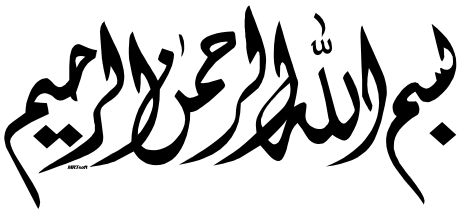


تله های بخار

Steam traps

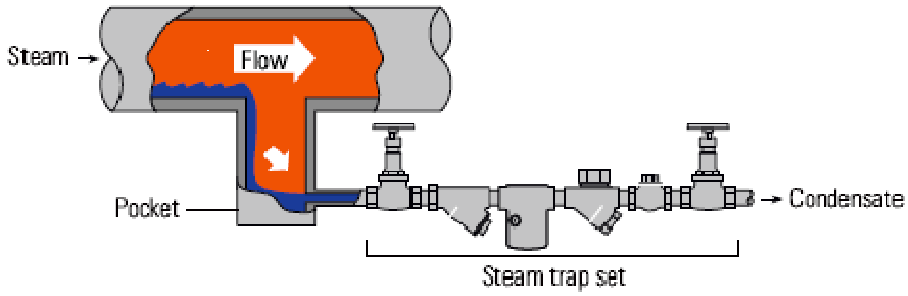
مطالب این نوشته از کتاب « همه چیز درباره تله های بخار»

نوشته **مهندس محسن قدیری** گردآوری شده

http://irmechanic.wordpress.com

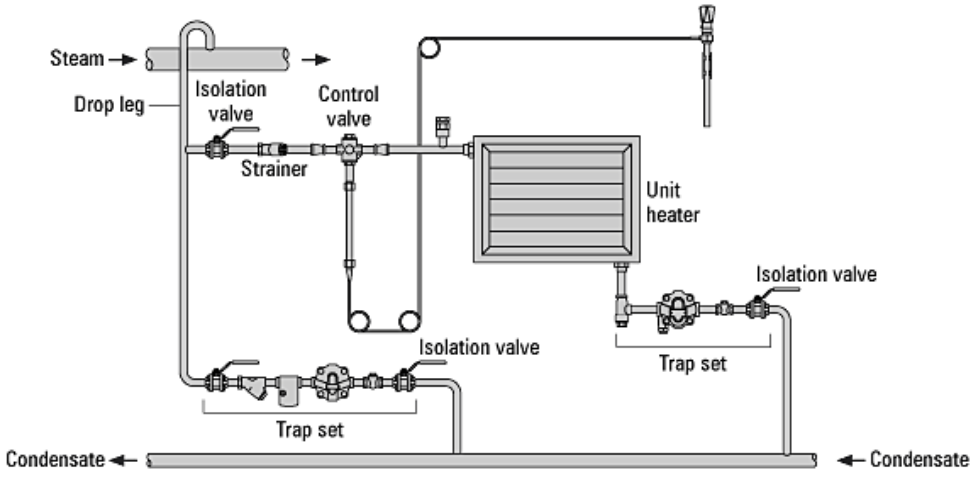
تله های بخار بخش مهمی از سیستم شبکه توزیع بخار محسوب می گردند . وظیفه اصلی آنها تخلیه آب مقطر از سیستم و ارسال آن به خطوط مربوطه و ممانعت از خروج بخار می باشد . تله بخار کاربرد فراوانی در صنعت به ویژه صنعت نفت دارد که بعضی از کاربردهای مهم آن عبارتست از :

1. افزایش کیفیت بخار موجود در خط اصلی بخار از طریق خارج کردن آب مقطر از خط بخار (شکل 1-1)



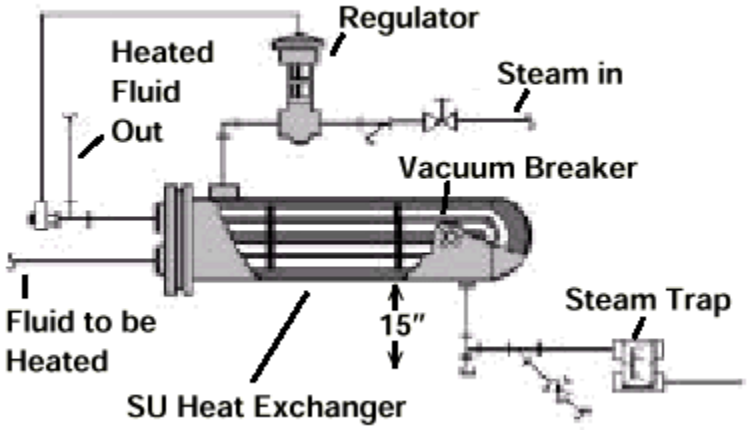
شکل 1-1 نصب تله بخار جهت خروج آب مقطر از خط اصلی بخار

2 . بـه عنوان پل ارتباطـی خـط لولـه بخـار (Steam supply) و خط تخلیـه آب مقطر (Condensate line) (شکل 1-2)

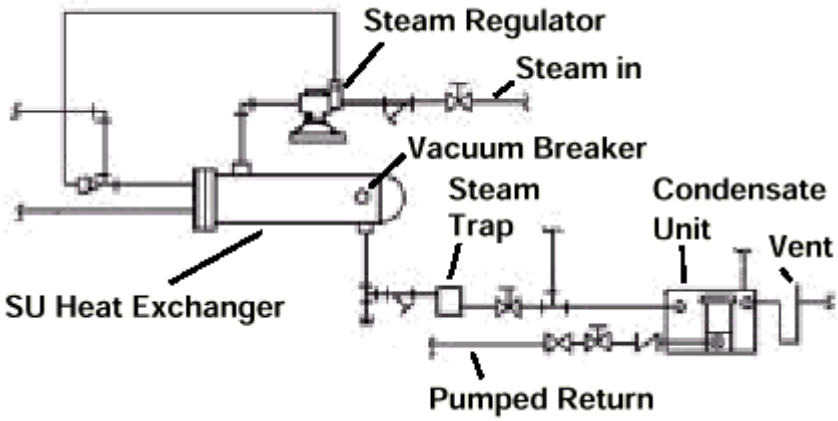


شکل 1-2 نصب تله بخار در خروجی یک گرم کن هوا (Unit heater)

3 . در مسیر سیال خروجی (بخار) از پوسته یا لوله مبدلهای حرارتی (شکلهای1-3 و 1-4)



شکل 1 - 3 نصب تله بخار در خروجی یک جوشاننده (Reboiler)



شکل1 - 4 نصب تله بخار در خروجی پوسته یک مبدل حرارتی(Heat exchanger)

و ...

به منظور عملکرد صحیح یک سیستم بخار ، هر تله بخار می بایستی بدون عبور بخار ، آب مقطر را از خود عبور دهد . وجود تله های بخار از کار افتاده ، نشانگر وجود یک منبع اتلاف انرژی می باشد . در یک واحد بزرگ صنعتی ، بررسی فراگیر تله های بخار به منظور بازرسی هر یک از آنها الزامی است تا بواسطه این بازرسی ، عملکرد آنها و هزینه کلی اتلاف انرژی بخار مشخص شود . بعنوان مثال طبق بررسی های انجام شده

از 1000 تله بخار بکار رفته در یک سیستم ، 250 مورد دارای تلفات کلی بخار به میزان 4783 پوند در ساعت بوده است که هزینه سالانه ای بالغ بر **236,520** دلار را در پی داشته است.

تله های بخار بوسیلـه سازنده های متعـددی تولیـد می شونـد که دارای طرحها ، اندازه هـا و خصوصیات عملیاتی متنوعی می باشند . بعضی از تله های بخار ، آب مقطر را به صورت پیوسته و بعضی دیگر به صورت متناوب (بعد از جمع شدن آب مقطر و پر شدن تله از آن) خارج می کنند . به هر حال در سراسر دنیا تله بخار واحدی که برای همه کاربردها مناسب باشد وجود ندارد . انتخاب تله بخار مناسب به منظور عملکرد سیستم بخار با راندمان بالا ، موضوعی پیچیده و بحرانی می باشد . به طور کلی تله بخار یکی از اجزاء ضروری سیستم بخار است و عنصر مهمی در مدیریت مناسب بخار و آب مقطر محسوب می شود که وظیفه آن نگهداشتن بخار در طول فرآیند برای استفاده حداکثر از حرارت آن و عبور دادن آب مقطر ، گازهای چگال ناپذیر (Incondensable gas) و هوا در زمان های مناسب می باشد.

به هر حال همیشه مرسوم بوده است که به تله های بخار به صورت مستقل نگاه شود و اثر آنها بر روی سیستم بخار، اغلب در نظر گرفته نمی شود . مسائل ذکر شده ذیل ، اهمیت نگاه کلی به سیستم در انتخاب تله بخار مناسب را مطرح می کند :

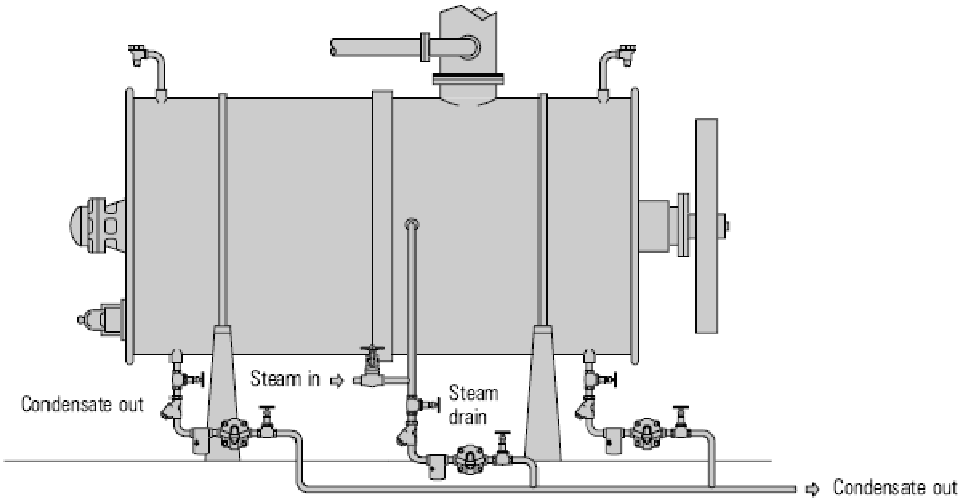
- آیا واحد سریعا" به دمای عملیاتی می رسد و یا پاسخ آن نسبت به افزایش درجه حرارت کند بوده و عملکرد (بازده) آن پایین تر از حد مورد انتظار است؟

- آیا سیستم بدون مشکل است یا استفاده از تله بخار نامناسب منجر به پدیده های ضربه قوچ ، خوردگی و یا نشتی شده و هزینه تعمیرات را بالا برده است ؟

- آیا طراحی سیستم ، اثری منفی بر روی طول عمر و راندمان تله های بخار داشته است ؟

به طور کلی مشکلات ناشی از انتخاب نامناسب تله های بخار به صورت پنهان اثر خود را در سیستم نشان می دهند . در بعضی از مواقع تله های بخار به طور کامل مسدود می شوند بدون اینکه مشکلی جدی بوجود آید . به عنوان مثال یک تجزیه کننده صنعتی (Industrial digester) را در نظر بگیرید (شکل 1-5) که به دلیل مسدود شدن یکی از تله های بخار ، آب مقطر از یکی از خروجی های آن بطور کامل تخلیه نمی شود در این شرایط اغلب مواقع آب مقطر باقـی مانده به نقاط تخلیه دیگر منتقل می شود

تا از آنجا تخلیه گردد . اگر این نقاط تخلیه هم مسدود باشند مشکلی جدی پیش خواهد آمد ولی احتمال مسدود بودن همزمان همه نقاط کم است .



شکل 1 - 5 استفاده از سه تله بخار در یک تجزیه کننده صنعتی (Digester)

باید به این نکته توجه گردد که مشکلات ناشی از فرسایش شیرهای کنترل، نشتی وکاهش بازده واحد بوسیله توجه ویژه به تله های بخار رفع می گردد. تله های بخار اگرچه دارای ابعاد کوچکی می باشند ولیکن از اهمیت بالایی برخوردارند که این اهمیت معمولا" نادیده گرفته می شود .

استهلاک در هر سیستم ، امری طبیعی است که تله های بخار به عنوان جزئی از سیستم از این امر مستثنـی نمی باشند . هنگامی که تله های بخار در حالت باز ازکار می افتند مقدار مشخصی از بخار به خط برگشتی آب مقطر وارد می گردد . خوشبختانه در حال حاضر وسایل تشخیص سریع عبور بخار از تله بخار برای مصرف کنندگان موجـود است .

2-1- چند اصطلاح مهم:

به طور کلی در صنعت چندین واژه در مورد تله های بخار کاربرد فراوانی دارند که درک دقیق ضروری به نظر می رسد:

1-2-1- خط بالارو (Riser یا Lift): به خطی گفته می شود که عمودی بوده و سیال داخل آن از پایین به بالا در جریان می باشد.

2-2-1- خط پایین رو (Falling line): به خطی گفته می شود که عمودی بوده و سیال داخل آن از بالا به پایین در جریان است.

1-2-3 flash steam اگر آب مقطر داغ از فشار بالا به فشار پایین تخلیه شود بخاری تشکیل میشود که به آن **flash steam** میگویند.

4-2-1- فضای بخار(Steam space) : دستگاههای بخار مانند تله بخار ، مبدل حرارتی پوسته - لوله ، دیگهای بخار فایر تیوب ، لوله ها و ... دارای دو بخش می باشند که یک بخش محل جمع شدن آب مقطر و بخش دیگر محل جمع شدن بخار می باشد . به دلیل چگالی کمتر بخار نسبت به آب مقطر ، قسمت بالای دستگاه محل جمع شدن بخار و قسمت پایین آن محل جمع شدن آب مقطر می باشد . به محل جمع شدن بخار در تله های بخار ((فضای بخار)) گویند .

حال با ذکر دو مثال به درک بهتر این مطلب می پردازیم :

مثال ۱ : در تله های بخار ، بخار ورودی به تله در قسمت بالای آن جمع می شود تا با محیط تبادل حرارتی انجام داده و به آب مقطر تبدیل گردد وسپس از تله بخار خارج شود . به قسمت بالای تله بخار که محل جمع شدن بخار می باشد فضای بخار (Steam space) گویند .

مثال 2 : در مبدلهای حرارتی پوسته – لوله نیز به همین ترتیب است . فرض کنید بخار در پوسته یک مبدل حرارتی و نفت در تیوب آن در جریان است . قسمت بالای پوسته مبدل محل جمع شدن بخار می باشد که به آن فضای بخار (Steam space) گویند که در این فضا بخار جمع شده و پس از تبادل حرارتی با نفت و محیط و تبدیل شدن به آب مقطر ، از مبدل خارج شده و روانه تله بخار واقع درخروجی مبدل می شود .

1-2- انواع تله های بخار :

وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا (U.S Department of Energy) تله های بخار را به سه دسته کلی تقسیم می کند که عبارتند از :

- ترموستاتیک (Thermostatic)
  - بلوز (Bellows) ⟸
  - بای متال (Bi - metal) ⟸
- مکانیکی (Mechanical)
  - توپ شناور (Ball float) ⟸
  - شناور - اهرم (Float & Lever) ⟸
  - سطل معکوس (Inverted bucket) ⟸
  - سطل باز (Open bucket) ⟸
  - شناور-ترموستاتیک (Float & Thermostatic) ⟸
- ترمودینامیکی (Thermodynamic)
  - دیسکی (Disc) ⟸
  - پیستونی یا ضربه ای (Piston یا Impulse) ⟸

2-1-1- تله های بخار ترموستاتیک:

اساس کار این تله های بخار ، تغییرات دمای سیال می باشد . دمای بخار اشباع به فشارش وابسته می باشد . در فضای بخار (قسمت بالای تله بخار که مخصوص جمع شدن بخار است) ، آنتالپی نهان تبخیر بخار (h_{fg}) به محیط داده شده و آب مقطر در دمای بخار (دمای اشباع) تولید می شود . به دلیل اتلافات حرارتی ، ممکن است دمای آب مقطر کاهش یافته و به پایین تر از دمای اشباع برسد . هنگامی که تله بخار ترموستاتیکی این کاهش دما را احساس کرد باز شده و آب مقطر را از خود عبور می دهد . هنگامی که بخار به تله بخار می

رسد ، دما افزایش یافته و تله بخار بسته می شود . تله های بخار ترموستاتیک از اختلاف دما به منظور تشخیص بخـار و آب مقطـر استفاده می نمایند . بنابراین از این اختلاف برای باز و بسته نمودن شیر استفاده می شود . در این نوع تله های بخار تحت شرایط عملیاتی نرمال ، آب مقطر قبل از تخلیه شدن تا زیر دمای بخار (دمای اشباع) سرد می شود .

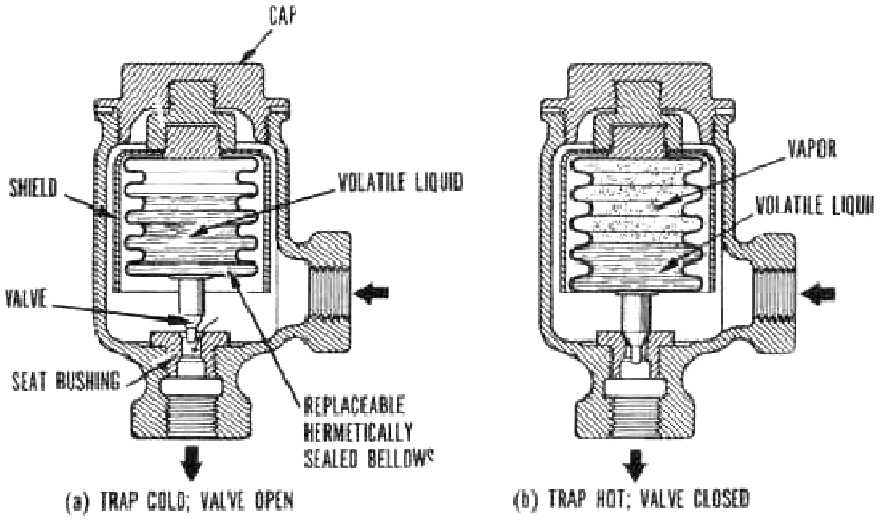
این تله های بخار چندین نوع می باشند که عبارتند از :

2-1-1-1- تله های بخار بلوزی

2-1-1-1-1- ساختمان داخلی تله های بخار بلوزی:

تله های بخار بلوزی دارای بلوز (Bellows) می باشند که از یک سر به بدنه تله بخار ثابت گشته و از انتهای دیگر به شیر (Valve) متصل می باشد ، این بلوز در پاسخ به تغییرات دمایی انقباض و انبساط پیدا می کند . اغلب یک ماده شیمیائی فرار مانند الکل یا آب در درون بلوز می ریزند .

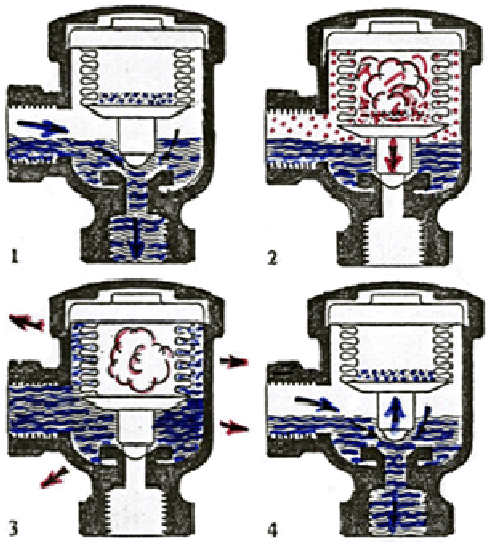
برای داشتن تصویری ذهنی از بلوز(Bellows) ، فنر به هم فشرده ای را در نظر بگیرید که فضای خالی میان حلقه های فنر وجود نداشته باشد .



شکل 2-1 اجزای داخلی تله بخار بلوزی a) تله سرد و شیر تخلیه آب مقطر باز b) تله گرم و شیرتخلیه آب مقطر بسته

2-1-1-1-2- نحوه عملکرد تله های بخار بلوزی:

با توجه به شکل 2-2 نحوه عملکرد این نوع تله بخار بدین شرح است :



شکل 2-2 مراحل عملکرد تله بخار بلوزی 1) شیر تخلیه آب مقطر باز 2) شیر تخلیه آب مقطر بسته 3) شیر تخلیه آب مقطر بسته 4) شیر تخلیه آب مقطر باز

حالت 1 : در این حالت فقط آب مقطر از تله بخار عبور می کند . بدلیل عدم تبادل حرارتی بین ماده فرار داخل بلوز و آب مقطر ، ماده فرار داخل بلوز در حالت مایع باقی می ماند در نتیجه بلوز حالت منقبض شده اولیه خود را حفظ می کند و شیر (Valve) مسیر جریان را باز نگه می دارد .

حالت 2 : در این حالت در تله بخار آب مقطر به همراه بخار وجود دارد بدلیل انتقال حرارت از طرف بخار به ماده فرار داخل بلوز ، قسمتی از این ماده فرار بخار شده و فشار داخل بلوز افزایش می یابد در نتیجه بلوز انبساط یافته و مسیر جریان بسته می شود (در این حالت بخشی از گرمای نهان بخار به ماده فرار انتقال یافته است در نتیجه بخشی از بخار به آب مقطر تبدیل شده است) .

حالت 3 : در این حالت مقداری از گرمای بخار(کل گرمای نهان بخار به استثنای گرمای آشکار) به ماده فرار داخل بلوز انتقال یافته است در نتیجه کل این ماده فرار به بخار تبدیل شده و کل بخار آب به دلیل از

دست دادن گرما(کل گرمای نهان) به آب مقطر تبدیل گشته است . در این حالت باز هم بدلیل فشار بخار ماده ی فرار ، شیر همچنان بسته می ماند .

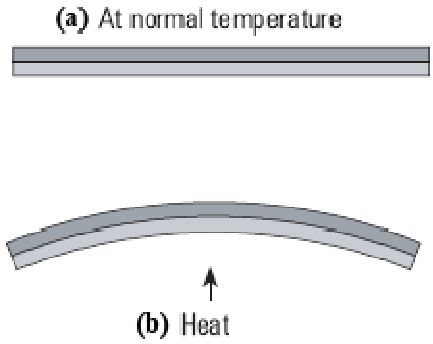
حالت 4 : پس از تبدیل کل ماده فرار داخل بلوز به بخار و کل بخار آب به آب مقطر ، بخار ماده فرار داخل بلوز از طریق آب مقطر ودیواره های تله بخار با محیط انتقال حرارت صورت داده و میعان می شود در نتیجه بلوز دوباره منقبض شده و با بالا امدن شیر ، مسیر جریان باز می شود(در این حالت بخشی از گرمای آشکار آب مقطر نیز به محیط داده می شود به همین دلیل است که خروجی این تله ها دمایی پایین تر از اشباع دارند) .

این حالات پی در پی تکرار می شود .

2-1-1-2- تله های بخار بای متال

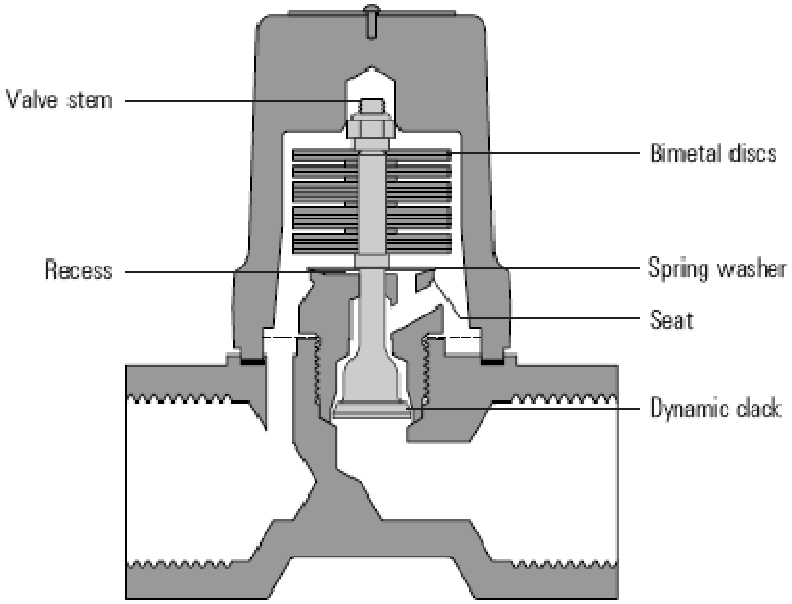
2-1-1-2-1- ساختمان داخلی تله های بخار بای متال:

تله های بخار بای متال همانطور که از اسمشان پیداست از دو نوع فلز مختلف که به هم جوش داده شده ، تشکیل شده اند . این دو فلز یک عنصر یکپارچه را ایجاد می کنند . هنگامی که این عنصر حرارت می بیند منحرف می شود . در شکل 2-3 نحوه انحراف این عنصر پس از حرارت دادن نشان داده شده است .

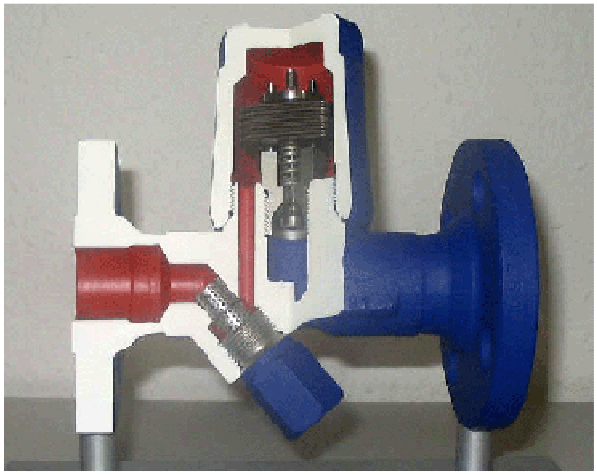


شکل 2-3 عنصر بای متال در دو حال a) دمای نرمال b) پس از حرارت دادن

اجزاء داخلی این تله بخار در شکل های **2-4** و **2-5** نشان داده شده است :



شکل2-4 اجزاء داخلی تله بخار بای متال



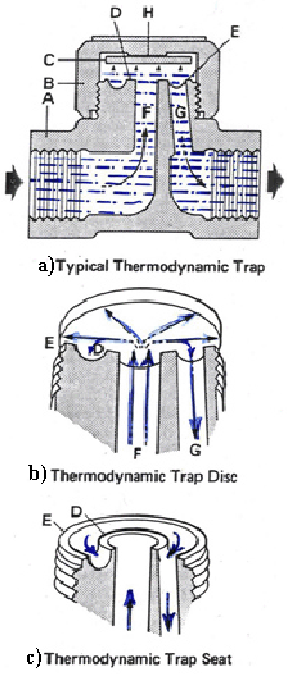
شکل2-5 مقطعی از تله بخار بای متال

2-1-3- تله های بخار ترمودینامیکی:

تله های بخار ترمودینامیکی ، تله هایی بسیار قوی هستند که نحوه عملکرد آنها ساده می باشد . اساس کار این نوع تله های بخار ، تغییرات خواص دینامیکی سیال می باشد(تغییرات سرعت) . این تله های بخار چند نوع می باشند که عبارتند از :

2-1-3-1- تله های بخار دیسکی

2-1-1-3-1- ساختمان داخلی تله های بخار دیسکی:



شکل2-21 اجزاء داخلی تله بخار دیسکی a) نوع مرسوم تله بخار دیسکی b) دیسک تله بخار دیسکی c) نشیمنگاه تله بخار دیسکی

A : بدنه

B : درپوش

C : دیسک

D : رینگ داخلی

E : رینگ خارجی

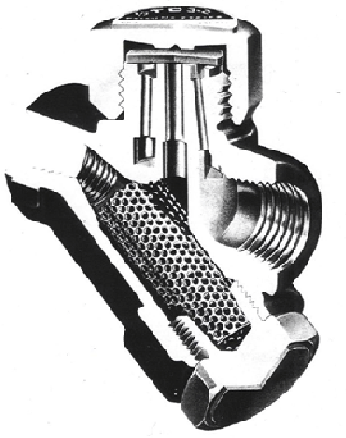
F : ورودی

G : خروجی

H : نشیمنگاه بالایی

مطابق شکل 2-21 اجزای اصلی یک تله بخار دیسکی ، نشیمنگاه (Seat) و دیسک (Disc) می باشد که نشیمنگاه محل قرار گیری دیسک می باشد .

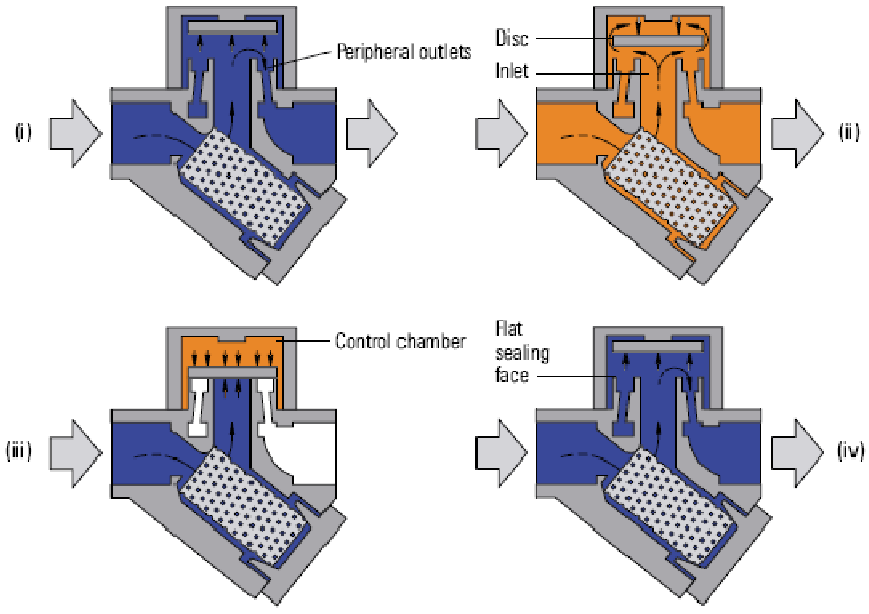
برای آشنایی بیشتر با اجزاء داخلی این نوع تله بخار به شکل 2-22 توجه نمائید :



شکل2-22 مقطعی از تله بخار دیسکی

2-1-3-1-2- نحوه عملکرد تله های بخار دیسکی:

تنـــها قطعـــه متحـرک ایـــن تلـــه های بخـــار ، دیســـک می باشـــد که در داخـل محفظـــه کنتـــرل (Control chamber یا Cap) حرکت می کند . با توجه به شکل 2-23 نحوه عملکرد این نوع تله بخار بدین شرح است :



شکل 2-23 مراحل عملکرد تله بخار دیسکی i) جدا شدن کامل دیسک از روی نشیمنگاه و تخلیه آب مقطر ii) دیسک در حال پایین آمدن و نشستن بر روی نشیمنگاه iii) نشستن کامل دیسک بر روی نشیمنگاه و مسدود شدن مسیر تخلیه آب مقطر iv) جدا شدن دوباره دیسک از نشیمنگاه و تخلیه آب مقطر

حالت (i) : این حالت ، شروع به کار سیستم را نشان می دهد که فشار آب مقطر ورودی باعث بالا رفتن دیسک می شود . آب مقطر سرد به همراه هوا پس از ورود به رینگ داخلی زیر دیسک ، سریعا" از طریق سه خروجی جانبی (Peripheral outlets) از تله بخار خارج می شوند (در شکل 2-23 دو خروجی از سه خروجی جانبی نشان داده شده است) .

حالت (ii) : در این حالت آب مقطر داغ از طریق راهگاه ورودی ((Inlet passage به سمت محفظه تحتانی دیسک جریان پیدا می کند که پس از برخورد به دیسک ، فشارش افت شدیدی پیدا می کند در نتیجه بخاری با سرعت بالا تولید می نماید (Flash steam) . این بخار سرعت بالا ، طبق رابطه برنولی باعث ایجاد فشاری پایین در قسمت تحتانی دیسک می شود در نتیجه دیسک به سمت پایین حرکت می کند (دلیل پایین آمدن دیسک به طور خلاصه اینست که فشار بخار تولیدی (Flash steam) پایین تر از حدی است که بتواند دیسک را بالا ببرد) .

نکته:

رابطه برنولی $\Longrightarrow \frac{P}{Y}+\frac{V^2}{2g}+z=cte$

- P = فشار
- V=سرعت
- Y = وزن مخصوص
- Z=ارتفاع از سطح مبناء
- Cte= ثابت

طبق این رابطه هرچه فشار سیال بیشتر شود سرعت آن کمتر می شود و برعکس .

حالت (iii) : در همین لحظه ، فشار بخار (Flash steam) محبوس شده در بالای دیسک ، باعث وارد کردن نیرو در جهت پایین به دیسک می شود که جهت این نیرو در خلاف جهت نیروی حاصل از آب مقطر می باشد در نتیجه دیسک بر روی رینگهای داخلی و خارجی می نشیند . در این وضعیت فشار بخار محبوس شده در بالای دیسک برابر با فشار تحتانی دیسک (فشار وارده از طرف رینگ داخلی) می باشد . ولی طبق فرمول F=P *A به دلیل اینکه مساحت سطح (A) تحت فشار بالای دیسک (پیکان های بالایی دیسک در شکل 2-23-iii) بزرگتر از مساحت سطح

(A) تحت فشار پایین دیسک است (پیکان های پایین دیسک در شکل 23-2-iii) به همین دلیل نیروی وارد بر بالای دیسک بزرگتر از نیروی تحتانی آن است .

حالت (iv) : پس از مدتی ، بدلیل انتقال حرارت با محیط ، بخار محبوس شده در بالای دیسک به آب مقطر تبدیل می شود در نتیجه فشار بالای دیسک افت پیدا می کند . حال که فشار آب مقطر تحتانی دیسک بالاتر رفته است دیسک بالا می رود.

این مراحل پی در پی تکرار می شوند.

نکته : لازم بذکر است که سرعت عملکرد بستگی به دمای بخار و شرایط محیطی دارد . بیشتر تله های بخار به مدت 20 الی 40 ثانیه بسته خواهند ماند . اگر تله بخاری مکرراً باز می شود (بدلیل شرایط سرد ، رطوبت و باد) نرخ باز شدن تله را می توان توسط عایقکاری قسمت بالای تله بخار کاهش داد .