانبثاق بواسط الضغط عبارة عن فتحة ضيقة (orifice) ببساطة تقع في نهاية انبوب بضغط عالي (Nozzle) ويكون ضغط زيت الوقود (fuel oil) بين 7 الى 15 بار.عند خروج الوقود السائل من الفتحة الضيقة فان الضغط سوف يقل وتزداد السرعة مما يؤدي الى انتشار

الوقود بشكل رذاذ وزيادة المساحة السطحية له داخل الفرن ويحنرق بسهولة.



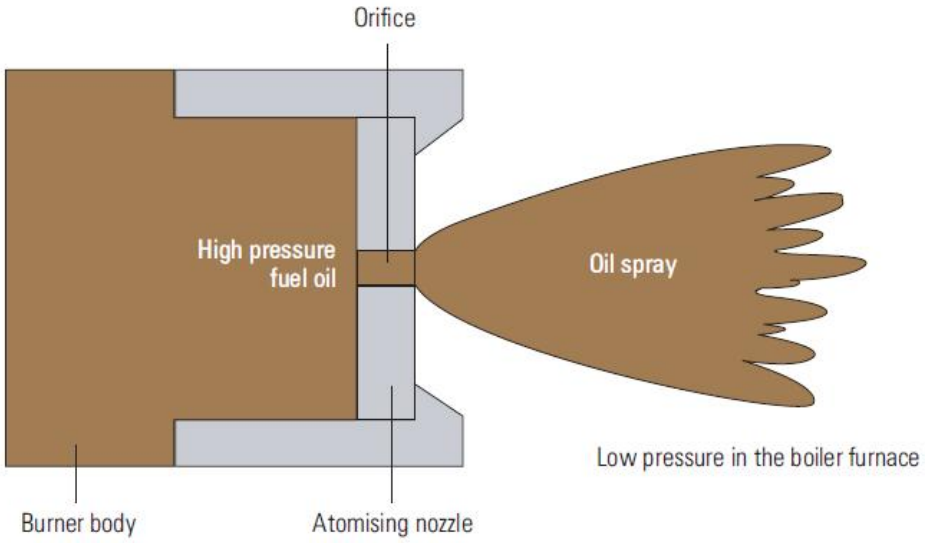
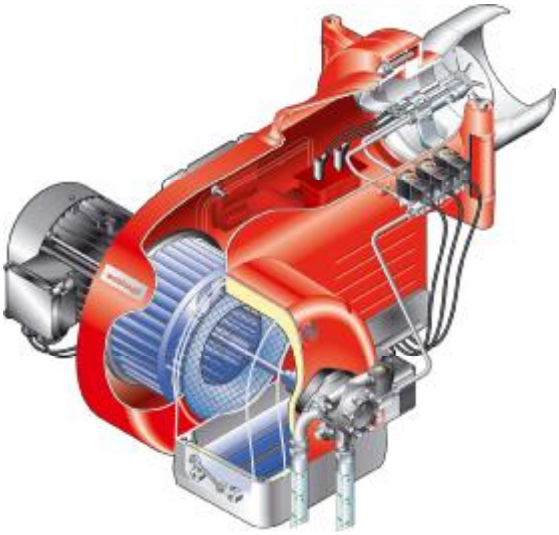
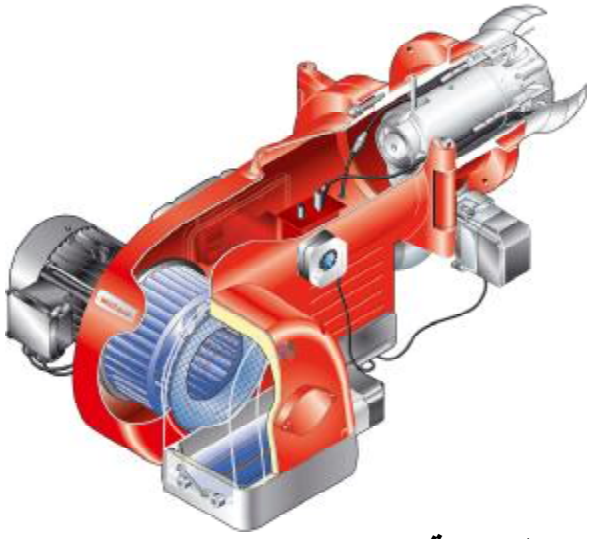


Fig. 3.6.1 Pressure jet burner





2- مشاعل الغازالهوائية(Gas Aerated burner) .

تعتبرمشاعل الغاز الهوائية من اكثر معدات احتراق الوقود الغازي انتشارا في الاستعمالات الاستهلاكية والصناعية وتعتمد على مبدا مزج جميع الهواءالاحتراق قبل الاتقاد مع الغز الامر الذي يزيد من استقرار اللهب

وانتظام الاحتراق وتكامله وبصورة عامة تصنف مشاعل الغاز الهوائية الى مجموعتين استنادا الى ضغط الغاز المزود الى المشعل .

- **مشاعل الضغط الواطىء(Low Pressure Burners)**

هذه المشاعل تعمل بضغط غاز واطىءعادا بحدود(2.5-10 mbar)وتتكون ببساطة من انبوب فنجوري (venturi) يتدفق الغاز بسرعة تتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لضغط الغاز وعكسيا مع الجذر التربيعي لوزنه النوعي. وسرعة تدفق الغاز يجب ان تكون كافية لحدوث ضغط ستاتيكي واطىء عند رقبة انبوب المزج والتي تكون تقريبا على شكل انبوب فنجوري كما اسلفنا والضغط الواطىء يعطي الضغط اللازم لسحب الهواء الاولي من الجو خلال الفتحات المتغيرة داخل انبوب المزج وعند مزجه مع الغاز يرتفع الضغط.

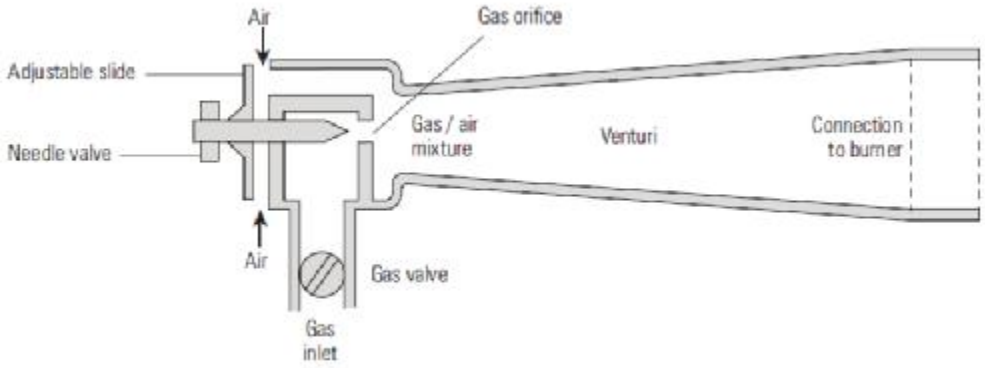


Fig. 3.6.3 Low pressure gas burner

- **مشاعل الضغط العالي(High pressure Burners)**

هذه المشاعل تعمل بضغط غاز واطىء عادا بحدود(12-175 mbar) .

3- مشاعل المخروط الدوار(Rotary cup Burners).

يزود الوقود السائل من الفتحة الضيقة للمخروط الذي يدور بسرعة 4000-5800 دورة/دقيقة حيث ينتشر السائل على شكل غشاء فوق السطح الدوار ويقذف عند النهاية الواسعة بواسط القوة الطاردة المركزية الى داخل فرن الاحتراق وعند ملامسته لتيار الهواء الاولي السريع يتكسر الى رذاذ دقيق جدا .

يزود تيار الهواء الاولي تحت ضغط واطىء بواسطة مروحة على المخروط الدوار وينتشر حول غشاء الوقود .

يتحرك المخروط الدواربواسطة محرك كهربائي او توربين هوائي.

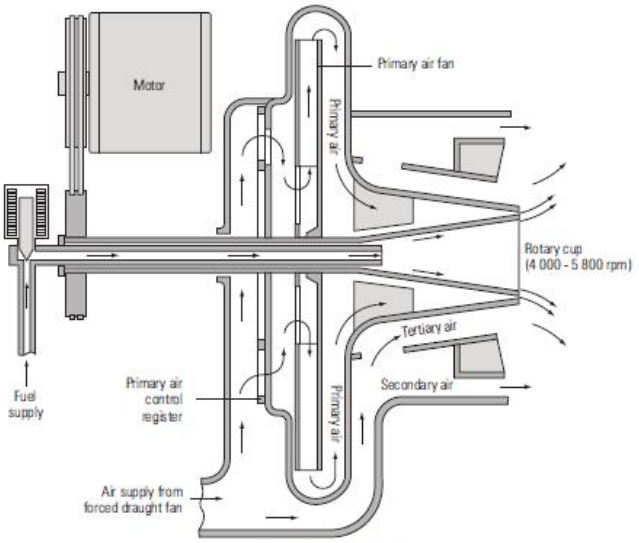


Fig. 3.6.2 Rotary cup burner

3- **صمامات الامان :**

وهي صمامات تستخدم لتفريغ الضغط الزائد للمرجل البخاري لحمايته من الانفجار وتركب على وعاء المرجل وتعمل ذاتيا نتيجة للضغط المسلط عليها المتمثل بضغط البخار.

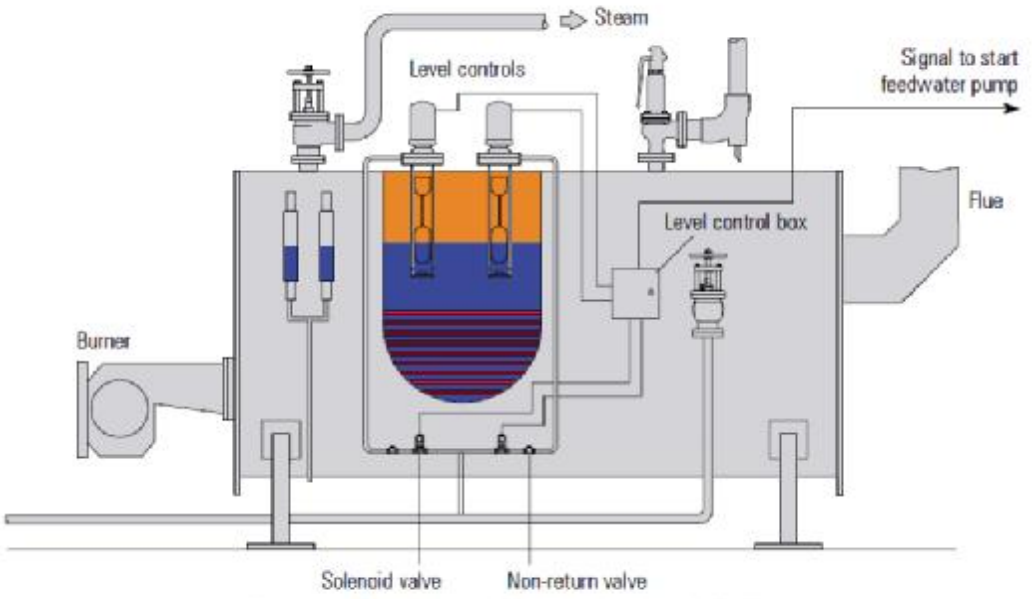
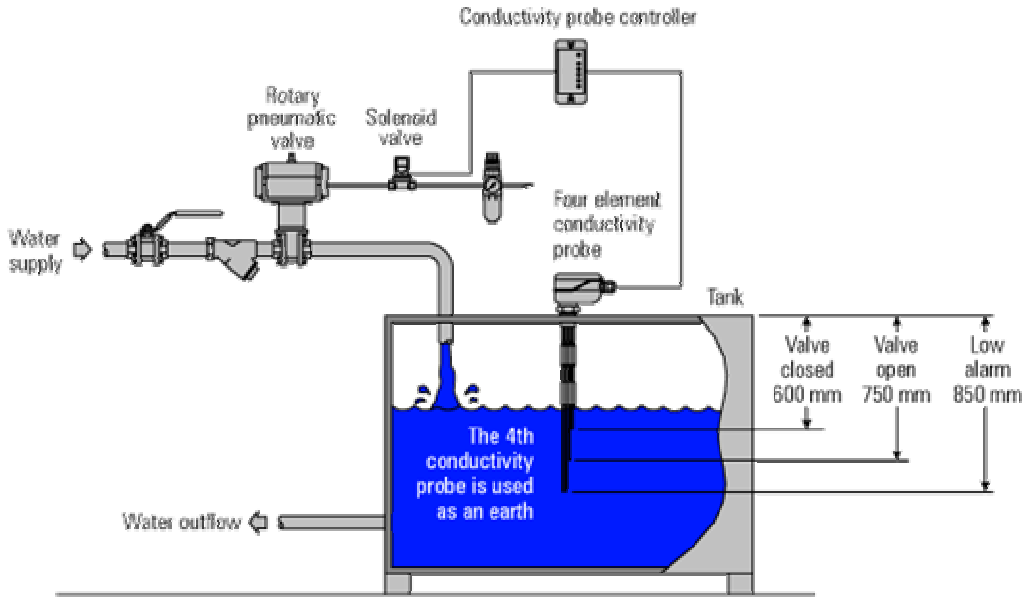


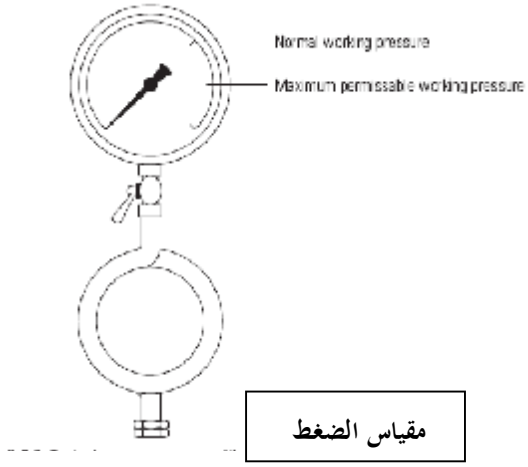
Fig. 3.20.3 Direct mounted float controls in a shell boiler

4- منظومة السيطرة

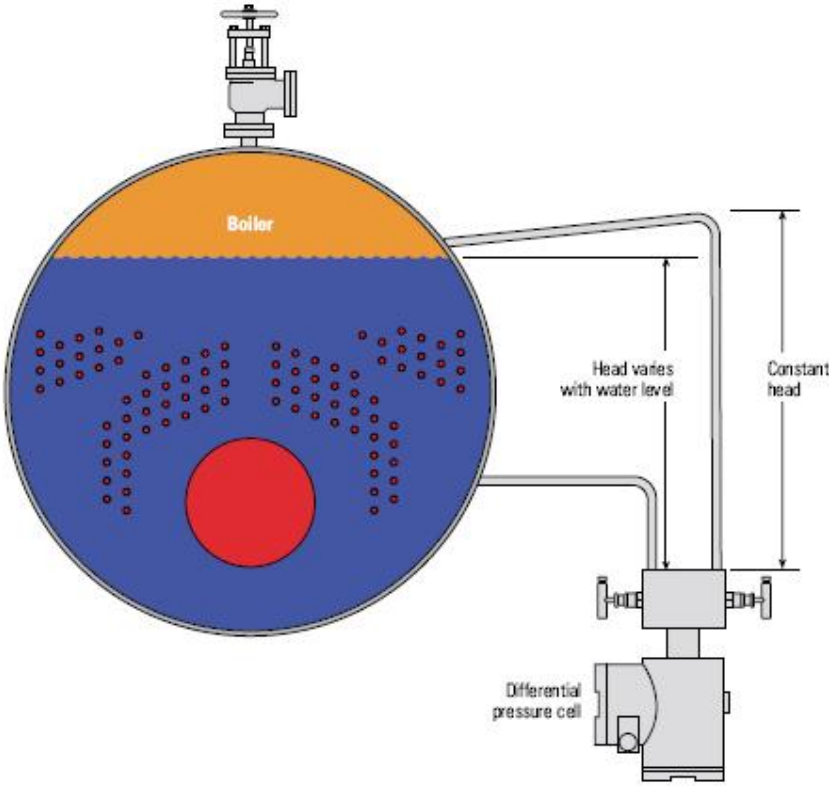
تتكون وحدة السيطرة على المراجل من مسيطرات على المستوى والجريان وعدادات انتاج البخار واجهزة قيا س الضغط والحرارة والمستوى .

!Error

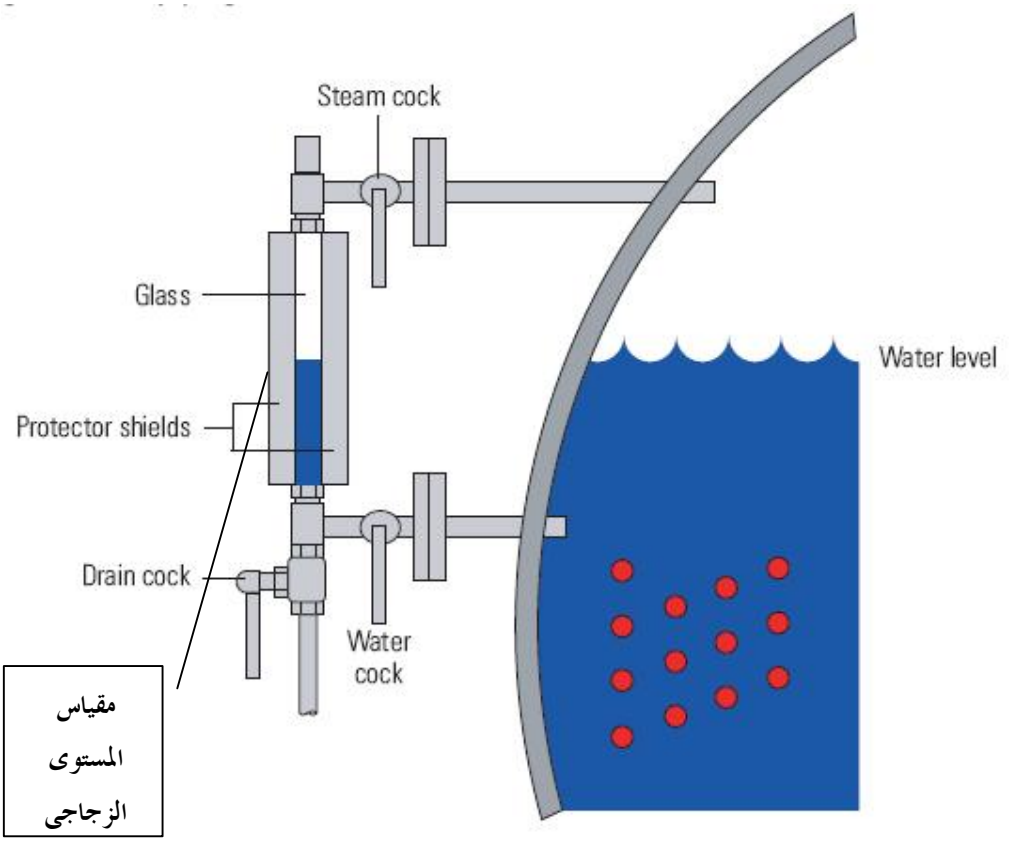




مقياس الضغط

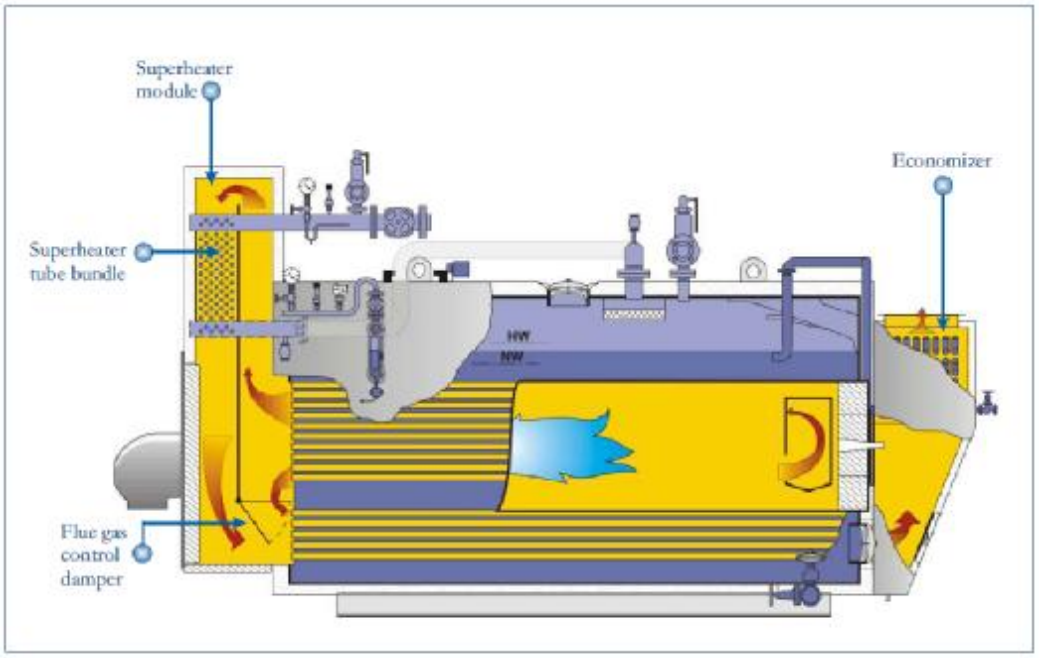


مرسلة قياس المستوى بواسطة فرق الضغط



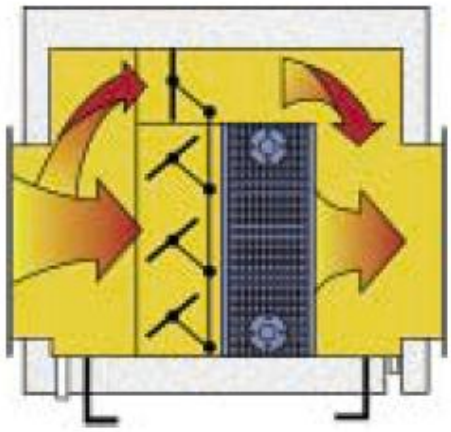
5- المحمصة

وهي عبار عن مجموعة من الانابيب يتم تحويل البخار المشبع الى محمص وتتكون المحمصة من مجموعتي حزم انابيب عمودية موضوعة في مسار غازات الاحتراق قبل طرحها الى المدخنة ويكون موقعها في نهاية الفرن وفي الحيز الذي يتغير به اتجاه المسار قبل الدخول الى حزم الانابيب مما يمكن من انتقال الحرارة من غازات الاحتراق بواسطة الاشعاع والحمل بطريقةتضمن استقرار درجة حرارة البخار المحمص مع تغيرات الواسعة في مدى الحمل البخاري.



6 - الموفر :

وهو عبارة عن مبادلة حرارية على شكل مجموعة من الأنابيب تستخدم كأجهزة إضافية لغرض تسخين الماء الداخل إلى المرجل بواسطة الغاز العادم الخارج من المرجل .ومن المفيد استغلال الحرارة في الغاز العادم في التسخين خاصة أن درجة حرارة العادم الخارجة هي بحدود 300-400 م حيث أن تسخين الماء الداخل للمرجل بمقدار 225م أي استغلال الحرارة في الغاز العادم يؤدي إلى الاقتصاد في الوقود المستهلك بحدود 15% ويجب أن لا تقل درجة حرارة الغاز العادم عن 150-175 م وذلك لكي نعبر درجة نقطة الندى في الغاز العادم والتي بحدود 60م حيث يبداء بخار الماء بالتكثيف .



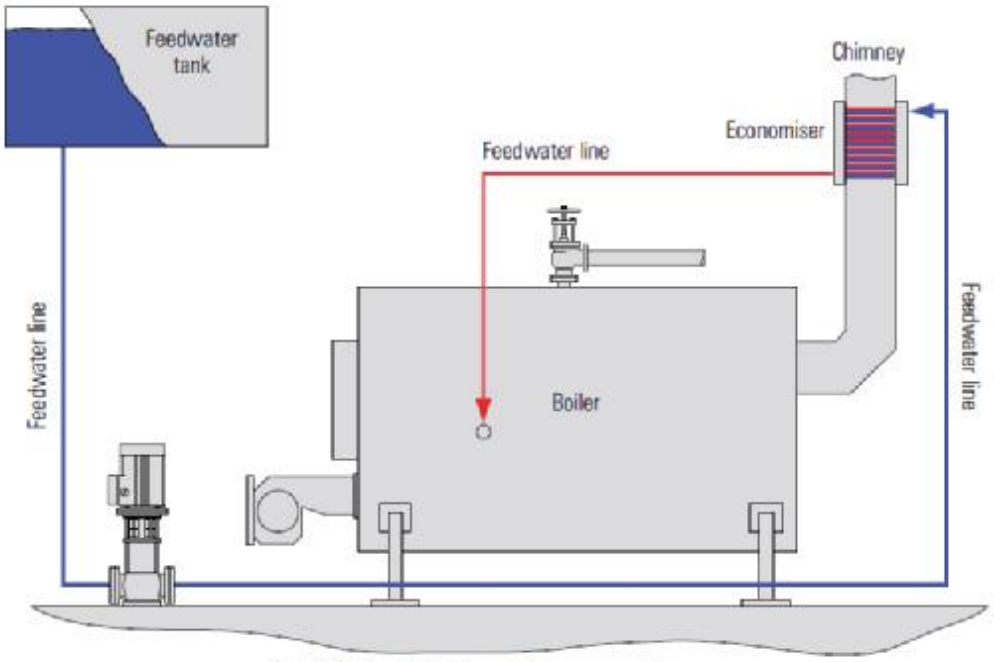
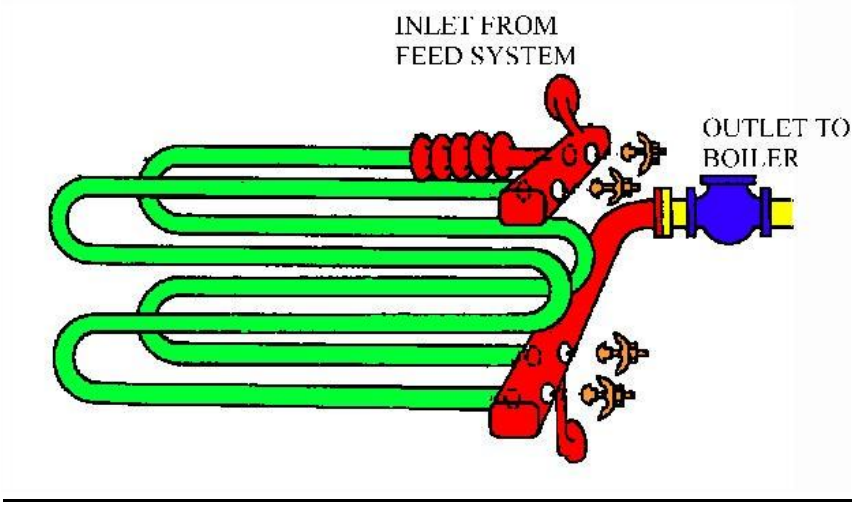


Fig. 3.4.3 A shell boiler with an economiser



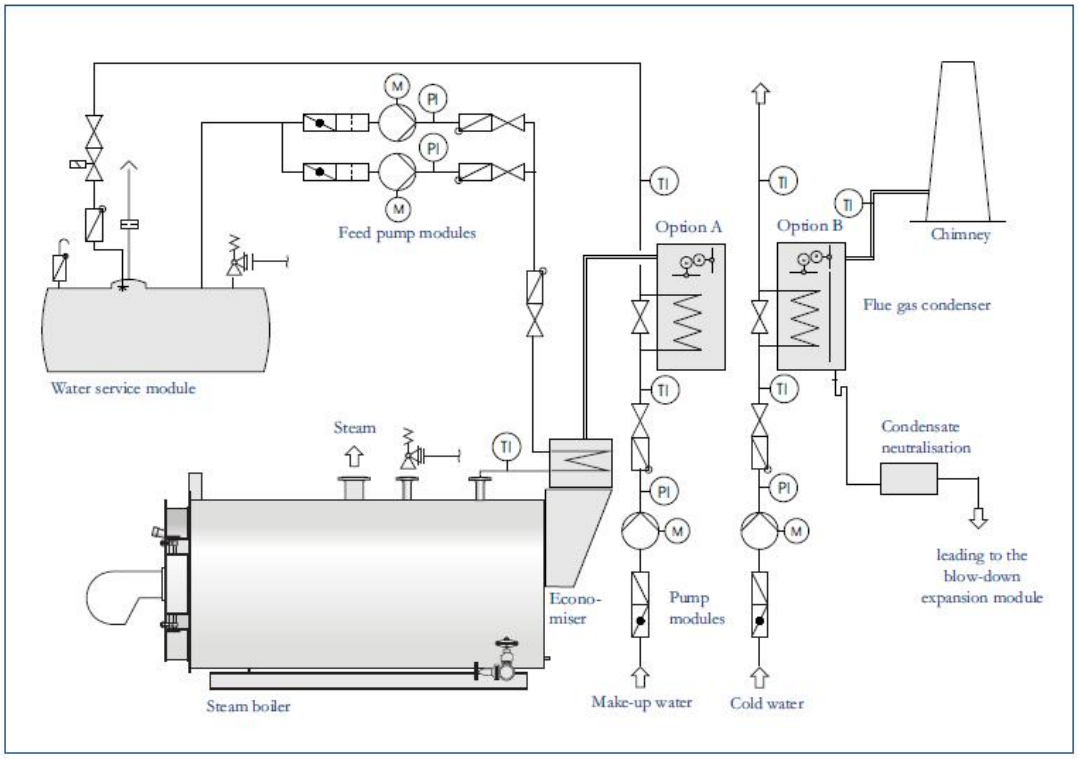


Figure 6: Block diagram of a high-pressure steam boiler system with two flue gas heat exchanger stages (economiser/flue gas condenser)

ملحقات مراجل انابيب النار

يستلزم توفر الاجهزة والمعدات في بناية المراجل البخارية وكما يلي:

1.خزان الماء المكثف:

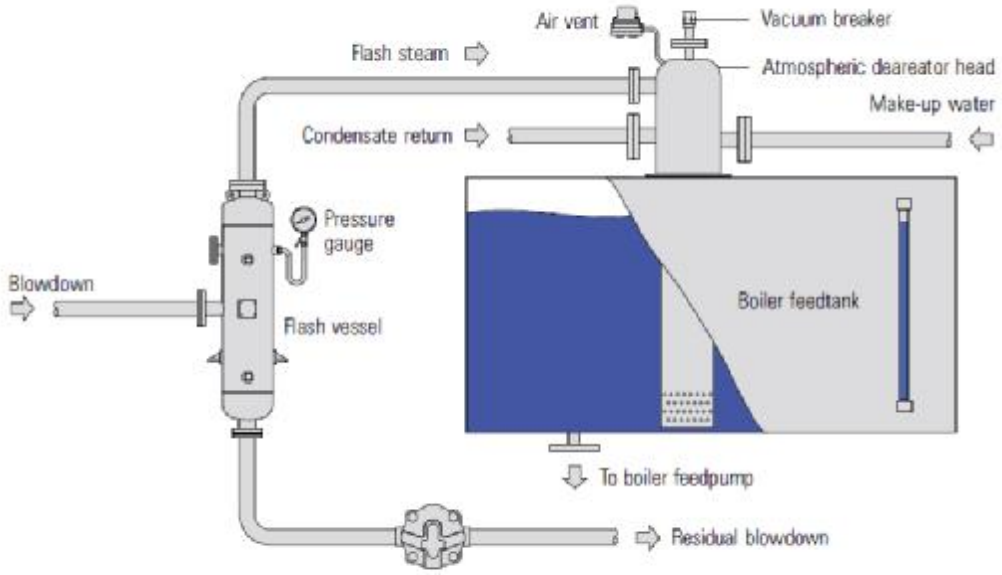


Fig. 3.13.2 Using a flash vessel to return energy to the feedtank

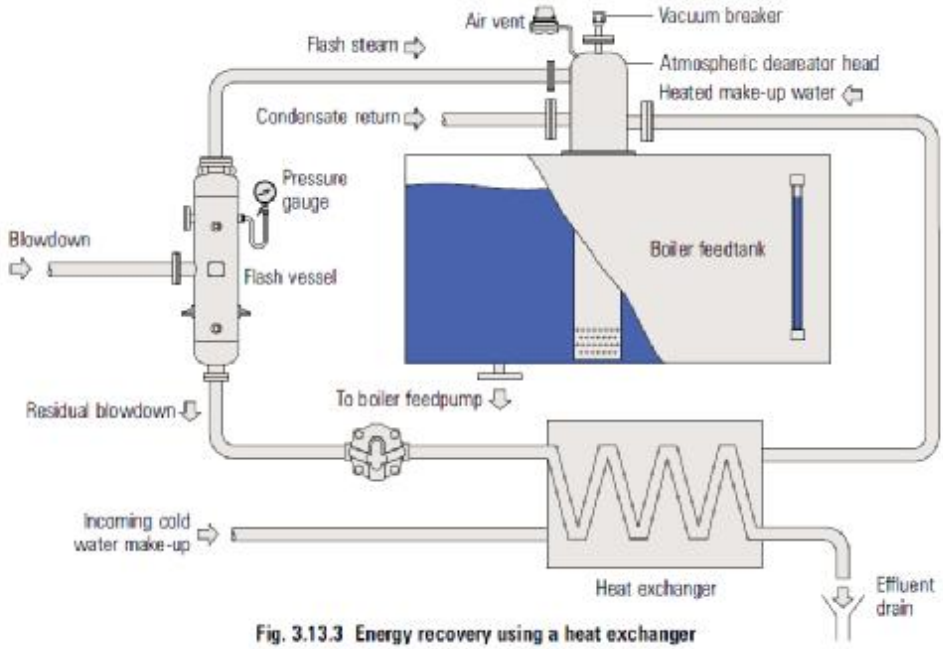


Fig. 3.13.3 Energy recovery using a heat exchanger

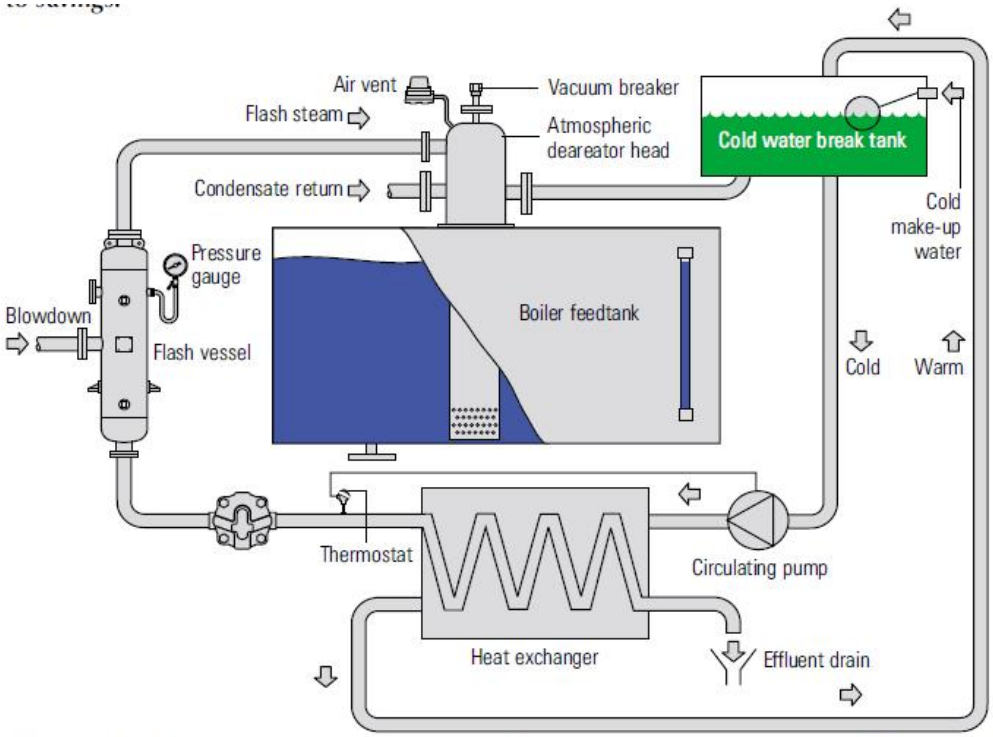


Fig. 3.13.4 Heating make-up water in a cold break tank (level controls have not been shown on the feedtank)

ان واجبات هذا الخزان هي

- تجميع المتكثف من البخار الراجع .
- تسخين الماء المغذي عن طريق وحدة تسخين موجودة في داخله
- التخلص من نسبة محدودة من الاوكسجين وثاني اوكسيد اتلكاربون.
- يمكن اعتبار خزان الماء المكثف بديل لخزان تغذية المرجل بالماء.

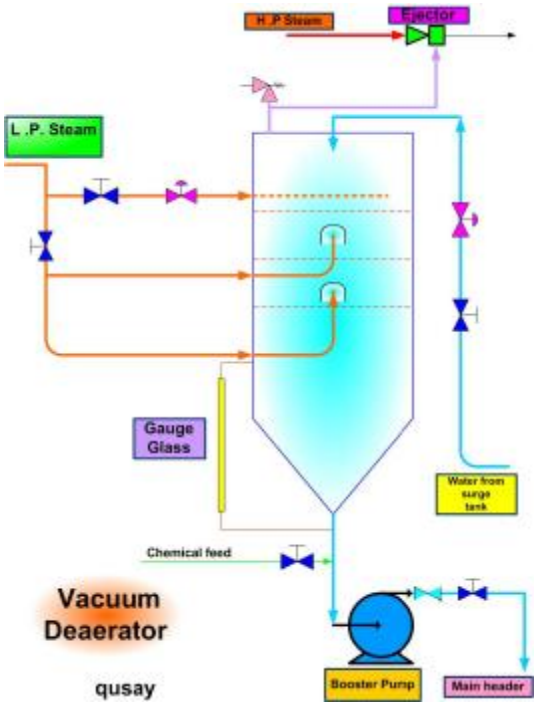
2.مزيلات الغازات

بعد تصفية الماء في اجهزة ازالة الاملاح بصورة عامة ولغرض تزويد المرجل بماء صالح للاستخدام ولانتاج بخار خالي من الشوائب فان الماء المصفى لايزال يحتوي على غازات مختلفة اكثرها ضررا هو الاوكسجين وثاني اوكسيد الكربون وعليه يستوجب التخلص منها قبل دخولها المرجل بواسطة مزيلات الغازات حيث ان مضار الاوكسجين تحدث بسبب انطلاقه بسرعة عالية جدا عند تبخير الماء وتكوين حفر صغيرة على المعادن التي

تصتدم بها . اما مضار ثاني اوكسيد الكاربونفهو بسبب تكوينه لحامض الكربونيك والذي له تاثير سلبي على المعادن حيث يعتبر حامضا مخففا يؤدي بالنهاية الى حدوث ضاهرة التاكل.ومن انواع مزيلات الغازات :

أ- مزيلة الغازات التي تعمل بالتسخين والضغط الفراغي:

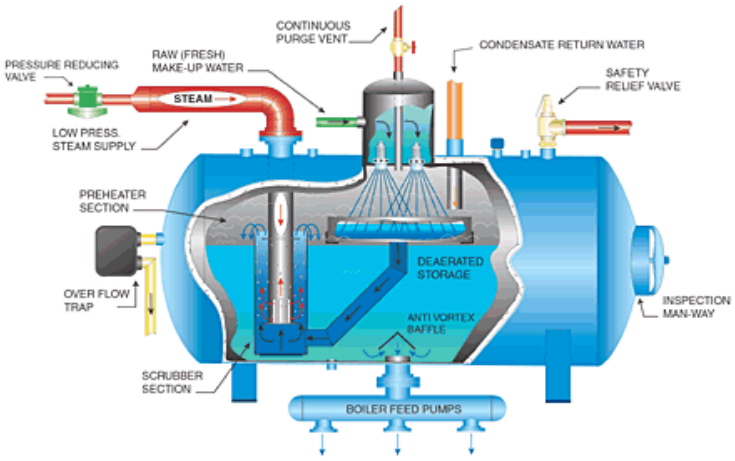
تتكون هذا النوع من المزيلات من وعاء يحتوي على صفائح مثقبة او نوزلات لزيادة الساحة السطحية لانتقال المادة حيث تعمل هذه المزيلة عند درجة حرارة اقل من درجة غليان الماء عند الضغط الجوي يدخل الماء من الاعلى ويتم ترذيذه بواسطة الصفائح المعدنية المثقبة ويدخل البخار من اسفل هذه الصفائح أي بصورة عكسية حيث يتم إزالة الغازات الذائبة والأبخرة بواسطة اجكتر او مضخة فاكيوم وحسب تصميم وسعة المزيلة، ويتم طرح الغازات المسحوبة الى الجو .



ب-مزيلة الغازات التي تعمل بالتسخين و بضغط أعلى من الضغط الجوي:

تتكون هذه المزيلة من جزئين الأول يتم ترذيذ الماء فيه لزيادة المساحة السطحية لغرض الانتقال الحراري (التسخين) والجزء الثاني عبارة عن وعاء يحتوي على

steam scrubber حيث يتم تسخين الماء فيه الى درجة 130 م لغرض طرد الغازات الذائبة مثل الأوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون . ويعتبر هذا النوع من المزيلات ذو كفاءة أعلى من النوع الأول حيث تبلغ نسبة الأوكسجين الخارج 0,007 جزء بالمليون بينما في النوع الأول تبلغ 0.02 الى 0.03جزء بالمليون.



3- وعاء البزل

عند تشغيل المرجل البخاري فان الترسبات الكلسية والطمى والاطيان المحتمل تواجدها في المرجل يستوجب اخراجها من داخل المرجل بواسطة صمام البزل للمرجل.

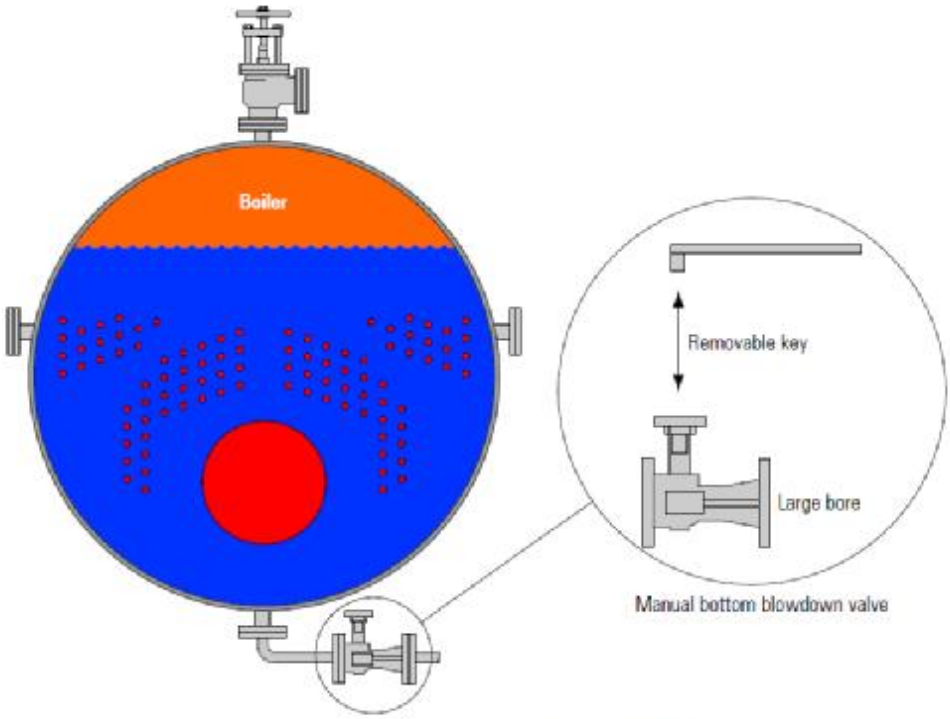


Fig. 3.14.2 Bottom blowdown valve with removable key

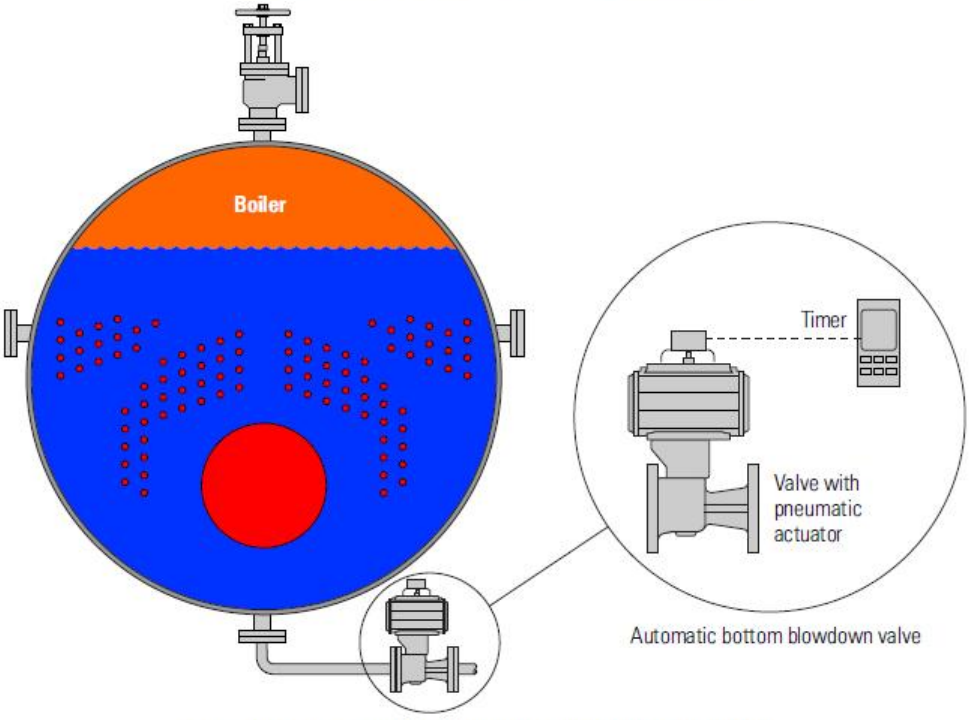


Fig. 3.14.3 Timer controlled automatic bottom blowdown valve

وعندها اخراج المواد الغريبة الى الخارج حتى لايكون اخراج الماء والمواد الغريبة مصدر ازعاج او تلف مجاري تصريف المياه.هذا ويتم من خلال هذا الخزان فصل المواد الغريبة لتخرج مع الماء من اسفل الخزان ويخرج الماء من اسفل الخزان ويخرج الماء المتبخر من اعلى الخزان الى الجو الخارجي او يسترجع الى منضومة البخار الواطىء ويمكن ان يتم استرجاع الطاقة من الماء المطروح عن تبادله حراريا مع الماء البارد المغذي للمرجل .

Fig. 3.13.1 Flash vessel

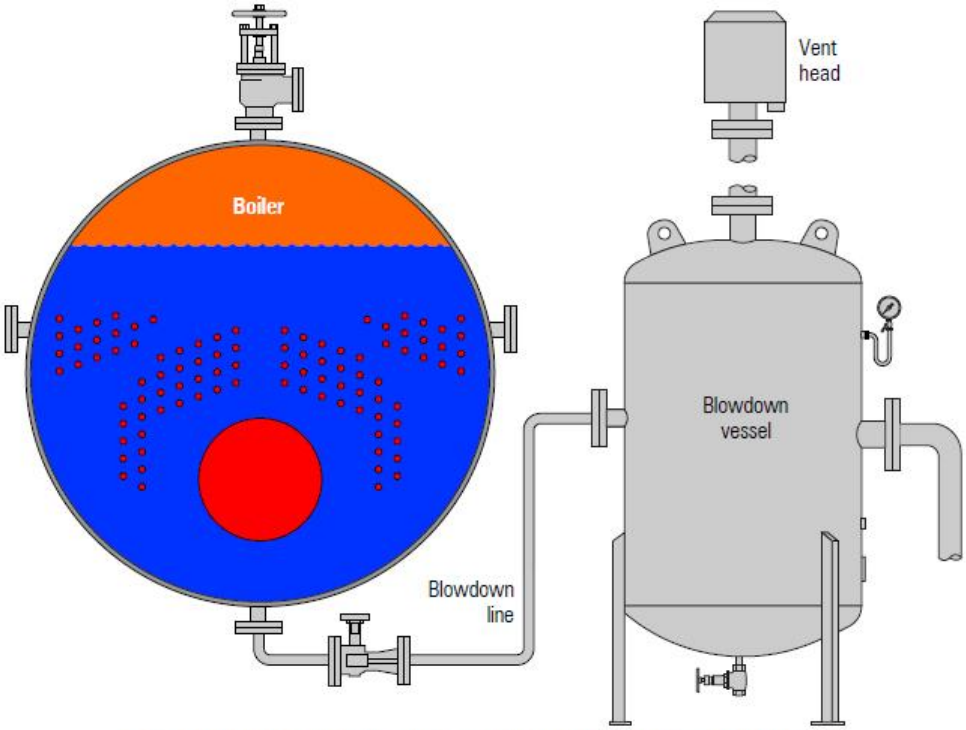


Fig. 3.14.4 A blowdown vessel installation on a single boiler (Not to scale)

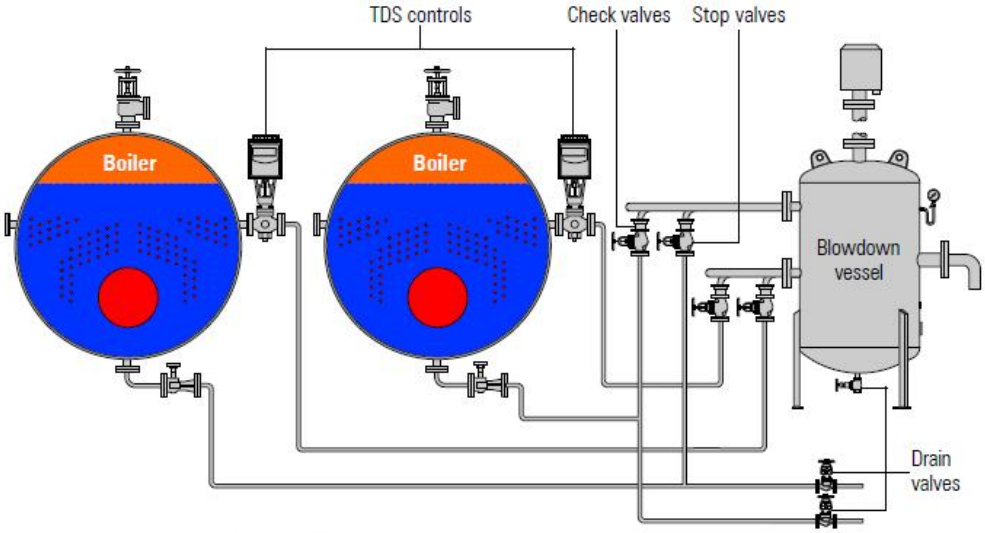
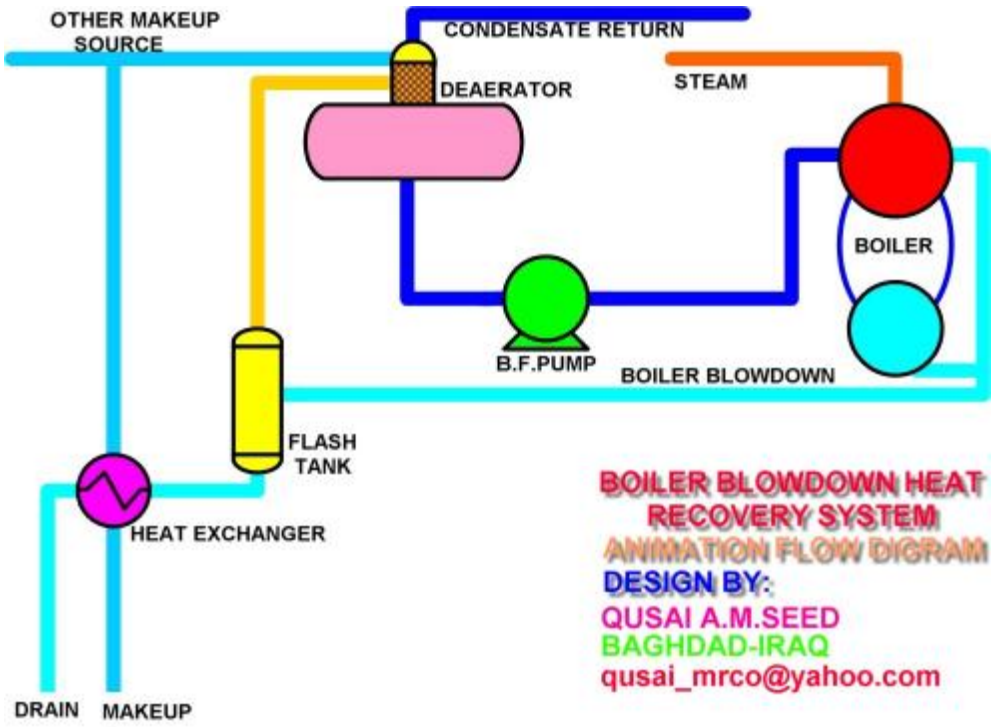


Fig. 3.14.5 A blowdown vessel on a multi-boiler installation



4 ـخزان الماء المغذي للمرجل

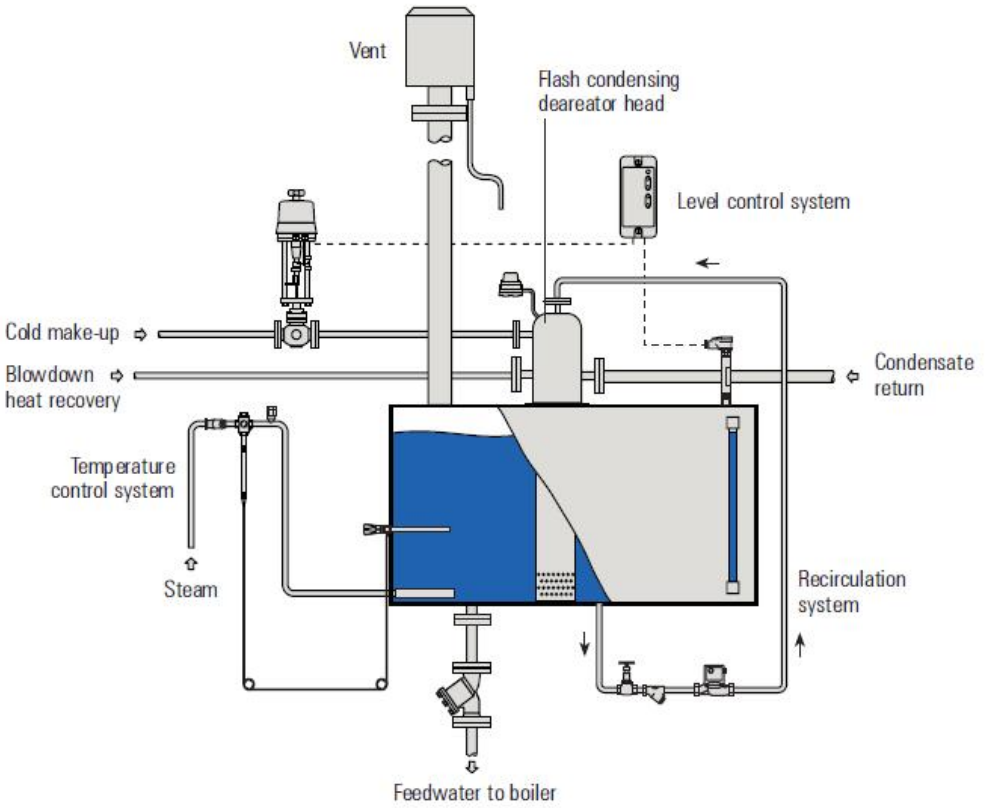


Fig. 3.11.3 Boiler feedtank

Feedtank piping

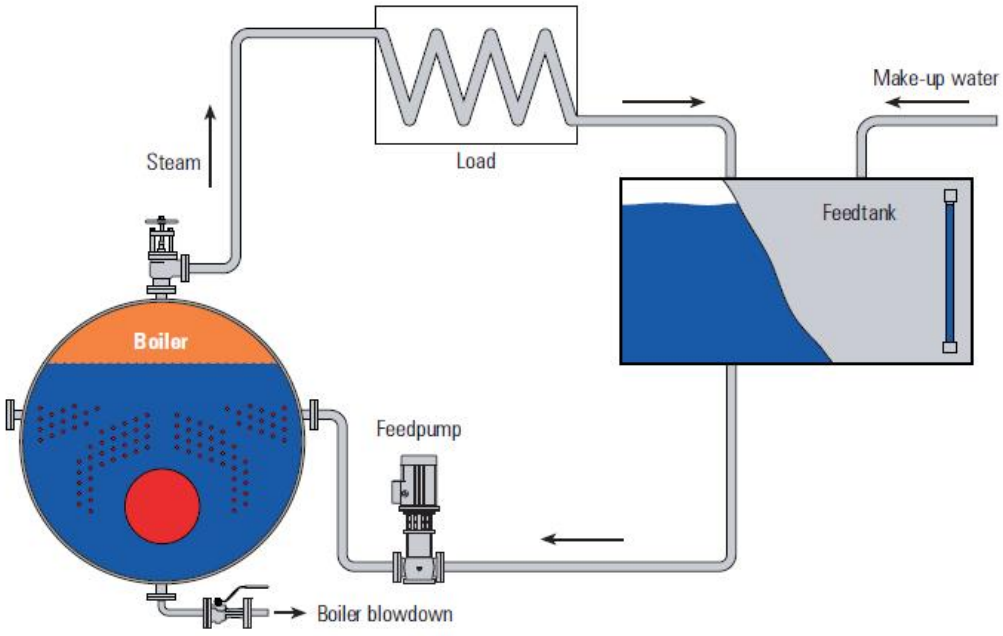


Fig. 3.11.4 The feedtank in relation to the other elements within a steam system

4- وحدة معالجة المياه

ماء التغذية في المراجل:

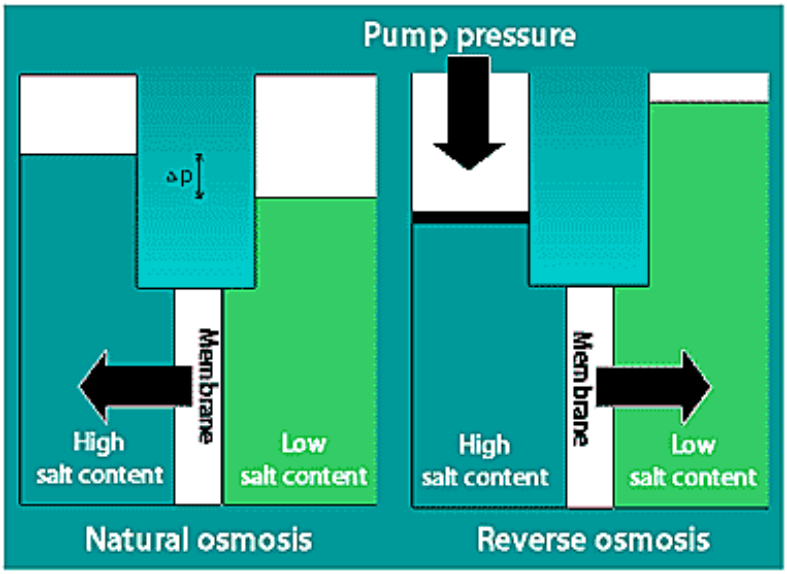
قد يحتوي الماء الطبيعي على شوائب صلبة او سائلة او غازية ، مما يوثر على سلامة المرجل وملحقاته ويتطلب إزالة الشوائب من ماء التغذية قبل استخدامه في المرجل ومن ابرز الشوائب المطلوب أزالتها من الماء بصورة إضافية كمايلي :

1- الأملاح الذائبة .
2- الغازات الذائبة.
3- مواد عالقة او أطيان.

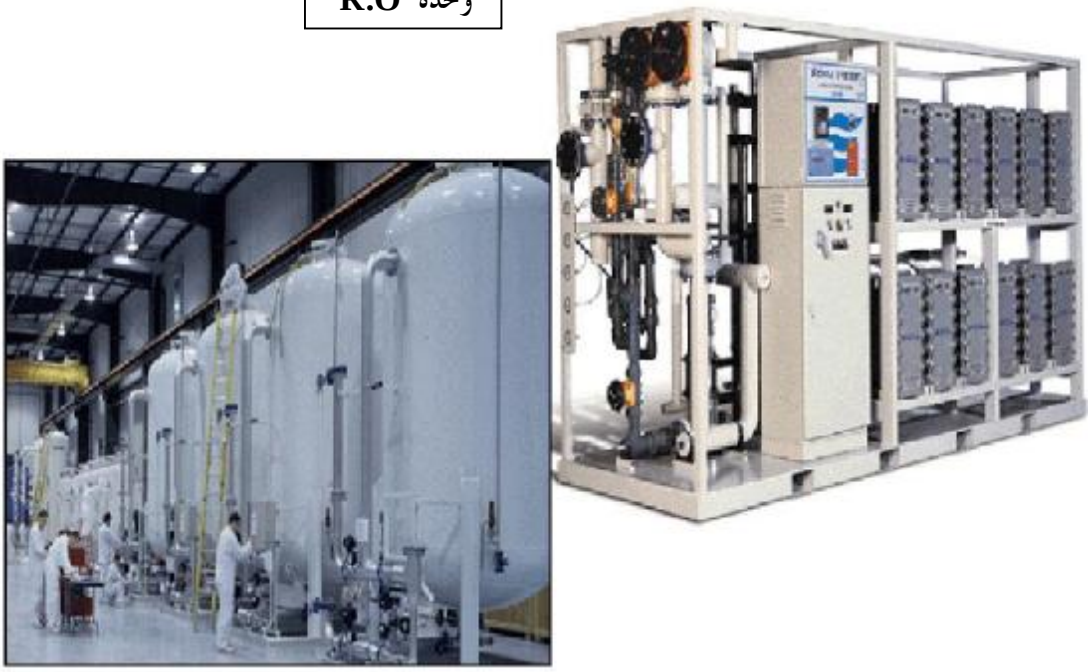
معاملة ماء التغذية:

تتضمن معاملة الماء بهدف إزالة الأملاح والشوائب وكمايلي:

1- **المعاملة الميكانيكية**:وتهدف هذه المعاملة الى إزالة المواد العالقة عن طريق تجميع العوالق وترسيبها ومن ثم ترشيحها.
2- **المعاملة الكيمياوية**:وتشمل وحدات R.O, EDR والتي تزيل جزء كبير من الأملاح الذائبة أما ما تبقى منها فتزال بواسطة المبادلات الايونية SOFTENING,DEALKALISTION, DEMI.



وحدة **R.O**



3- **<u>المعاملة الحرارية</u>**:وتتضمن تسخين الماء لطرد الغازات الذائبة والهواء.

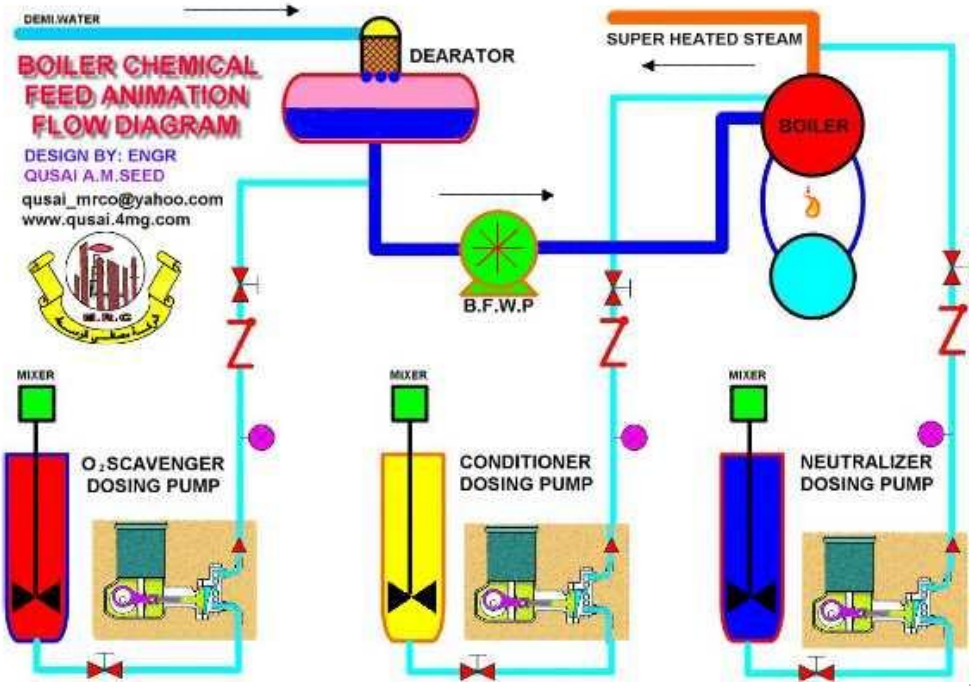
<u>المواد الكمياوية المضافة الى ماء المغذي للمرجل:</u>

1- **OXYGEN SCAVENGER** :ويستخدم لإزالة ما تبقى من الأوكسجين المذاب في ماء التغذية بعد خروجه من مزيلات الغازات ويحقن بواسطة مضخة على الأنبوب الخارج من المزيلة. هذه المادة كقاتل اوكسجين (مانع تاكل) حيث تقوم هذه المادة بالتفاعل مع الاوكسجين الذائب في

مياه التغذية قبل دخولها الى المرجل وذلك بوجود مادة فعالة وسيطة تسرع من عملية التفاعل مع الاوكسجين ، حيث ان الاوكسجين هو المسبب الرئيسي للنخر الموضعي على الانابيب .

2- **CONDITIONER** وتحقن هذه المادة الى وعاء البخار مباشرة او على الأنبوب الرئيسي لماء المغذية للمراجل وتستخدم لإزالة التكلسات او الرواسب وتكون طبقة واقية على الأنابيب والأوعية لحمايتها من التآكل .وتعتبركمصدر للقلوية وذلك للحفاظ على قيمة قلوية وPH في المرجل ضمن الحدود المسموح بها بالاضافة الى عملها كمانع تكلس في حال لم تتجاوز العسرة الكلية في مياه التعويض 1PPM .

3- **NEUTRALIZER** وتحقن هذه المادة في أنبوب البخار الرئيسي من اجل رفع درجة حموضة PH وذلك من جراء تشكل حامض الكربونيك الناتج عن تفكك البكاربونات والكاربونات السالبة في مياه المرجل .



المبادلات الايونية

1 – المبادل الايوني نوع Softener (SAC)

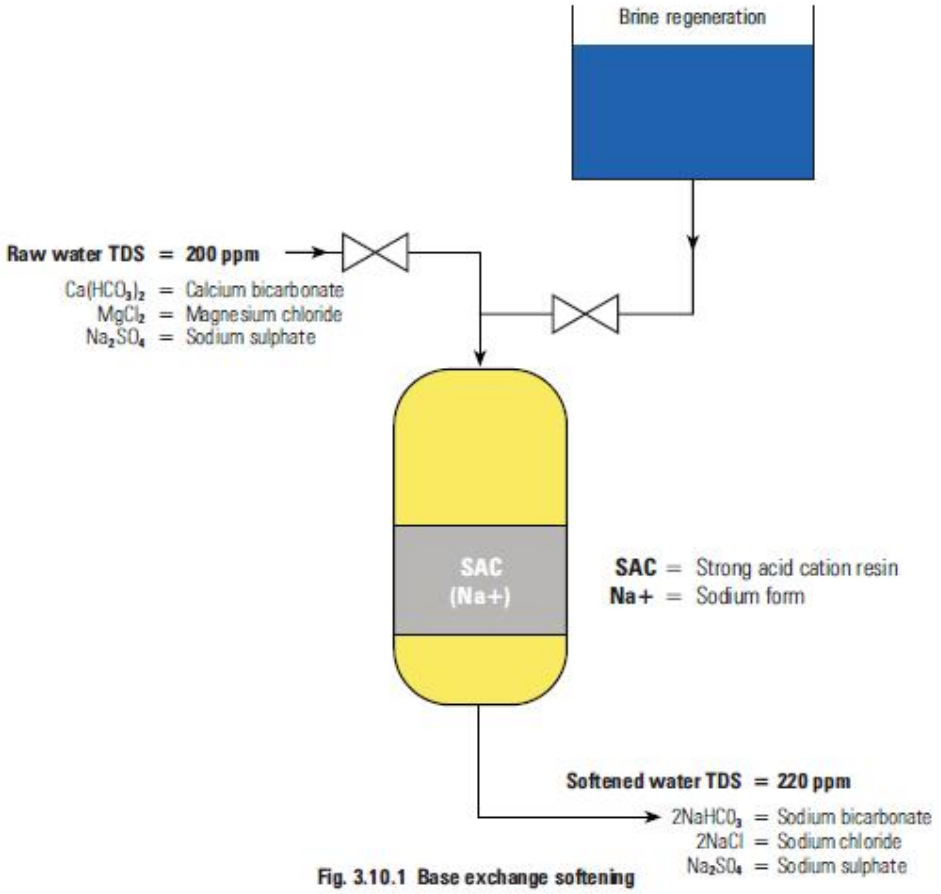
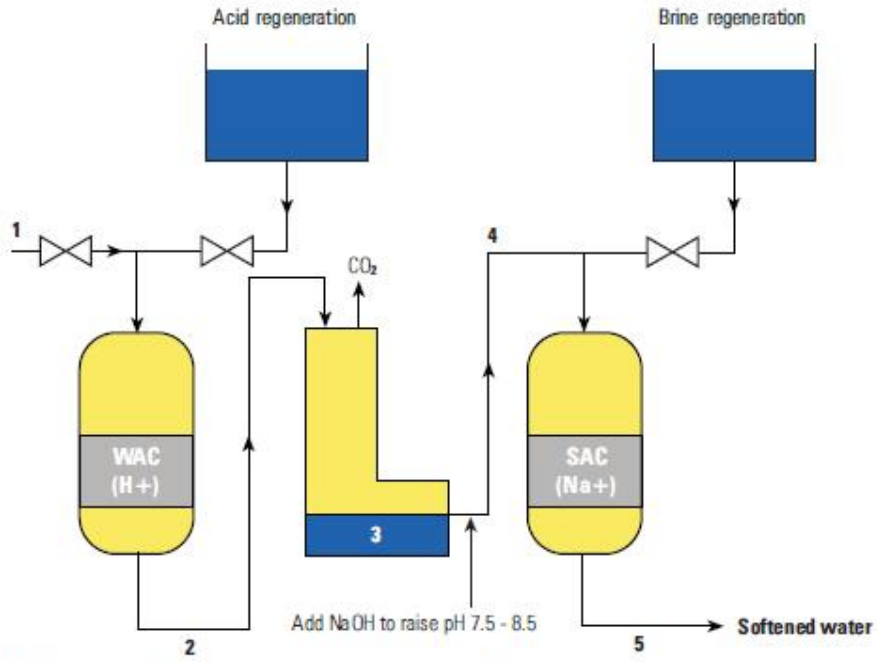


Fig. 3.10.1 Base exchange softening

2 – مزيلات العسرة المؤقتة والدائمية



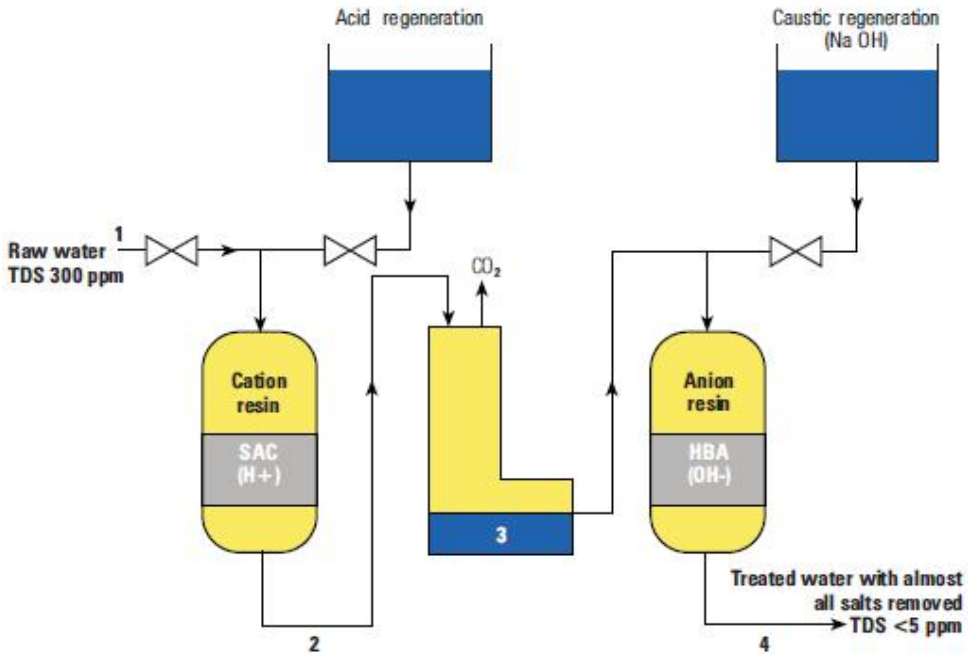
WAC = Weak acid cation resin
H+ = Hydrogen form

SAC = Strong acid cation resin
Na+ = Sodium form

1	2	3	4	5
$Ca(HCO_3)_2$	$2H_2CO_3$	H_2O	H_2O	H_2O
$MgCl_2$	$MgCl_2$	$MgCl_2$	$MgCl_2$	2NaCl
Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4	Na_2SO_4
pH 7.6	pH 4.5 – 5.0	pH 4.5 – 5.0		pH 7.5 – 8.5

Fig. 3.10.2 A dealkalisation plant

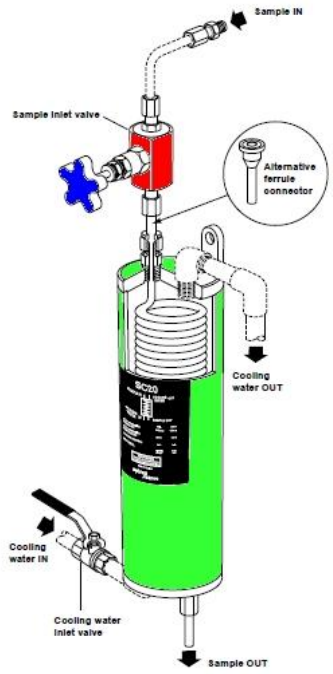
1- منظومة انتاج الماء الخالي من الاملاح (Demineralisation)



1	2	3	4
$Ca(HCO_3)_2$	$2H_2CO_3$	H_2O	H_2O
$MgCl_2$	2HCl	2HCl	H_2O
Na_2SO_4	H_2SO_4	H_2SO_4	H_2O
Na_2SiO_3	H_2SiO_4	H_2SiO_3	H_2O
pH 7.6	pH 2.0 – 2.5	pH 2.0 – 2.5	pH 8.5 – 9.0

Fig. 3.10.4 Demineralisation

6 – مبردة ماء الفحص



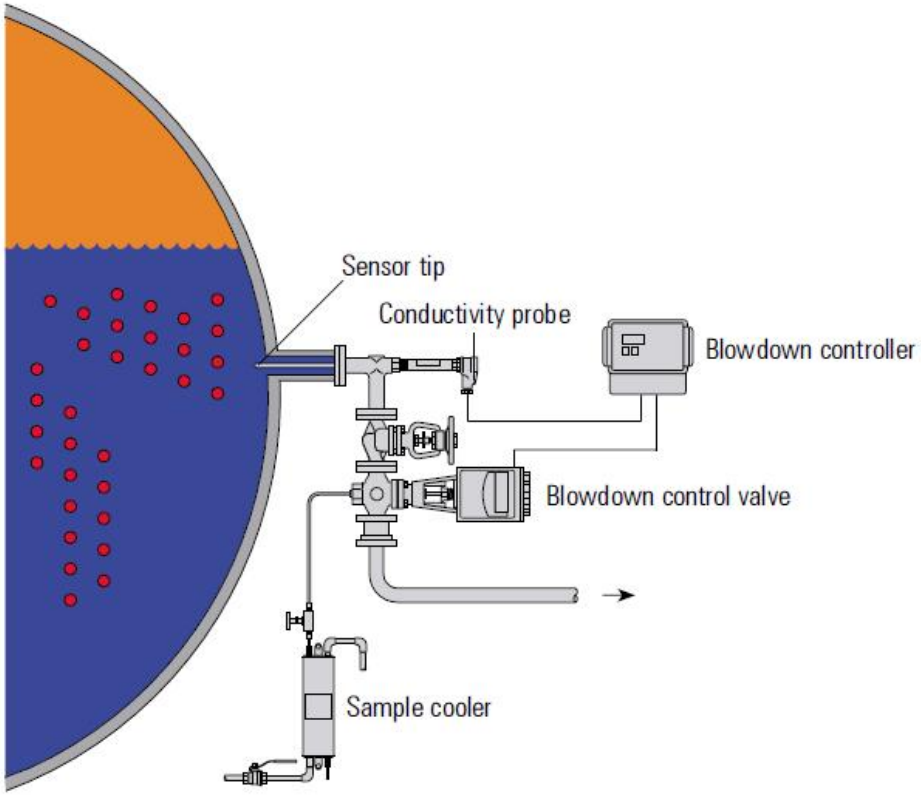
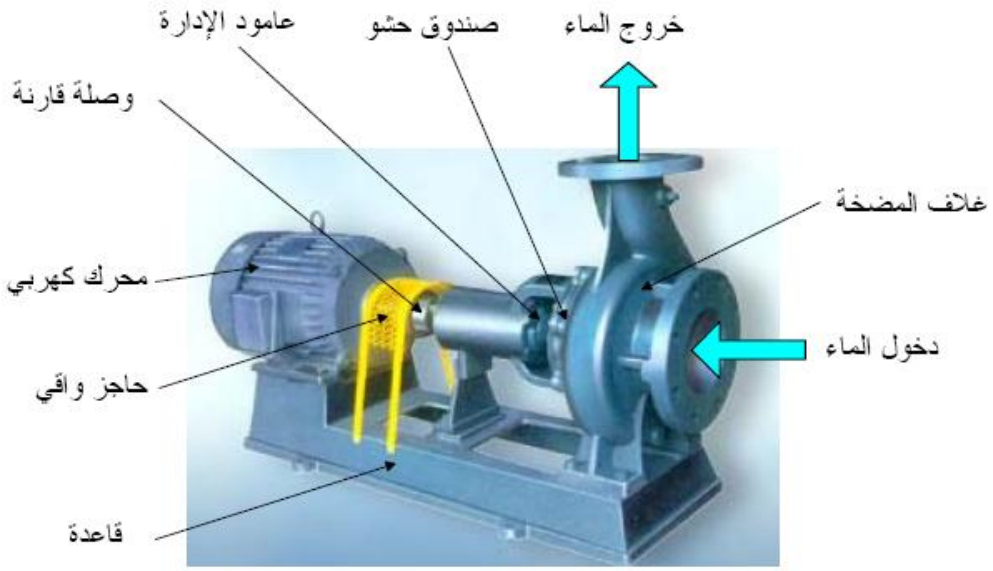


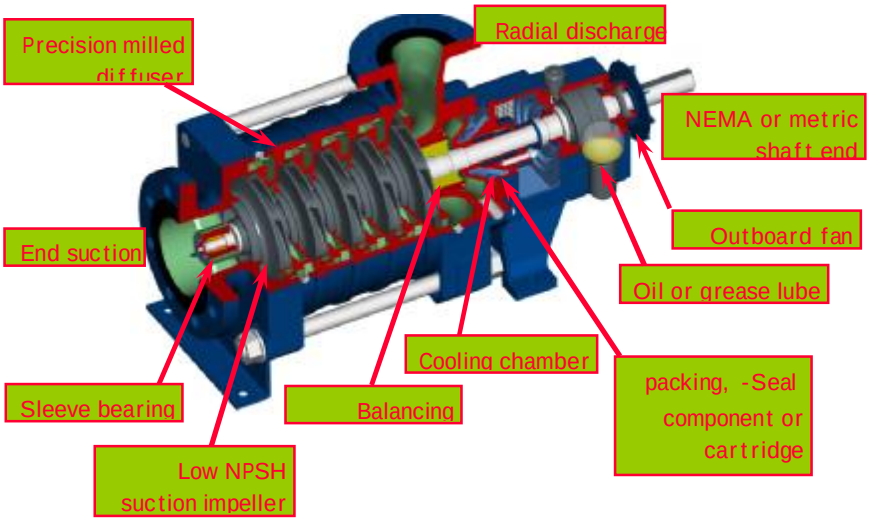
Fig. 3.12.7 A closed loop electronic TDS control system

7 – مضخات مياه التغذية

وهي من الطاردة عن المركز تستند في عملها على مبدأ الطرد المركزي بدفع المائع واهم أجزاء المضخة هي:-
المحرك وهو الجزء الذي يولد الحركة في المضخة. الذراع وهو الجزء الذي ينقل الحركة من المحرك إلى المضخة. جسم المضخة حيث يكون مصمم لكي يندفع المائع باتجاه التصريف وتكون هذا النوع اما على مرحلة واحدة او عدة مراحل وتبعا لمعدل الجريان والضغط المطلوب .



اجزاء مضخة مياه المرجل



خطوات تشغيل المرجل البخاري نوع انابيب النار

1- تشغيل منظومة الوقود السائل الملحقة بالمراجل .
2- التاكد من مضخات المواد الكيمياوية ومن كميات المواد الكيمياوية في الاوعية ومن تعير المضخات حسب توجيهات المختبر والشركة المجهزة للمواد الكيمياوية.
3- التاكد من مستوى الماء في خزان الماء المتكثف من مقياس المستوى الزجاجي او من DCS .
4- التاكد من مستوى الماء في خزان ماء المغذي وان وحدة التحلية تعمل.
5- التاكد من ايصال الطاقة الكهربائية الى لوحة السيطرة الخارجية.
6- وضع مفتاح Auxiliary Circuits على وضع (I) وتعني ON.
7- فحص مضخات مياه تغذية المرجل بعد وضع مفتاح الاختيار(MAN-AUT) على الوضع (MAN) .
8- اختيار احد المضختين للعمل من مفتاح الاختيار اما (1) او (2).
9- اختيار نوع وقود التشغيل وفي البداية يكون العمل على الكاز من مفتاح (2-Heavy oil 1-Light Oil) نختار (1).
تشغيل مضخة مياه تغذية المرجل لتعبئة المرجل بالماء الى الحد الموصى به بعد تحويلها على الوضع التلقائي Auto.
10- ضع مفتاح Burner على وضع (I) وتعني ON وفي هذه الحالة سوف تعمل المروحة الدافعة للهواء وتعمل purge للغازات الموجودة وبعد قليل يبداء المشعل بالاتقاد ويجهز المرجل بالحرارة اللازمة لتحويل الماء الى بخار.

11- قم بفتح انبوب تصريف البخار لمدة قليلة لاخراج الهواء اوالغازات في وعاء المرجل.
12- عند وصول الضغط الى 16 بار قم بفتح صمام الإنتاج الى منظومة البخار.
13- استمرار مراقبة عمل المرجل مع فحص ماء المرجل بصورة دورية.

ملاحظات هامة:-
1- يتوف المرجل عن العمل عند ارتفاع مستوى الماء الى اكثر من الحد الاعلى او اقل من الحد الادنى.

2- يتوقف المرجل عن العمل عند عدم الاستهلاك اى ارتفاع الضغط عن الحد الاعلى.

الوقود المستخدم فى المراجل البخارية

وهو عبارة عن المادة التي تتحد كيميائيا مع الأوكسجين وتطلق الحرارة.

1- الوقود الصلب :

يعتبر أول مصدر للطاقة ويشمل الفحم بأنواعه مثل الكوك والحجري وفحم الخشب . تعود كافة أنواع الوقود الصلب إلى اصل سليلوزي ويدخل في تركيبها الكاربون و الهدروجين والأكسجين ونسبة قليلة من الكبريت والنتروجين .

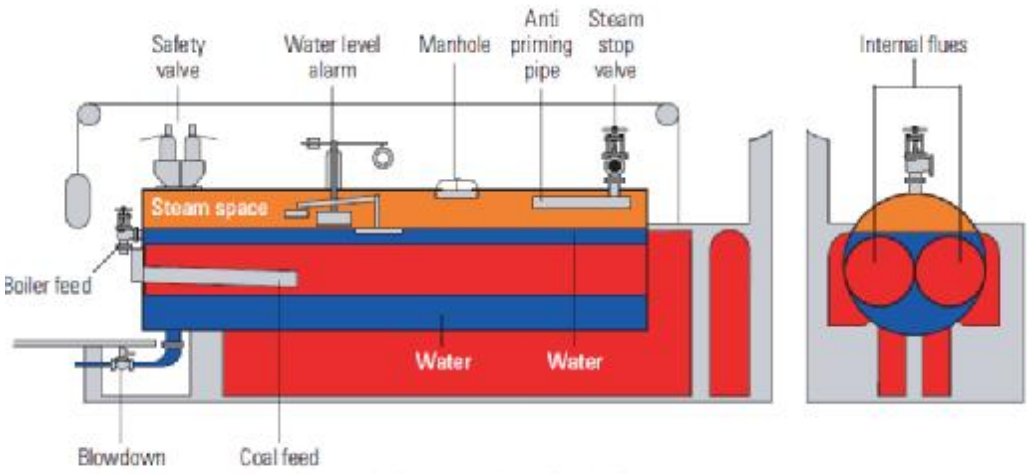


Fig. 3.2.2 Lancashire boiler

2- الوقود السائل :

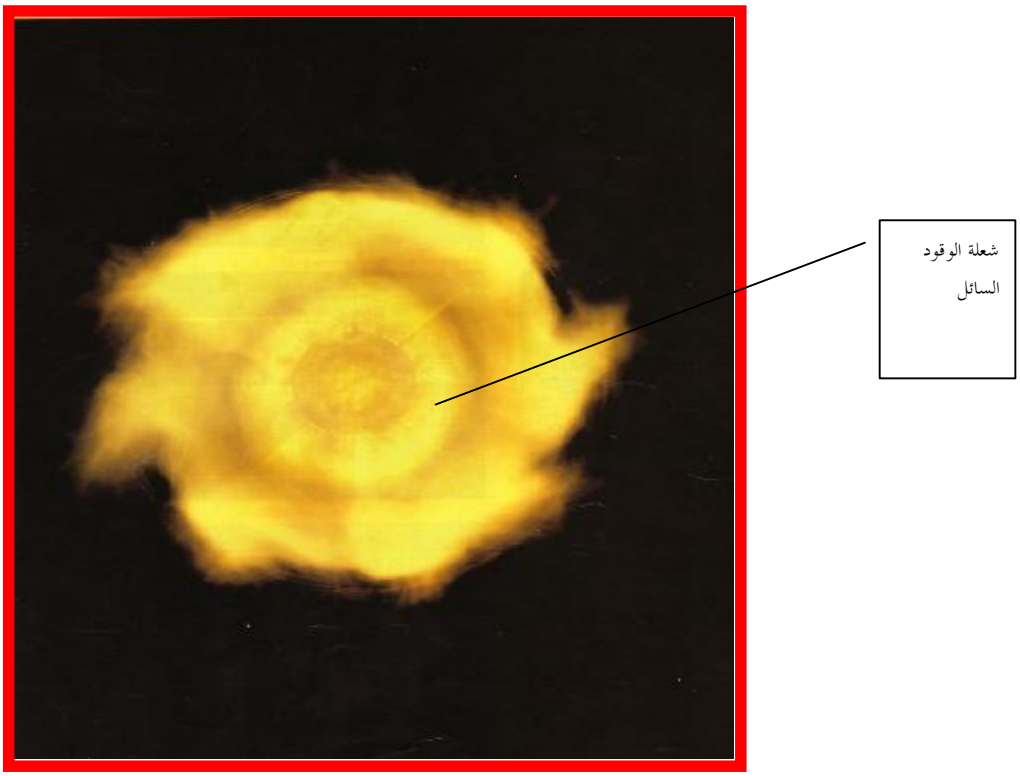
احتل البترول مركزا متميز بين مختلف مصادر الطاقة ومن ابرز الميزات التي يتمتع بها البترول هي :

أ-يحتوي على منتجات عديدة يمكن فصلها عن بعضها عن طريق التكرير وتمثل مصادر متنوعة في استعمال الوقود .

ب- يحتوي على كميات من الغاز الطبيعي بالإمكان فصلها عنه بعد خروجه على سطح الأرض .

ج- سهولة نقله الى مسافات بعيدة .

د- انخفاض كلفة انتاجة ونقلة وتكريره .

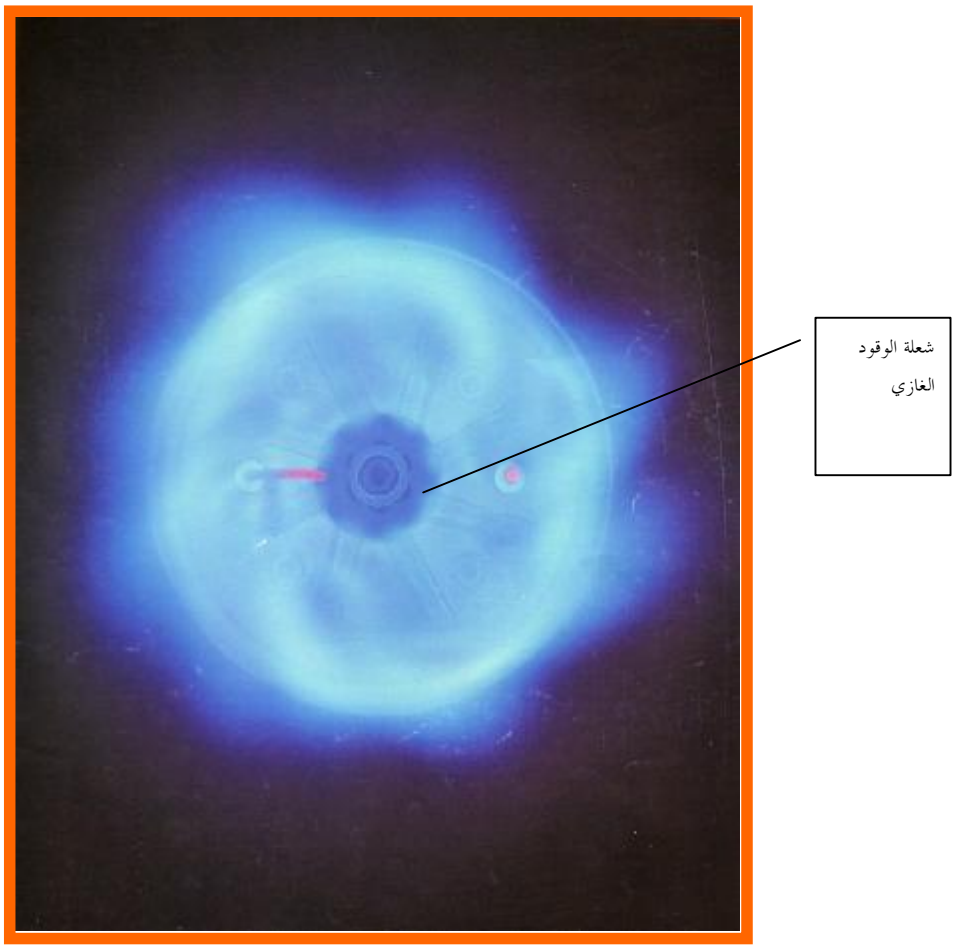


3 ـ الوقود الغازي :

يعتبر من أهم أنواع الوقود ومنه الغاز الطبيعي وغاز البترول وغاز الهدروجين والاستلين .

ويتميز الوقود الغازي على الوقود الصلب بما يلي :

أ- سهولة ضغطة ونقلة بالأنابيب إلى الأفران والمراجل البخارية .
ب- يحترق بصورة تامة .
ج-لا يخلف عند الاحتراق رماد أو دخان أو شوائب أخرى تذكر .
د-سهولة السيطرة على اللهب وعلى درجة الحرارة .
ت-كلفة الوحدات الحرارية من الغاز اقل مما للوقود الصلب و السائل .
أما مساوئه الأساسية فهي صعوبة الخزن والتسويق لمسافات طويلة .



أنواع الاحتراق:

1U-الاحتراق التام

$$C+O2 \longrightarrow HEAT + CO2$$

$$H2+1/2\ O2 \longrightarrow H2O+HEAT$$

2-الاحتراق الغير تام

ويحصل عند عدم كفاية هواء الاحتراق ويتكون اول اوكسيد الكاربون

$$2C+O2 \longrightarrow 2CO+HEAT$$

الاسباب التي تجعل الاحتراق الغير تام غير مرغوب فيه

1- ان غاز اول اوكسيد الكاربون من المكن ان يسبب عملية الاحتراق المتاخر.
2- ان غاز اول اوكسيد الكاربون سام جدا.
3- صرفيات اكبر في الوقود
4- ان اعادة اشتعال اول اوكسيد الكاربون قد يسبب الانفجار.

Uانتقال الحرارة فى المراجل البخارية

المبادئ الأساسية :

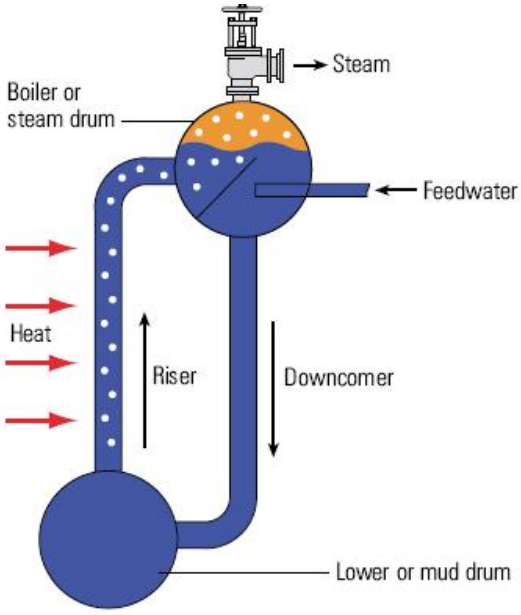
1- وجود اختلاف في درجات الحرارة .

2-انتقال الحرارة من الوسط الساخن إلى الأقل سخونة .

3- الانتقال الحراري بإحدى الطرق التالية أو بالاشتراك بينهم جميعا .

I- التوصيل :

ويتم بهه الطريقةانتقال الطاقة الحرارية خلال المادة بدون تحرك جزيئات هه المادة ويحدث في المواد الصلبة حيث ان الطاقة الحرارية تنتقل بواسطة الجزيئات الساخنة المهتزة مسببا اهتزاز الجزيئات المجاورة ولغاية بلوغها الحرارة المناسبة ،وتتمثل هذه الطريقة في انابيب المرجل ويكون الانتقال بين معدن الأنابيب والماء المحتوى بداخله وانتقال الحرارة من الجدار العازل.



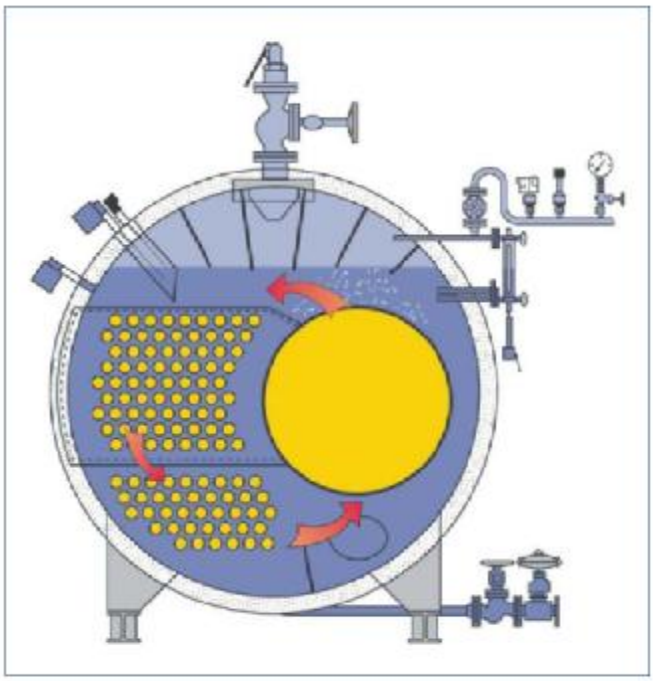
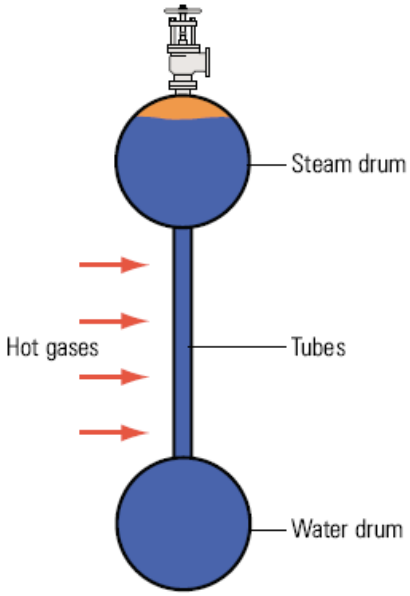
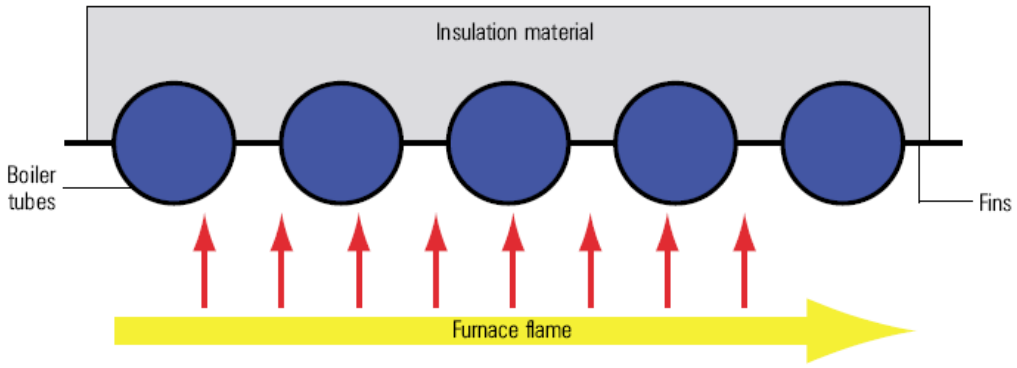


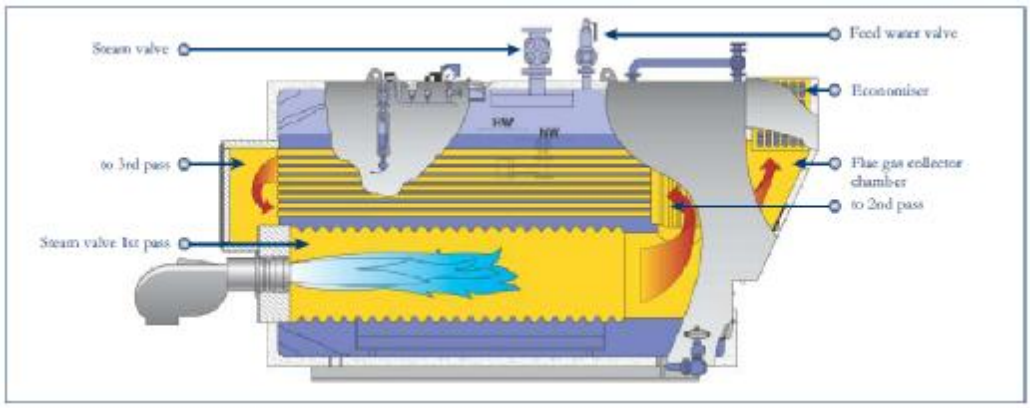
Figure 5: Diagram of the natural circulation within the boiler

II- الحمل : انتقال الحرارة بفعل اختلاف الكثافة نتيجة السخونة ويكون هذا الانتقال إما طبيعي مثل جريان الماء والبخار أو مفتعل بواسطة وسائل ميكانيكية لانتقال الحرارة من الغازات العادمة الى سطوح الأنابيب حيث انتقال الطاقة الحرارية يتم من خلال حركة الجزيئات الساخنة من مكان الى اخر .



III- الإشعاع :وهو شكل مستمر من التبادل الداخلي للطاقة بواسطة الأمواج الكهرومغناطسية ويحث داخل الفرن .





الحرارة المفقودة في المرجل:

ان من المستحيل ان يوجد جسم يختلف بدرجة حرارته عن درجة حرارة المحيط بدون حصول انتقال حراري لان الحرارة تميل الى الانتقال من الجسم الساخن الى الابرد. وهنالك نوعان من الفقدان هما:

1-الحرارة المفقودة في الغازات العادمة.

2-الحرارة المفقودة من جدران الفرن.

3- مياه البزل.

تمارين الاحتراق وكفاءة المرجل

ت1

احسب حجم الوقود متر /ساعة المستخدم في مرجل بخاري علما ان كمية الوقود المستخدم 11700 باوند بالساعة وان API=15 ؟

API=141.5 -131.5

Sp.gr

الكثافة النوعية=كثافة المادة/كثافة الماء

الكثافة= الكتلة /الحجم الحل : من قبل المتدرب

ت2

مرجل بخاري يسخن بواسطة زيت الوقود تحت الظروف الاتية المطلوب احسب كمية الاوكسجين اللازم لعملية الاحتراق وكفائة المرجل ؟

كمية البخار المتولد = 1000 كغم /ساعة

درجة حرارة البخار المحمص = 480 م

ضغط بخار الماء المحمص = 42 جو (مطلق)

درجة حرارة ماء التغذية = 115م

كمية الوقود المستهلك = 75 كغم/ساعة

القيمة الحرارية للوقود 11000 ك/سعرة/كغم
تركيب الوقود 80% كاربون 12% هدروجين 2.5 % كبريت 0.5 %
نسبة الهواء الزائد = 10 %
الحل
كمية الحرارة الممتصة في بخار الماء المحمص عند 480 م وضغط 42 جو(من جداول البخار) = 812 ك سعرة/كغم
كمية الحرارة في ماء التغذية عند 115 م = 115 ك سعرة /كغم
الحرارة الكلية المعطاة لبخار الماء =(812- 115) * 1000 = 697000 ك سعرة
75 كغم من الوقود يتضمن :
وزن الكاربون = 60 كغم
وزن الهدروجين = 9 كغم
وزن الكبريت = 1.8 كغم

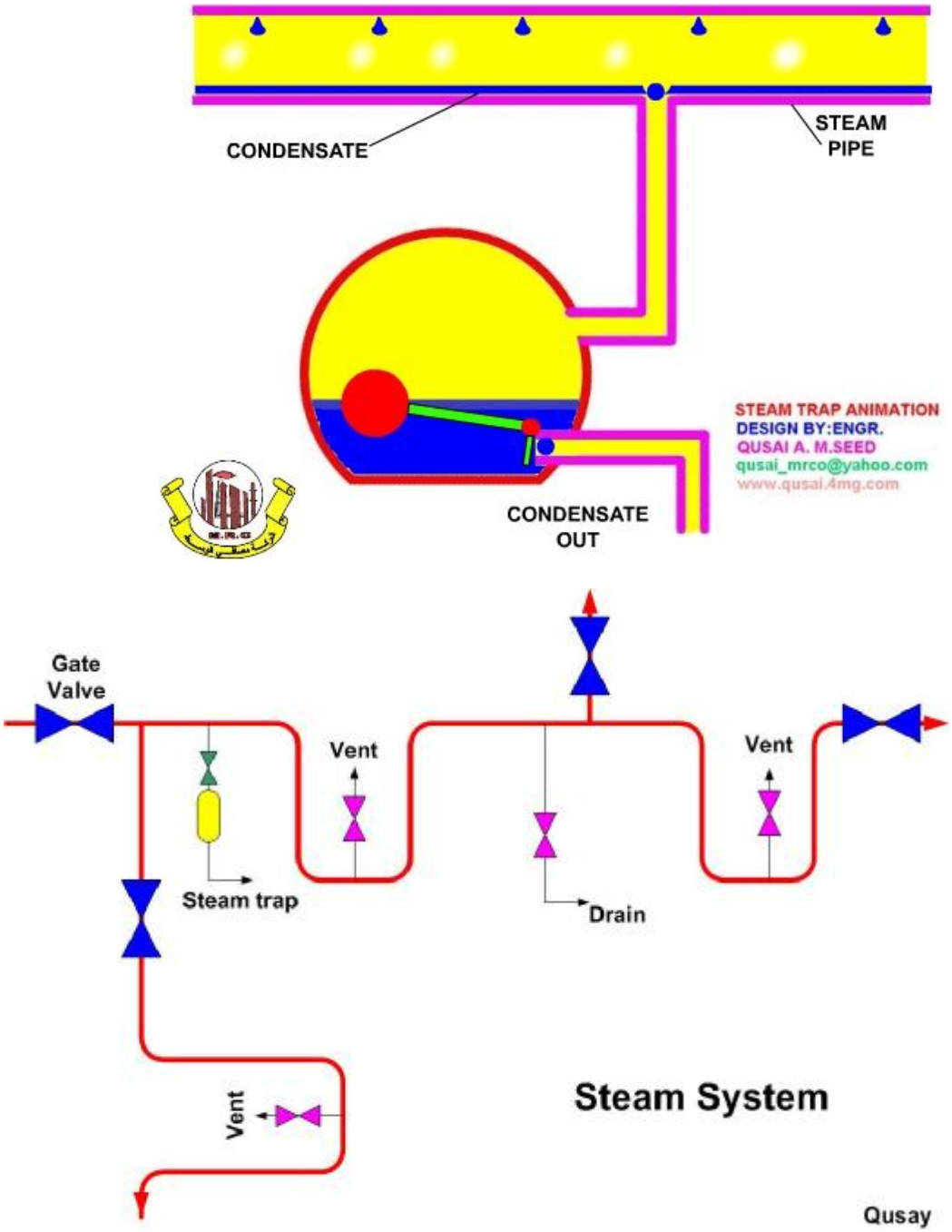
كمية الاوكسجين النظرية = $\frac{32 \times 60}{12} + \frac{16 \times 9}{2} + \frac{32 \times 1.8}{32}$ = 234 كغم
كمية الاوكسجين الزائد = 234 x 0.1 =23.4 كغم
كمية الاوكسجين الكلي = 234 +23.4 =257.4 كغم
الحرارة الداخلة = 11000x75 =825000 ك سعرة

كفاءة = $\frac{\text{الحرارة المتصة في بخار المـــــــــاء}}{\text{القيمة الحرارية للوقود x كمية الوقود}} \times 100$

$= \frac{697000}{825000} \times 100$
= 84.48 %

شبكة البخار

مكونات شبكة البخار
1- الانابيب
2- مصائد البخار
3- صمامات
4- صمامات التنفيس
5- صمامات تصريف الماء المتكثف
6- صمامات الامان
7- مقايس الضغط
8- مقايس الجريان


CONDENSATE
STEAM
PIPE
STEAM TRAP ANIMATION
DESIGN BY:ENGR.
QUSAI A. M.SEED
qusai_mrco@yahoo.com
www.qusai.4mg.com
CONDENSATE
OUT
Gate
Valve
Vent
Vent
Steam trap
Drain
Vent
Steam System
Qusay