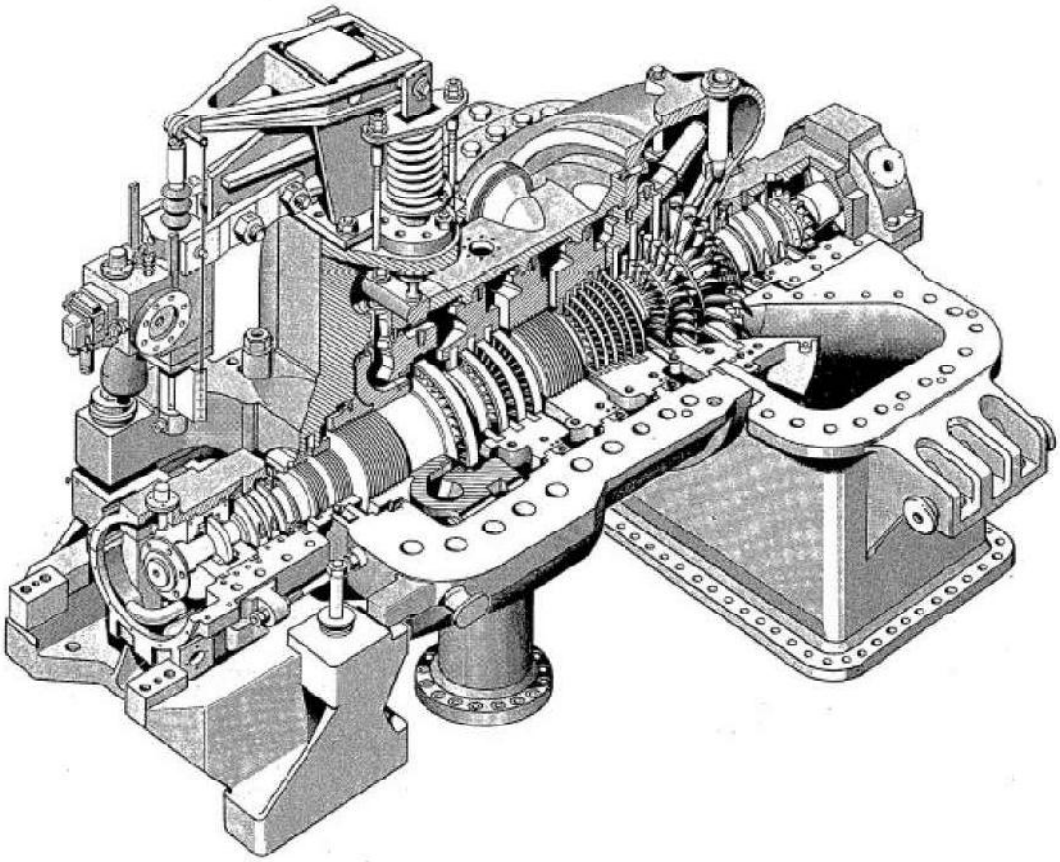
شرکت ملی پالایش وپخش فرآورده های نفتی ایران
شرکت پالایش نفت اصفهان (سهامی خاص)

اداره آموزش شرکت پالایش نفت اصفهان

توربين هاي بخار

اصول کار انواع قطعات بهره برداری تعمیرات عیب یابی



تهیه وتدوین:

مهندس مهدی نصرازادانی

فهرست مطالب

مقدمه	۴
تعریف توربین های بخار	۵
بخاروتجهیزات تولیدبخار	۶
وظایف تله بخارها, انواع, نصب ومسائل انها	۱٤
اصول کاروطبقه بندی توربین های بخار	۲۱
اجزاوقطعات توربین های بخار	٤۵
ولوهای توربین های بخار	۵۶
انواع اب بندهای توربین های بخار	۷۵
سیستم های تنظیم دورتوربین های بخار(گاورنرها)	۹٤
خلا وتجهیزات مربوط به سیستم خلا	۹۸
برج های خنک کننده وکندانسورها	۱۱۰
انواع یاتاقان های توربین های بخار	۱۱۶
سیستم های لوله کشی توربین های بخار	۱۲۹
روغن ,روغنکاری ,انواع سیستم های روغنکاری وانالیزروغن	۱۳٤
بهره برداری ومسائل عملیاتی توربین های بخار	۱۵٤
تعمیرات, مسائل تعمیراتی وسیستم های نگهداری توربین های بخار	۱۷۳
عیب یابی وروش های رفع عیب توربین های	۱۹۶
بخارساختمان اصول کارومشخصات گاورنرهایPG-PL	۲۰۵
ضمائم	۲٤۲

بسمه تعالی

مقدمه

باعنایت به کمبودمنابع فارسی مناسب درزمینه توربین های بخارواهمیت انهادرصنایع مختلف ونیازمهندسین وتکنسین ها ی تعمیرات وبخصوص پرسنل زحمت کش واحدهای عملیاتی که هرروزه بااین دستگاه ها سروکاردارند توفیقی حاصل گردیدمابتوانم مطالبی رادراین زمینه گردآوری درجمه بدوین و به رشته تحریردراورده ودراختیارکلیه دوستان وهمکاران وعلاقه مندان قراردهم که امیداست موردتوجه واستفاده واقع شود وانشاا.....توانسته باشم قدمی هرچندکوچک در جهت ارتقا دانش و اگاهی وکاهش هزینه ها ونیل به خودکفائی بیشتربرداشته باشم .

مطالب این مقوله چکیده ای ازکلیه Manual Bookهای توربین های بخار موجوددرپالایشگاه مربوط به توربوپمپ ها توربوکمپرسورها وتوربوژنراتورهای موجوددرپالایشگاه اصفهان ازکارخانه های زیمنس Terry,Wortington,Sulzerودیگرکارخانجات سازنده توربین و بخش هائی از کتب فنی API ودیگر جزوات موجوددراداره اموزش شرکت پالایش نفت اصفهان و کاتالوگ های Woodward Govemorکه ازبزرگترین کارخانجات سازنده گاورنراست وشبکه های Internet وهمچنین تجربیات شخصی کاری چندین ساله, ومباحث مطرح شده دردوره های اموزشی توربین های بخار بوده که درپالایشگاه اصفهان تدریس می شده است.

درطی بحث ها سعی شده توربین های بخارازابعادمختلف موردبحث وبررسی قرارگیرندوحتی الامکان درهرزمینه ای بطورمفصل وتقریبا کامل انواع متداول سیستم هامکانیزم ها وقطعاتی که درانواع مختلف توربین ها ی بخاربکارگرفته می شوداعم ازانواع اب بندها یاتاقانها پره هاو..... موردبحث قرارداده شودکه امیداست این کتاب بتواندراهکارهای عملی مناسبی برای شناخت بیشترواستفاده بهینه ازامکانات موجودرافراهم نماید ولی درعین حال خالی ازاشکال نیزنبوده و بی صبرانه منتظردریافت نقطه نظرات دیدگاه هاوپیشنهادات سازنده دوستان وهمکاران عزیزهستیم تانشاا.....بتوانیم درچاپ های بعدی مدنظرقراردهیم.

درپایان لازم می دانم ازکلیه مسئولین محترم اداره اموزش شرکت پالایش نفت اصفهان ودیگردوستانی که درتهیه این جزوه ودیگرجزوات با اینجانب صمیمانه همکاری نموده اند واین جانب رامورداالطاف خودقرارداده اند تشکروقدردانی نمایم واردرگاه خدای متعال برای همگان ارزوی توفیقات روزافزون همراه باسلامتی

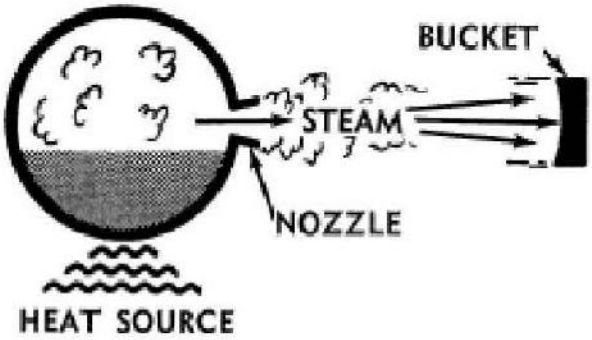
وعزت درکنارخانواده ای صمیمی درکشوری ابادوازاد وسربلنددارم و امیداست این حرکت هرچندک.وچک موردقبول خدای متعال واقع گردد واستدعادارم که این حقیررااازدعای خیرخویش فراموش نفرمائید .

ومن ا...التوفیق

مهر ماه ۱۳۸۳ -مهدی نصرآزادانی

تعریف توربین بخار

توربین های بخارازقدیمی ترین دستگاه هائی است که درانقلاب صنعتی صده های اخیرنقش بسیارمهمی راایفانمودوبه جرات می توان ادعانمود که اگراختراع نمی شد شایدسرعت تکنولوژی به این حدنمی توانست برسد.توربین دستگاهی است که دراثربرخوردمولکول های بخارباپره های نصب شده روی رتوران باعث به حرکت درامدن رتورشده ومی تواندباعث چرخش دستگاه های بزرگی نظیرکمپرسورها وژنراتورهای سنگین شود به عبارت دیکر انرژی حرارتی و فشاری را به انرژی مکانیکی (حرکت دورانی) تبدیل می کنند. امروزه توربین های بخار از نظر تکنیک و ظرفیت پیشرفت های فراوانی نموده اند.



مزایای توربین های بخار

۱- ساختمان انهاساده است .

۲- قابلیت اعتماد انهابالااست.

۳- هزینه های تعمیر و نگهداری انهاپایین است.

٤- حجم کم آنها نسبت به موتورهای الکتریکی با قدرت مساوی کمتراست.

٥- راندمان انها بالا است.

٦- قابلیت تعییر دور دارند.

۷- قابلیت تولید دورهای بالارادارند .

۸- گشتاور راه اندازی انهازیاداست .

محدودیت های استفاده از توربین های بخار

۱-بواسطه اینکه هزینه تولید بخار زیاد است و تجهیزات آن زیاد و گران قیمت است محدودیت استفاده را ایجاد می کندومعمولادر جاهایی که بخار در دسترس باشد مثل نیروگاهها یا پالایشگاههاو..ازانها استفاده می شود.

۲-راه اندازی و بستن آنهاOperation نسبتامشکل است .

۳-هزینه های نقل وانتقال بخارزیاداست.

٤-تلفات بخاردرانها زیاداست.

موارد استفاده از توربین های بخار

۱- محرک ژنراتورهای برق

۲- محرک دستگاه های یدک (پمپ های روغنکاری Lube Oil وSeal Oilواب مقطرCondensate)

۳- محرک پمپ های خوراک واحدهای عملیاتی

٤- محرک کمپرسورهای رفت وبرگشتی و گریزازمرکز

بخاروتولیدبخار

بخاردراثرانتقال حرارت اعمال شده به اب مطلوب که ازلحاظ رسوبات, املاح, ضریب هدایت گرمائی و.....مناسب باشددردیگ های بخارتولیدمی شوداین اب توسط پمپ های اب تغذیه بافشاری بالاترازفشاردیگ بخاروارد ان می شود فشاردیگ بخارتابع فشارطراحی شده ان است بدین مفهوم که عمل گرمایشی درفشارثابتی انجام می شودوهرچه مقدارحرارت منتقل شده به بخارازطریق جداره لوله هابیشترباشدانرژی ومقدارکارائی ان بیشترخواهدبودبخارتولیدشده بایدعاری از اکسیژن ودیگرگازهاوذرات رسوب کننده باشدکه معمولا باتهیه اب مناسب وتزریق موادشیمیائی این خواص به اب داده می شوددرحین تهیه اب مصرفی دیگ بخار توسط پروسه هائی که انجام می شودودرظرف های مخصوصی گازهای همراه اب جدامی شودوبخارمطلوب تولیدمی شودکه بایدتوسط سیستم های لوله کشی به مصارف موردنظربرسدکه به دلیل فشارودرجه حرارت بالای ان درحین انتقال باافت فشارودرجه حرارت همراه است وبدین لحاظ فاصله بین دیگ های بخارومصرف کننده هابایدتاحدامکان نزدیک به هم باشندولوله های مسیرعایق کاری شوندتاازاتلاف

انرژی وتغییرفازدادن ان که باعث مسائل متعددی می شودجلوگیری گرددکه البته لازم است درحین انتقال بطوراتوماتیک مراقبت های لازم انجام واب تولیدشده ازبخارجدا شودناازایجادخسارت روی سیستم های لوله کشی ودستگاه های مصرف کننده ممانعت شود .

مشخصات وتهیه آب مصرفی دیگهای بخار

اب مصرفی دیگ های بخارباید اب مطلوبی باشددرغیراین صورت میتواندباعث ایجادخسارت وکم نمودن کارائی دستگاه های مهم وحساس شود.که ذیلا به برخی ازخواص موردنیازان اشاره می شود

۱-عاری از هرگونه سختی (املاح کلسیم و منیزیم) باشد

۲-عاری از گازهای خورنده (شاملO_2 ، CO_2) باشد.

۳-عاری از املاح رسوبی (سیلیس‌ها و . . .) باشد.

٤-دارای PH مناسب جهت کنترل خوردگی و املاح خورنده باشد.

۵-عاری ازهرگونه موادالی ونفتی باشد.

برای تهیه چنین آبی در واحد آب صنعتی ابتدا آب وارد برج‌های فعل و انفعالReaction Tower می‌شود. در برج فعل و انفعال با تزریق بخار به آب باعث گاززدایی و همچنین بالارفتن دمای آب تا حدود 100 درجه می‌شود. بی کربنات های املاح محلول در آب که در دمای بین 70 تا 90 درجه سیلیوس شروع به غیر محلول شدن و در نتیجه رسوب کردن می‌کند و این یکی از روش‌های جداسازی املاح محلول است. یکی از روش‌های دیگر جداسازی املاح که در این برج به کار می‌رود استفاده از تزریق آب آهک است که بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزم را تبدیل به کربنات کرده و باعث رسوب کردن آنها می‌شود.

$$CaOH - Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2CaCo_3 + H_2O - Co_2$$

رسوبات در پائین برج جمع‌آوری شده و آب با سختی حدود 70ppm از برج فعل و انفعال خارج شده و سپس برای زلال‌سازی و حذف Turbidity آب از صافی‌های زغالی عبورداده می شود و سختی آب به حدود 50ppm می‌رسد. آب در این مرحله فقط دارای سختی‌های دائم (سولفات‌ها و کلرورهای کلسیم و منیزیم)

می‌باشد. برای حذف این سختی‌ها از خاصیت تبادل یونی استفاده می شود و با استفاده از کاتیون رزین سدیم. یون سدیم را جایگزین یون کلسیم و منیزم کرده و سختی‌های باقیمانده به املاح نرم (دارای یون سدیم) تبدیل می شود.

سختی آب خروجی از فیلترهای رزینی به کمتر از 0.2ppm خواهد رسید که به مصرف دیگ‌های بخار خواهد رسید.

همچنین آب مقطر جمع‌آوری شده در سطح پالایشگاه نیز که از میعان شدن بخار مصرف شده در واحدهای عملیاتی بدست آمده است پس از مرحله روغن‌گیری و گرفتن سختی‌های احتمالی به همراه آب تهیه شده در واحد آب صنعتی برای مصرف دیگ های بخار به سمت واحد تولید بخار فرستاده می‌شود.

ساختمان دیگ های بخار Boiler Structure

قسمت اصلی دیگ بخار که دران احتراق صورت می گیردو انتقال حرارت ازطریق شعله به جداره لوله ها انجام می شودکوره نامیده می شود. جدار کوره ها از آجرهای نسوز ساخته شده است و معمولاً لوله‌های بویلر Boiler Tubes روی دیواره‌های ان را می پوشانند. چون اتلاف حرارت توسط آجرهای نسوز دیواره‌های کوره بسیار کم می‌باشد طبیعتاًدمای کوره زیاد است که باعث انتقال حرارت بیشتر به لوله‌های بویلر می‌شود در قسمتهای بالای کوره جهت هدایت گازهای گرم و استفاده حرارتی بیشتر از آنها از دیوارهای مانع Brick Baffles استفاده می‌شود.

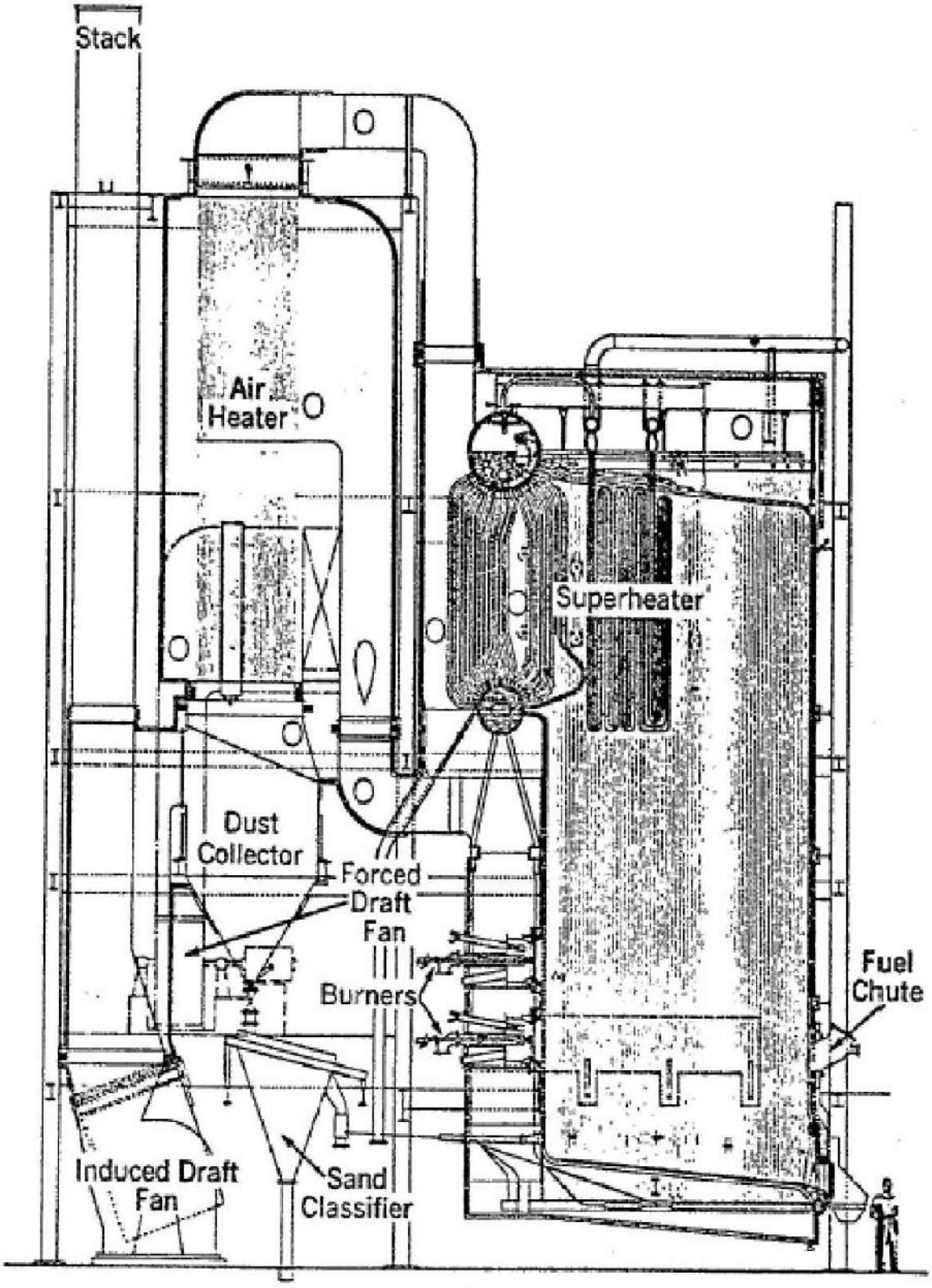
دربویلرهاجریان صحیح آب و حرکت منظم گازهای گرم اهمیت فراوانی دارندو همیشه باید حرکت گازهای گرم طوری باشد که از حداکثر سطح گرم شونده بویلر استفاده شود بدون آنکه یک قسمت را خیلی گرم و یا قسمتی از گرما محروم شود بطور کلی منظوراز حرکت یکنواخت گازهای گرم و تماس کامل با تمام سطح گرم شونده طبق طرح پیش‌بینی می‌باشد. در پشت لوله‌های تولید کننده بخار Risers دیواری آجری Brick Baffles قرار داده شده است این دیوار گازهای گرم را مجبور می کند تا تمام سطح لوله‌های Riser را طی کنند و پس از اینکه حرارت خود را از دست دادند به طرف لوله‌های Down Comer جریان پیدا نماید.

آب خوراک دیگ‌های بخار ابتدا وارد مخزن‌های گاز زدا Dearator می شود و با استفاده از بخار ذرات هوا و اکسیژن محلول در آب از آن جدا شده و به همراه بخار به اتمسفر Vent می‌شود. جداسازی گازها به ویژه اکسیژن به منظور کاهش خوردگی در تجهیزات خوددیگ‌های بخار است .

البته با استفاده از مواد شیمیایی نیز می توان عمل گاززدایی را انجام داد برای مثال استفاده از هیدرازین یا سولفیت سدیم ($NaSo_3$).آب پس از گاز زدایی با مواد شیمیایی ضد خوردگی (هلامین 906) و ضد کف (هلامین 506) مخلوط می‌شوند که هلامین 906 با ایجاد یک فیلم محافظ در لوله‌های مسیر آب و بخار باعث جلوگیری از تماس مستقیم آب باجداره فلز شده و از خوردگی تجهیزات جلوگیری می‌کند.

هلامین 506 یا آنتی فوم باعث جلوگیری از کف کردن سطح آب می‌شود که کف کردن آب باعث ایجاد Level کاذب و یا Cary Over در Steam Drum دیگ بخار خواهد شد.

پس از تزریق مواد شیمیایی فشار آب به وسیله تلمبه‌های چندین مرحله‌ای به دهاتمسفر Bar می رسد که این فشار بالا باعث خواهد شد که فشار آب ورودی به دیگ های بخار بر فشار داخل ان غلبه کند و آب به دیگ بخار تزریق شود. میزان آب ورودی به دیگ بخار توسط یک کنترل ولو Level Control تنظیم می‌شود. دیگ بخار دارای یک درام اصلی Steam Drum در بالا است که آب خوراک خروجی ازپمپ های تغذیه وارد آن می‌شود و توسط لوله‌های Down Comer Tube ضمن پیش گرم شدن به درام پائینی Mud Drum منتقل می شود. این درام آب را بین لوله‌های دیوارهٔ کوره Riser Tube تقسیم می کندو این لوله‌ها در معرض مستقیم شعله قرار دارند و در حین گرم کردن آب آن را به دلیل تفاوت جرم حجمی آب گرم و آب سرد، به طرف بالا می رانندو در انتها آب گرم همراه با بخارات به درام بالا برگشت داده می‌شود. در درام بالا بخار مرطوب از آب جدا شده و از بالای درام وارد لوله‌های Super Heaterمی شوند و در این لوله‌ها ضمن بالابردن درجه حرارت بخار آن را به بخار خشک و سپس بخار سوپرهیت Super Heat با درجه حرارت بالا تبدیل می‌کند. و وقتی فشار بخار به حدی بالا رفت که بتواند بر شبکه اصلی (40Bar)غلبه پیدا کند به خط اصلی بخار تزریق می شود و تولید بخار ادامه پیدا خواهد کرد.



Two-drum Stirling boiler with furnace arranged

هردیگ بخار دارای چندین مشعل است که دردویاچندردیف قرارمی گیرند که شعله انها باعث گرم شدن آب داخل Tube هاشده وان را به بخار تبدیل می کند. برای تأمین هوای مورد نیاز مشعل‌ها هر دیگ بخار مجهز به یک یا دو دمندهٔ هواست که هر کدام ازانها به وسیله توربین بخاری یاالکتروموتوربه چرخش در می ایند و مقدار هوای مورد نیاز باتنظیم دریچه‌های ورودی دمنده‌ها کنترل می‌شود. سوخت مورد نیاز مشعل‌ها نیز از Fuel Oil Gas و Gasoline یاگازطبیعی تأمین می شود. مقدار سوخت ورودی هر دیگ بخار به وسیله یک کنترل ولو تنظیم می‌شود و مقدار آن با مقدار هوای ورودی که توسط دمنده‌ها تولید می‌شود متناسب است. هوائی که جهت احتراق به کوره فرستاده می‌شود از طریق کانال تعبیه شده در زیر کوره گذرانده می‌شود تا در اثر مجاورت با کوره ابتداگرم شودوسپس واردکوره شودباعث کاهش درجه حرارت کوره نشودواحتراق کامل انجام شود.

برای کاهش یا افزایش مقداربخار تولیدی هر دیگ بخار کافی است که هوای تولیدی دمنده‌ها توسط کم و یا زیاد کردن دریچه‌های ورودیDamper افزایش یاکاهش داده شودکه در این حالت به طور اتوماتیک سوخت نیز افزایش خواهد یافت و در نتیجه افزایش شعله در کوره مقدار تولیدبخار نیز افزایش پیدا خواهد کرد.

جهت جلوگیری از رسوب املاح محلول در آب که T.D.S یا Total Dissolve Solid و به عبارتی Conductivity نامیده می‌شود دو نوع تخلیه در هر بویلر انجام می‌شود.

۱-تخلیه دائم یا Continuous Blow Down از Steam Drum

۲-تخلیه لحظه‌ای Intermittent Blow Down ازWater Drum

هر بویلر درهر ۸ ساعت یک مرتبه از طریق شیری به نام شیر Double Valve که روی Water Drum نصب است به مدت حدود ۶۰ ثانیه تخلیه می‌شود.

چگونگی کنترل و تنظیم بخارتولیدی

مشخصه اصلی در تولید بخار فشار شبکه اصلی است که مقدار آن همواره باید ثابت نگه داشته شود در اثر مصرف بخار، فشار شبکه بخار کاهش پیدامی کند که این افت فشار توسط تولید بخار در دیگ‌های بخار

جبران می شود. چگونگی کاهش یا افزایش فشار شبکه اصلی توسط یک Pressure Controller که به Plant Master معروف است، تشخیص داده می شود و مقدار تولید بخار دیگ‌های بخار با میزان مصرف ان هماهنگ می شود.

نحوه کار کنترل کننده های دیگهای بخار

۱-فشار بخار- فشار دیگ بخار بوسیله Press Transmitter به کنترل کننده اصلی Master Control منتقل می شود. سپس از کنترل کننده اصلی سیگنالی به دمپرها فرستاده می‌شوددر نتیجه دمپرها تنظیم می‌شود و هوای لازم را به کوره می‌فرستند و یا در صورت لزوم مقدارهواراکم یازیاد می‌کنند.

۲-سوخت ها- جریان هر یک از سوخت ها به Transmitter منتقل می‌شود و از Transmitter علامتی به Relay فرستاده می‌شود سیگنالی که از جریان سوخت(گازوئیل و نفت) گرفته می‌شود مشترکاً به یک Relay و سیگنالی که از جریان گاز گرفته می‌شود به Relay دیگر منتقل می‌شود. این دو Relays با هم مرتبط هستند و مشترکاً سیگنالی به Fuel Air Ratio Controller می‌فرستند که از آنجا به شیر های اصلی کنترل سوخت منتقل می شودوباعث افزایش سوخت بویلروافزایش بخارتولیدشده می شود.

۳-جریان هوای داخل کوره- جریان هوای مصرفی کوره به وسیله Air Flow Transmitter اندازه‌گیری می‌شود و به دستگاه Fuel Air Ratio سیگنال می فرستدو از Fuel Air Ratio Transmitter سیگنالی بر روی شیر کنترل هر یک از سیستم های سوخت می‌فرستد و باعث کم و یا زیاد شدن سوخت به کوره می شود. این سیستم کنترل سوخت را بطور یکنواخت به کوره می‌فرستد و لذا چنانچه بخواهند از سوختی به نسبت بیشتر یا کمتر مصرف نمایند این تغییر بوسیله دست انجام می‌شود.Oxigen Analyzer به نسبت کم و زیادی اکسیژن موجوددر گازهای خروجی کوره سیگنالی به تنظیم‌کننده هوا و تواماً به Fuel Air Ratio می‌فرستد و سیستم را کنترل می کند.

٤-سیستم جریان آب- چنانچه مصرف بخار زیاد شود احتیاج به آب بیشتر ی است. سیگنالی از تغییر جریان بخار بوسیله Transmitter وسیگنالی ازجریان آب بوسیله Transmitter وهمچنین سیگنالی ازارتفاع اب

داخل Steam Drum مشترکاً سیگنالی به Water Controller می‌فرستند که ازانجانیزفرمانی به شیرکنترل روی آب فرستاده می‌شود و در نتیجه جریان آب ورودی به بویلر کم یا زیاد می‌شود.

مسائل ناشی از وجود آب درسیستم های بخار

آب مقطر دراثرانتقال حرارت لوله های حامل بخار بامحیط اطراف وافت درجه حرارت بخار تولیدمی شودومی تواندباعث کاهش فشارشبکه بخارنیزبشود کاهش فشار Steam دراثرافت فشارهای موضعی درطول مسیرکه در اثر انتقال حرارت از بخار به مصرف کننده ها یاتبدیل ان به انرژی مکانیکی دردستگاه های مصرف کننده هم حاصل می شود .

آب مقطر به دلایل زیرباید از سیستم خارج شود :

۱-برای جلوگیری از خرابی پروانه و Erossion زیرو پره های Blade توربین های بخار.

۲-برای جلوگیری از ایجاد ضربه فوج Hammering در لوله های بخار و محفظه توربین.

۳-برای بالانگه داشتن راندمان دستگاههای حرارتی.

٤ به دلیل تاثیرات ان روی سیستم تنظیم دور Governingکه باعث تغییردورتوربین می شود.

۵-خطر شکستگی پره ها و متعاقب آن ویرانی توربین در اثر برخورد رتور با بدنه .

۶- Erosion شدید روی لوله ها ی انتقال بخار ونازل های توربین های بخار.

۷-پیشگیری ازخوردگی حاصل ازPHاسیدی ان.

مسائل ناشی از وجود هوا در سیستم های بخار

۱-اکسیژن موجود در هوا موجب اکسیده شدن فلزات می شود و سرعت خوردگی را افزایش می دهد.

۲-وجود هوا در بخار بصورت لایه ای سطوح انتقال حرارت را پوشانده و بطور موثر از انتقال حرارت جلوگیری می کند و بازده حرارتی را به شدت کاهش می دهدبطوری که وجود تنها نیم درصد حجمی هوا در بخار، راندمان حرارتی دستگاه را حدود پنجاه درصد کاهش می دهد.

۳-کاهش درجه حرارت بخار در فشار کلی که هر چه درصد حجمی هوا بیشتر باشد کاهش درجه حرارت بخار بیشتر می شود.

تله بخارها و موارد نصب آنها Steam Traps

برای رفع مواردذکرشده فوق درطول مسیرانتقال بخارازبویلرهاومصرف کننده هاوحفاظت مداوم از سیستم لوله کشی، دستگاه هاوتوربین های بخار از تله بخار هااستفاده می شود که وظیفه ان جدا نمودن ذرات آب، هوا و گازهای محلول در بخار مثل CO_2و.... از سیستم بخاراست که با نصب تله بخارهادرموقعیت های مناسب وقتی دراثرافت فشار ویاتغییردرجه حرارت بخارکه هردوباعث تغییرفازبخاربه مایع می شوندودرسیستم مایع بوجودمی ایدواردعمل می شوندوباتخلیه لحظه ای وبه موقع اب کندانس وظیفه خودراانجام می دهندواز تلفات بخار نیزجلوگیری می کنند.

مواردنصب تله بخارها

تله بخارها معمولادرجاهائی که احتمال وجودافت فشارباشد مثل تغییر جهت ها و تغییر قطرها و.....وهمچنین درموقعیت هائی که درجه حرارت کاهش پیدامی کندنصب می شوندکه درزیربه مواردی ازانهااشاره می شود:

۱-قبل از دستگاههای حساس مثل توربین ها ، کنترل ولوها، اژکتورهاو.....برای حفاظت ازانها.

۲-در طول مسیر انتقال بخار (فاصله ۳۰ متر به سی متر): لوپ های افقی و عمودی و Riser ها برای حفاظت ازسیستم لوله کشی.

۳-در نقاط گود Low poinکه محل جمع شدن مایعات است.

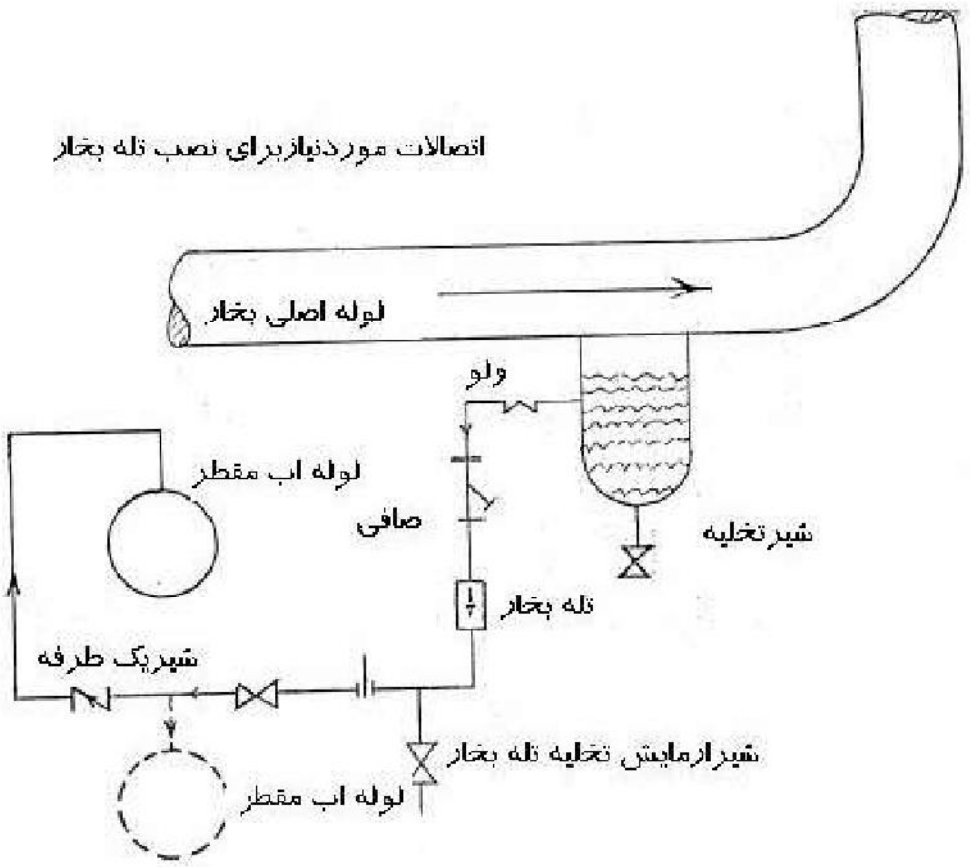
٤-قسمت خروجی سیستم های گرم کننده برای بیرون راندن مایعات .

۵--در انتهای خطوط لوله های بخارکه بخارساکن می شودودراثرسردشدن به مایع تبدیل می شود .

۶-زیر توربین های بخار برای تخلیه اتوماتیک بخار جهت ممانعت ازبرخوردپره های متحرک با ذرات اب.

۷-درتغییرجهت ها وجاهائی که افت فشاروجوددارد.

برای کاردهی مناسب تله بخارها بایدبه نحو مناسبی نصب شوندکه نحوه صحیح نصب انهادرشکل زیرنشان داده شده است.



انواع تله بخارها

تله بخارها از نظر چگونگی عملکردشان به چند دسته کلی زیر تقسیم بندی می شوندولی انتخاب نوع مناسب انهاتابع شرایط عملیاتی نظیرفشار،درجه حرارت ،نوع کاربرد،میزان اب مقطرتولیدشده هزینه های اولیه ، راندمان کاری و.....داردودراین قسمت فقط اشاره ای گذرابه انواع انهامی شودکه برای کسب اطلاعات بیشتردررابطه با اصول دقیق کارانهاو.....می توان به کتب مربوطه مراجعه نمود.

الف : تله بخار های حرارتی Thermostatic Steam Traps

این تله بخارها با تغییرات درجه حرارت عمل می کنندزیراوقتی بخاربه مایع تبدیل می شودکه سرد شده باشداصول کار این نوع تله بخارهابراین اساس است وحسن انهابه این است که در راه اندازی اولیه می توانند هوا را به سهولت از سیستم خارج کنند.

و شامل انواع زیر هستند:

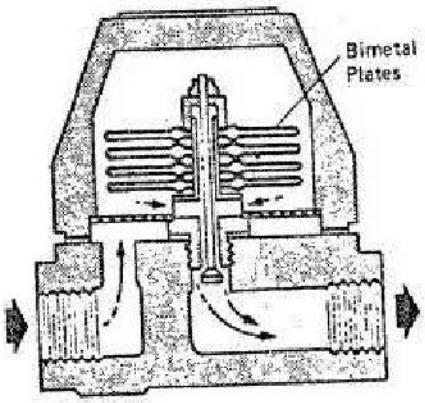
۱- تله بخارهای فانوسی Lantern Steam Traps

۲- تله بخارهای دیافراگمیDiaphragm Steam Traps

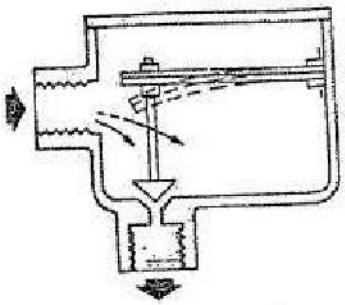
۳- تله بخارهای انبساطی Liquid Expansion Steam Traps.

٤- تله بخارهای بی متالیک BI.Metalic Steam Traps

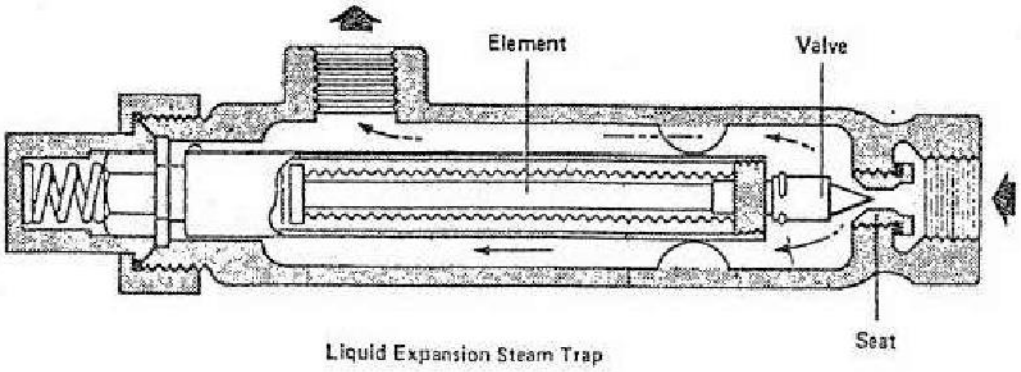
درشکل های زیرچندین نوع انهانشان داده شده است.



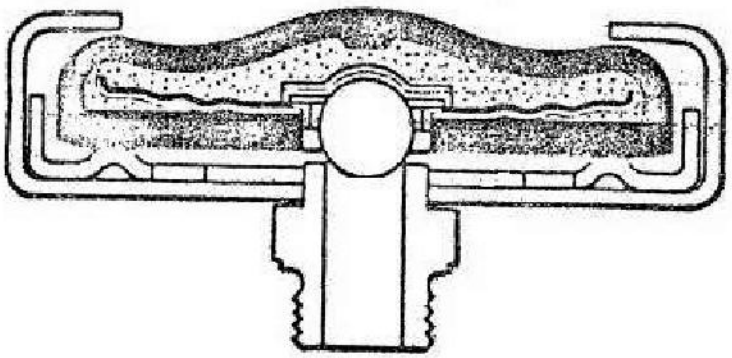
ThermostaticTrap With Bimetal Plate



Simple Bimetal Steam Trap



Liquid Expansion Steam Trap



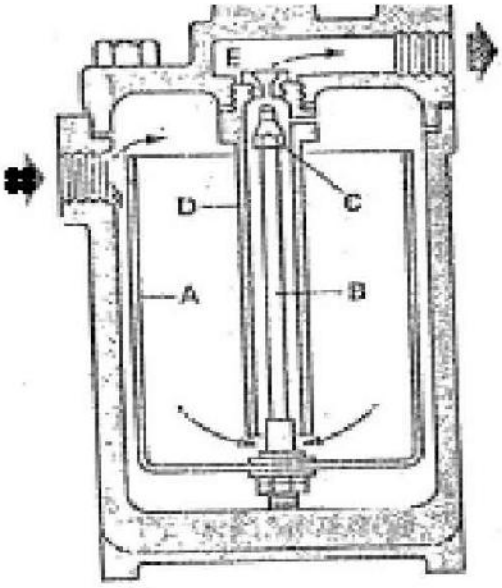
ب- تله بخار های مکانیکیMechanical Steam Traps

این نوع تله بخارها بر اساس نیروی ارشمیدس عمل می کنند و برای تخلیه مقدار زیادی آب مقطر وبا فشارهای مختلف طراحی می شوندو دارای انواع ذیل می باشند .

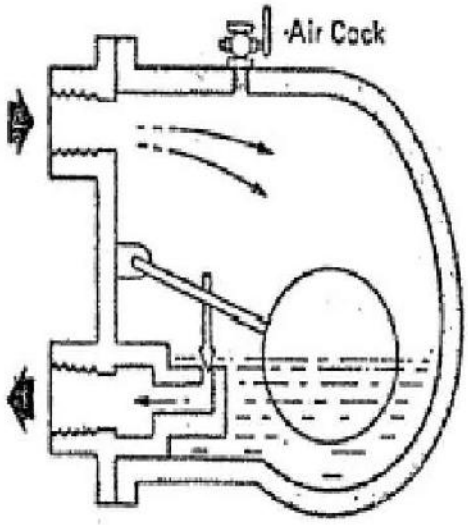
۱- تله بخارهای توپی شناور Ball Float Steam Traps

۲- تله بخارهای سطلی وارونه Inverted Bucket Steam Traps

۳- تله بخار های سطلی مستقیم Open Top Bucket Steam Trap



Open Top Bucket Trap

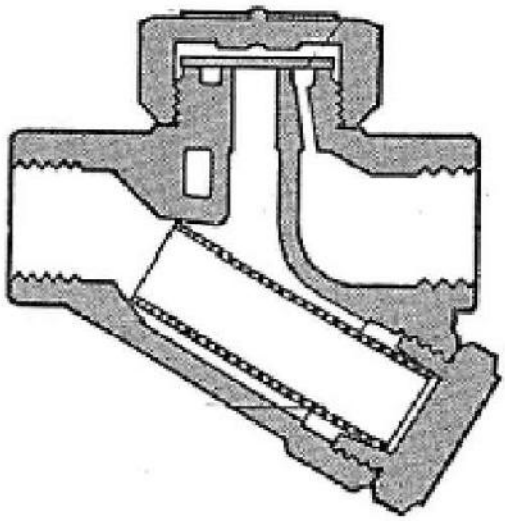


Float Trap

پ- تله بخارهای ترمودینامیکی Thermodynamic Steam Traps

این نوع تله بخارها براساس شرایط ترمودینامیکی نظیر درجه حرارت و سرعت بخار هنگام عبور از تله بخار عمل می کنند.در نوع دیسکی این تله بخارها وقتی درجه حرارت آب مقطر به درجه حرارت بخار موجود می رسد واردعمل می شود وبطوراتوماتیک دریچه تخلیه مایع را می بندد و زمانی که بخار در منطقه کنترل ان به مایع تبدیل می شود ودرجه حرارت اب مقطرازدرجه حرارت بخارکمترمی شودمسیر خروجی ان بطوراتوماتیک بازمی شود و اب مقطر موجود در سیستم تخلیه می گردد .

درشکل زیرنمائی ازیک تله بخارترمودینامیکی نشان داده شده است.

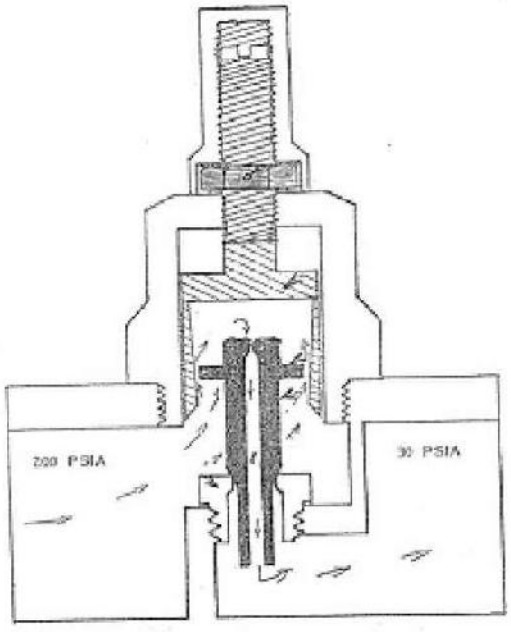


Thermodynamic Steam Traps

ت- تله بخارهای متفرقه

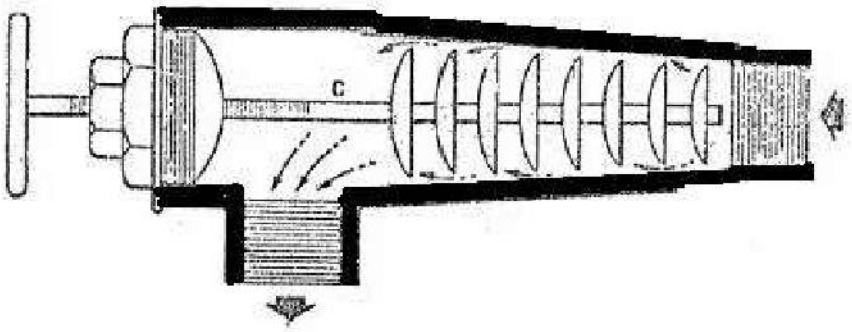
۱- تله بخارهای ضربه ای Impulse Steam Traps

۲ تله بخارهای کاهش دهنده فشار Labyrinth Type Steam Traps



Impulse Steam Trap

درزیرشمائی ازیک تله بخارنوع لابیرینتی که باایجادافت فشاردرمسیربخارهمواره مقداری بخاررااز سیستم خارج می کندنشان داده شده است که البته به دلیل تلفات بخارمورداستفاده صنعتی ندارد.



Labyrinth Type Steam Trap

علل نشتی بخار از تله بخارها

درصورت عدم اب بندی یا به موقع عمل نکردن تله بخارهامثل یک شیرنیمه بازعمل می کنندوبطوردائم بخارات راازسیستم به سمت بیرون به هدرمی دهندکه باتوجه به هزینه های بالای تولیدبخارازلحاظ اقتصادی بسیارحائزاهمیت است وبخصوص درجاهائی که خروجی چندین تله بخاروارد یک مخزن Headerمی شودوازبیرون مشخص نیست بایددقت لازم رادررابطه بانصب استفاده ونگهداری ان انجام دادودرغیراین صورت حتی با نصب تله بخارسالم نیزمشکل مرتفع نمی شودکه ذیلا به برخی از مواردی که باعث نشتی انها می شوداشاره می گردد:

۱-ورود آشغال و ذرات جامد به داخل تله بخار باعث عدم اب بندی وخارج شدن بخارات رافراهم می کند که بانصب صافی یااستفاده ازصافی مناسب مشکل مرتفع خواهدشد.

۲-عدم آب بندی کامل دریچه تله بخاربه دلیل ناصاف بودن ان که به دلیل Erossion بوجود می اید

۳-کافی نبودن اختلاف فشاربین لوله های ورودی و خروجی تله بخاربالاخص در تله بخارهای ترمودینامیکی و ضربه ای که علت ان انتخاب نادرست تله بخاراست.

٤-گرفتگی صافی در تله بخارهای ترمودینامیکی و ضربه ای که باعث افت فشارمی شود.

۵-ناکافی بودن ظرفیت تله بخار استفاده شده باتوجه به آب مقطر تولید شده وانتخاب غلط تله بخار

۶-خرابی ترموستاتیک تخلیه هوا در تله بخارهای مجهز به ترموستات ، خرابی بلوز در تله بخارهای فانوسی و انبساطی و خرابی دیافراگم در تله بخارهای کپسولی .

علل عدم کاردهی تله بخارها

۱- بسته بودن ولوهای ورودی و خروجی به تله بخار و یا مسیرهای داخلی تله بخار .

۲- حبس شدن هوا در تله بخار های نوپی شناور و فاقد ترموستات .

۳- گرفتگی مسیرهای ورودی و خروجی تله بخارها به علت یخ زدگی.

٤- سرعت زیاد هوا هنگام عبور از تله بخاردرزمان هواگیری که موجب بسته ماندن دائمی تله بخار می شود که البته بازدن چند ضربه مشکل مرتفع می شود.

۵- اگر اختلاف فشار ورودی و خروجی تله بخار از مقدارطراحی بیشتر باشد موجب بسته ماندن تله بخارهای مکانیکی می شود .

نکاتی که در رابطه با نصب تله بخار هابایدمورد توجه قرار گیرد

۱-تله بخار حتی الامکان بایدنزدیک و یا پایین تر از دستگاه مصرف کننده بخار نصب شود .

۲-قطر لوله های ورودی و خروجی تله بخار باید حداقل هم اندازه دهانه ورودی و خروجی تله بخار باشد .

۳-در صورتی که خروجی چندین تله بخار به یک لوله Header تخلیه می شود. لوله فوق باید قادر به تخلیه هم زمان کلیه تله بخارها باشد .

٤-در موقع نصب تله بخارباید به جهت ورودی و خروجی آنها توجه شود (طبق دستورالعمل کارخانه سازنده نصب گردند).

۵-در صورتی که تله بخار مجهز به صافی نیست روی لوله ورودی قبل از تله بخار بایدصافی مناسبی نصب گردد.

۶-قبل از در سرویس قراردادن تله بخار از طریق شیر تخلیه یاDrain آب گیر یا مسیر By Pass باید کثافات براده هاو اکسید فلزات تخلیه شود و پس از آن تله بخار در سرویس قرارداده شود .

۷-تله بخارهای ترمودینامیکی باید روی لوله های عمودی طوری نصب شوند که خروجی آنها به سمت پایین باشد ودر لوله های افقی تله بخار به پهلو نصب شود تا از یخ زدگی آن در فصل زمستان جلوگیری شود .

۸-تله بخار ها را به هیچ وجه نباید مستقیماً به لوله اصلی Steam متصل نمود و حتماً باید از آب گیر استفاده شود.

۹- انشعاب ورودی تله بخارباید بالاتر از سطح کف آب گیر قرارگیرد (برای تخلیه کامل آب مقطر و جلوگیری از ورود ذرات جامد به داخل تله بخار).

۱۰-مسیر سیستم لوله کشی باید طوری باشد که نقاط Low Point وجود نداشته باشد و در تغییر قطرها باید از Reducer خارج از مرکزی مناسب استفاده نمود.

اصول کارتوربین های بخار

هرمرحله از توربین بخار از یک سری نازل Nozzleیا پره ثابت تشکیل شده است که روی بدنه توربین نصب شده است ودرتوربین های چندمرحله ای پره های راهنما Guide Bladeیا پره های ثابتStationary Blade نامیده می شوند و یک سری پره متحرک به نام Moving Blade که روی محورقراردارندوبه عنوان پره های انجام دهنده کار Working Blade موسوم می باشند.

وقتی که جریان بخار باسرعت وفشار زیاد از بین پره های متحرک عبور می کندجریان بخـار وانـرژی نهفتـه دربخاربه پره های توربین برخوردمی کندو به انرژی مکانیکی دورانی تبدیل می شودو باعث حرکت پره هاو درنتیجه حرکت محور توربین می شود به عبارت دیگر انرژی جنبشی یاسینتیک بخار تبدیل به کـار مکـانیکی و چرخش رتور توربین می شودالبته انبساط بخار در نازل ها و عبور جریان بخار از میان پره های متحرک باعث افت انرژی فشاری ،حرارتی و افت انرژی جنبشی نیزمی شودکه این افت هاباعث کاهش راندمان هـر مرحلـه ازتوربین می شود .

تحولات بخار هنگام عبور از پره های متحرک نسبتا پیچیده است و بستگی به افت انرژی جنبشی ، تغییـر جهـت حرکت بخار ، تشکیل فشار زیادتر در لایه های مرزی پره ها، پیدایش جریان های چرخشی Eddy بین پره های ثابت و متحرک و ..... داردکه برای مطالعه تحولات انبساط بخار باید با معادلات پایه دینامیک گازها که بـرای محاسبات حرارتی توربین های بخاری به کار برده می شود آشنایی داشته باشیم که باتوجه به پیچیـده بـودن وتخصصی ان دراین مقوله ازان صرف نظرمی شود.

سیکل قدرت ونقش توربین های بخار

توربین های بخار یک نوع ماشین حرارتی هستند که بادو منبع گرم (بویلر) و سرد (کندانسور) کار مـی کننـد آب سرد داخل کندانسور از برج خنک کننده تامین می شود و آب گرم خروجی از کندانسور نیزجهـت خنـک شدن به طرف برج های خنک کننده پمپاژ می شود.

توربین های بخار در سیکل بسته رانکین کار می کنند شکل زیر بطور شماتیک یک سیکل تولیدقـدرت رانکـین وموقعیت قرارگیری توربین بخار را نشان می دهد .

همانطورکه ملاحظه می شود سیکل بسته رانکین دارای چهار تحول است .

الف-دو تحول ایزنتروپیک شامل:

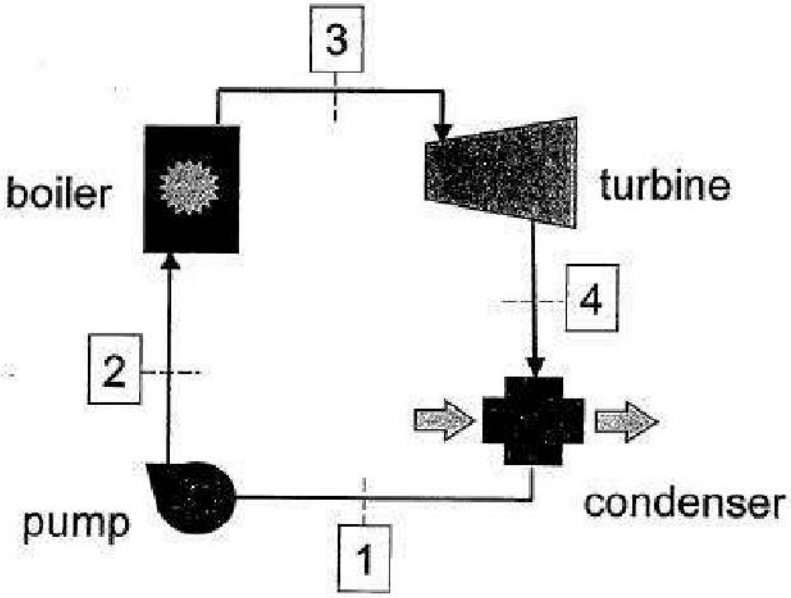
۱- پمپ کردن مایع برای بالابردن فشاربدون افزایش درجه حرارت(تحول ۲-۱) .

۲- انبساط بخارداخل توربین (تحول٤-۳).

ب- یک تحول فشار ثابت در داخل بویلربرای گرم کردن وتغییرفازاب درفشارثابت (تحول۳-۲).

ج-یک تحول کاهش فشاردر درجه حرارت ثابت در داخل کندانسور برای تبدیل بخارات به مایع تحول۱-٤).

که درقسمت های اتی به شرح عناصراین سیکل بیشترپرداخته می شود.

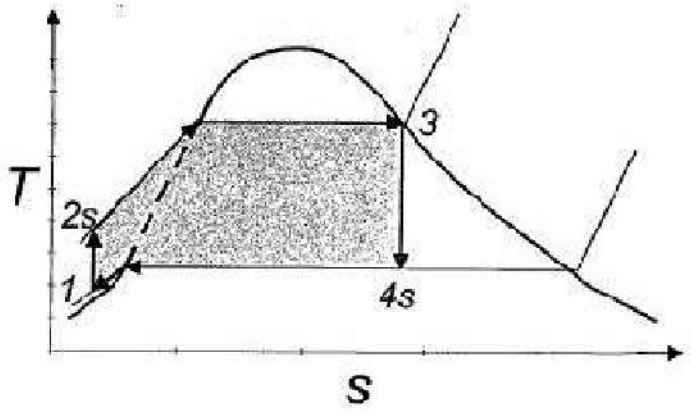


راندمان سیکل رانکین

راندمان سیکل رانکین عبارت است از کار مفید که برابر است با تفاوت کار توربین و پمپ تقسیم بر انرژی ای که بویلر جهت تبدیل و نیان کردن آن در داخل آب و بخار کردن مصرف می کندویا به عبارت دیگرسطح زیرمنحنی T-Sکه هرچه این سطح بیشترباشد توربین دارای راندمان بالاتری خواهدبود. ازلحاظ ریاضی راندمان این سیکل برابراست با:

$$\zeta = \frac{W_t - W_p}{Q_H} = \frac{h_2 - h_3 - (h_1 - h_4)}{h_2 - h_1}$$

$$\zeta = 1 - \frac{h_3 - h_4}{h_2 - h_1}$$



راههای افزایش راندمان سیکل رانکین

۱-بالا بردن فشار دیگ بخار

۲-کاهش فشار چگالنده یاکندانسور

۳-افزایش دمای دیگ بخار

٤-کاهش دمای کنداسور

۵-استفاده ازسیکلReheat به این معنی که بخار خروجی از مرحله فشار قوی توربین را قبل از اینکه وارد مرحله فشار متوسط شود ، در داخل بویلر ودر فشار ثابت گرم می کنندومجدداواردتوربین می کنند.

طبقه بندی توربین های بخار

توربین ها از نظر شرایط عملیاتی و طراحی نحوه تبدیل انرژی و.....به دسته های مختلف زیر تقسیم بندی می شوند:

الف- ازلحاظ نحوه تبدیل انرژی به:

۱-توربین های ضربه ایImpulse Turbine

۲-توربین های عکس العملیReaction Turbine

۳-توربین های مختلط که ترکیبی ازدوحالت فوق است.

ب-ازلحاظ تعدادمراحل به:

۱- توربین های یک مرحله ایSingle Stage Turbine

۲-توربین های چندمرحله ایMultistage Turbine

پ-ازلحاظ جریان ورودی بخاربه:

۱-توربین های تک جریانیSingle Stream

۲-توربین های دوجریانیDouble Stream

۳-توربین های مرکبCompound Turbine

ت-ازلحاظ حرکت بخاردرتوربین به:

۱-توربین های جریان شعاعیRadial Flow

۲-توربین های جریان محوریAxial Flow

۳-توربین های جریان مماسیTangantial Flow

ث-ازلحاظ فشارخروجی به:

۱-توربین های بافشارخروجی مثبتBack Pressure

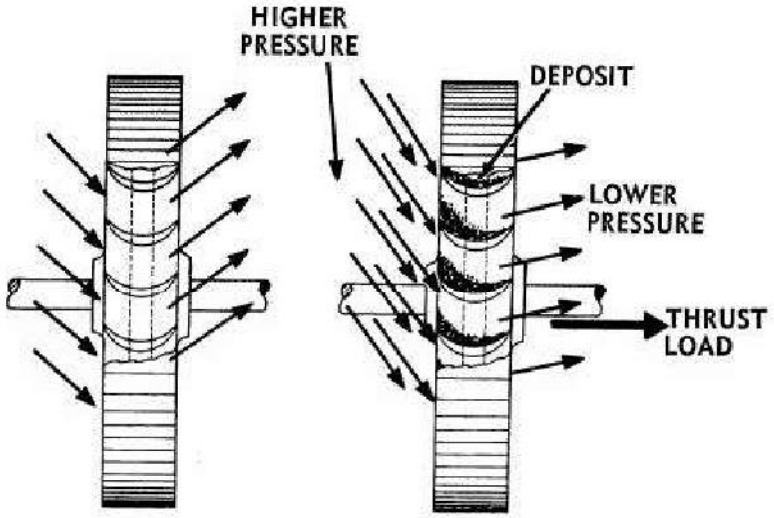
۲-توربین های بافشارخروجی جوAtmospheric Pressure

۳-توربین های خلا Vaccume Pressure

تقسیم بندی می شوندکه ذیلا ودرصفحات اتی به شرح ساختمان واصول کارهرکدام ازانهاپرداخته می شود.

توربین های ضربه ای Impulse Turbine

در این نوع توربین ها بخار پس ازورودبه محفظه بخاروعبور از نازل ها به پره های چرخWheel اول برخورد می کند و در صورتی که توربین یک مرحله ای باشد از توربین خارج می شودولی در توربین های چند مرحله ای بخار پس از عبور از اولین ردیف پره های متحرک توسط پره های ثابتی که دربدنه تعبیه شده است هدایت شده و به پره های متحرک مراحل بعدی توربین برخورد می کند و همین عمل بسته به تعداد مراحل ادامه پیدامی کند تا بالنتقال انرژی خودبه توربین فشار و سرعت ان کم شود ونهایتا از توربین خارج شود.



در این نوع توربین ها انبساط بخار در نازل ورودی و پره های ثابت انجام می شود و در پره های متحرک هیچگونه افت فشاری وجودندارد وبه عبارت دیگردراین توربین هافقط انرژی جنبشی بخاربه انرژی مکانیکی تبدیل می شود .

توربین های ضربه ای دردسته های زیرطبقه بندی می شوند:

الف-توربین های ضربه ای یک مرحله ای

ب-توربین های ضربه ای چندمرحله ای

ج– توربین های ضربه ای نوع کورتیس Curtis

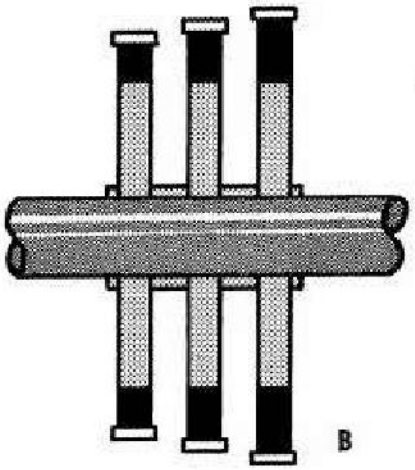
توربین های ضربه ای یک مرحله ای

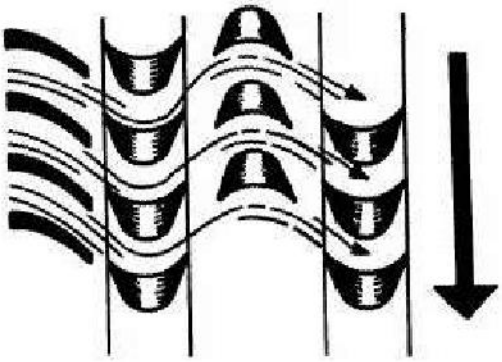
دراین نوع توربین ها بخار با سرعت زیاد و فشار کم فقط در یک ردیف نازل انبساط پیدا می کندواز نازل ها خارج می شود و پس از برخورد به پره های متحرک انرژی جنبشی خودرا به رتور منتقل می کند و از توربین خارج می شود. روی محوراین نوع توربین ها فقط یک رتور ویک ردیف پره متحرک نصب شده است و انبساط بخاریا افزایش سرعت در نازل های توربین انجام می شود و باعث می شودسرعت بخار افزایش پیدامی کند وبخارباسرعت بالابه پره های توربین برخوردنماید فشاردر دوطرف پره های متحرک ثابت است و با افت سرعتی که در پره متحرک ایجادمی شودرتوربه حرکت درمی اید.

توربین های ضربه ای چندمرحله ای

درتوربین های ضربه ای چند مرحله ای که دارای چندین ردیف پره روی یک محورمی باشندتمامی مراحل توربین بصورت صددرصدضربه ای عمل نمی کنندوفقط مرحله اول توربین که دارای نازل به مفهوم واقعی است بصورت ضربه ای مطلق است و مراحل بعدی بصورت ضربه ای و عکس العملی با درجات متفاوت عمل می کنندکه هرچه به طرف خروجی توربین نزدیک تر شویم درجه عکس العملی بیشترودرجه ضربه ای کمتر می شود .

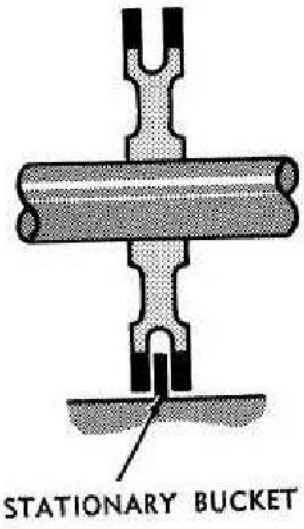
لازم به توضیح است که به دلیل انبساط بیشتربخاردرمراحل انتهائی توربین نبازبه پره های بزرگ تری است تااحتمال برخورد مولکول های بخار ومحوربیشترباشدونهایتا باعث افزایش راندمان توربین خواهدشد.





توربین های ضربه ای نوع کورتیس

این توربین هاازلحاظ ساختمانی دارای یک رتورمی باشندکه دوردیف پره روی انهانصب شده است ویک ردیف پره ثابت نیز روی بدنه قراردارددوبخاررا ازروی پره های ثابت ردیف اول به طرف پره های بعدی تغییرجهت داده و هدایت می کندکه نسبت به توربین های دیگرازراندمان بسیاربالاتری نیزبرخوردارااست در این نوع توربین ها افت فشار فقط در نازل انجام نمی شود بلکه مقداری افت

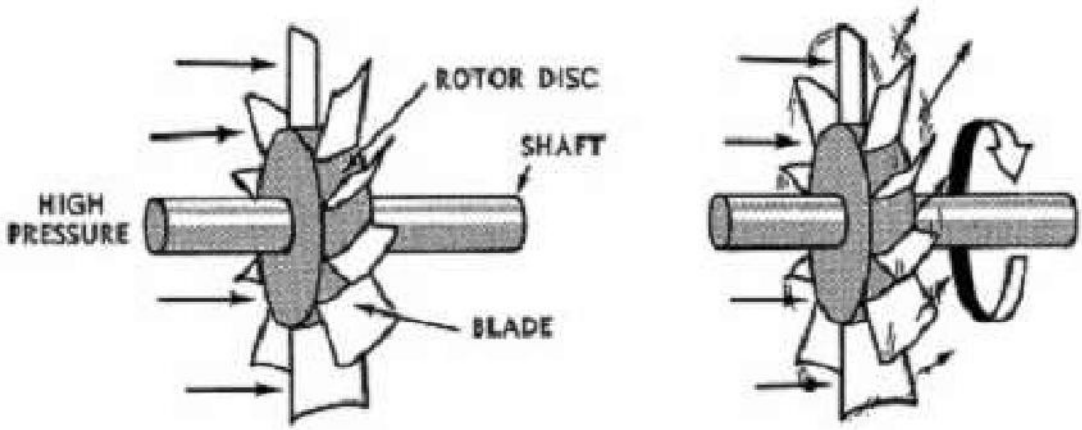


فشار در نازل و مقداری در پره های ثابت انجام می گیردوبخارباسرعت زیادتوربین را به حرکت وامی داردبن ازاین نوع طراحی درمرحله اول توربین های چندمرحله ای نیزاستفاده می شود . مقداری ازافت سرعت در پره های ثابت به علت اصطکاک رتوروبخارات است که باعث کاهش راندمان توربین می

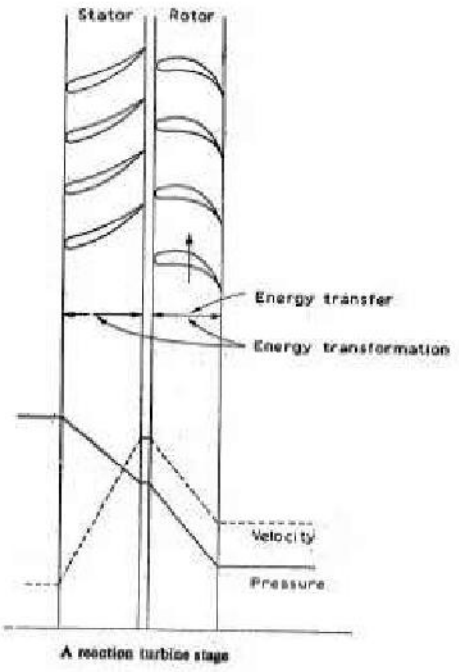
شودتفاوت این توربین هابانوربین های یک مرحله ای دراین است که تغییرات سرعت روی پره های متحرک این نوع توربین ها با شیب خیلی تندتر از شیب پره های ثابت افت پیدا می کند .

توربین های عکس العملی Reaction Turbine

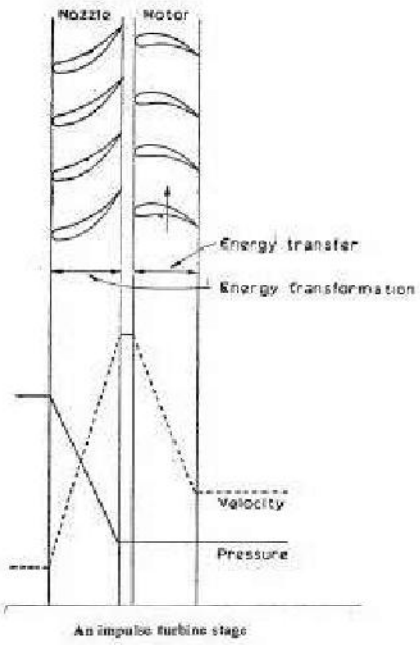
در توربین های عکس العملی انبساط یاافت فشار بخارغالبادر پره های متحرک توربین انجام می شود. در این توربین ها نازل ها مفهوم اصلی خود را از دست می دهندوکارتبدیل انرژی فشاری وجنبشی به انرژی مکانیکی توسط پره های متحرک وتغییرجهت دادن به حرکت بخارتوسط پره های ثابت انجام می شودبه عبارت دیگردرتوربین های عکس العملی انرژی فشاری بخاربه انرژی مکانیکی تبدیل می شود. دربیشتر توربین های عکس العملی افت فشار هم در نازل ها و پره های ثابت و هم در پره های متحرک انجام می شوددر حالی که در توربین های ضربه ای فشار فقط در نازل ها افت پیدا می کند و فشار درطرف پره های متحرک ثابت است .



درمنحنی های صفحه بعدنحوه تبدیل انرژی درتوربین های ضربه ای وعکس العملی نشان داده شده است همانطورکه ملاحظه می شوددرتوربین های ضربه ای تمامی افت فشارفقط درنازل هاانجام می شود وفشاردوطرف رتوربرابراست ولی درتوربین های نوع عکس العملی افت فشارهم درپره های ثابت وهم درپره های متحرک اتفاق می افتدودرطرفین پره های متحرک اختلاف فشاروجوددارد که باعث ایجادنیروی محوری یا تراست روی رتورمی شود.



A reaction turbine stage



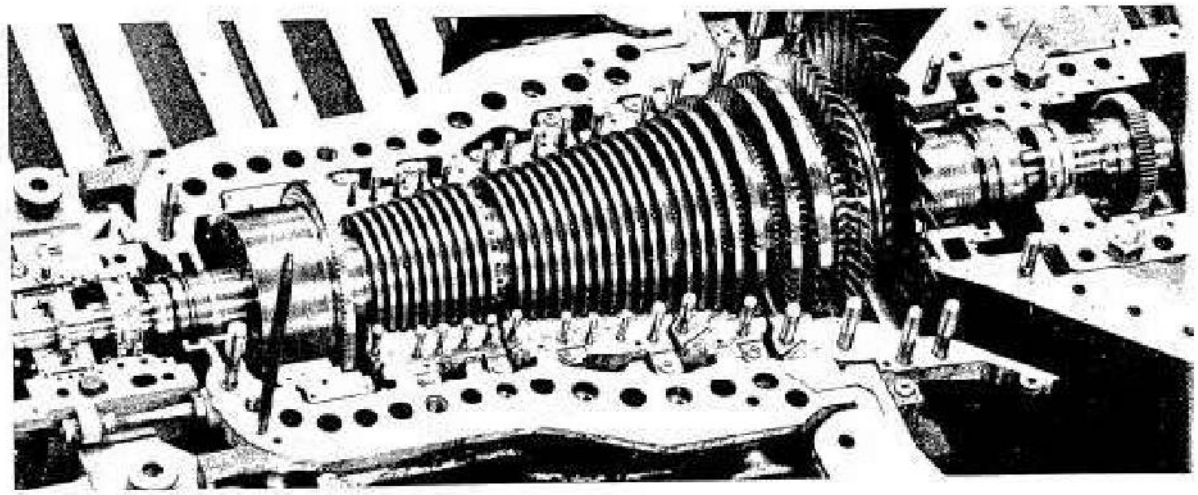
An impulse turbine stage

ترکیب عکس العملی و ضربه ای

همانطور که ازنام این توربین ها پیداست این نوع توربین ها با ترکیب دو نوع سیستم عکس العملی و ضربه ای کارمی کنند. معمولا در توربین های با قدرت بالاتر از سه مگاوات(3 MW)توربین صددر صد عکس العملی یا صددرصد ضربه ای طراحی واستفاده نمی شودبلکه توربین بصورت تلفیقی از حالات ضربه ای وعکس العملی عمل می کند که به ان ، توربین های مختلط هم گفته می شود .

در توربین های مختلط مرحله اولFirst Stageمعمولا صددرصد ضربه ای است و هرچه به طرف مراحل بعدی (فشار متوسط) و فشار ضعیف نزدیک می شود از درجه ضربه ای بودن توربین کاسته می شود و به درجه عکس العملی آنها اضافه می شود به طوری که در مراحل آخر یا فشار ضعیف توربین صددرصدعکس العملی می شودوطبعا به دلیل انبساط بیشتربخاردرمراحل انتهائی هرچه به طرف خروجی توربین نزدیک ترمی شودرتورهابزرگترمی شوندتاباایجادسطح تماس بیشتراندمان توربین افزایش پیداکند.

درشکل زیرشمائی ازیک توربین نوع مختلط که شامل تعدادی مراحل ضربه ای وعکس العملی است نشان داده شده است.



مقایسه توربین های ضربه ای و عکس العملی

درطی سال های قبل انواع واقسام توربین ها طراحی و ساخته شده اندکه دران میان بیشتر کارخانجات صنعتی امریکایی اقدام به ساخت توربین ضربه ای نموده اندودرحالی که کارخانجات اروپایی بیشترتمایل به ساخت توربین های عکس العملی نشان داده اند.

درزیراین دونوع توربین ازلحاظ ابعادمختلف انها با هم مقایسه شده اند:

۱-وقتی فشار بخارSteam بالا باشد راندمان توربین ضربه ای بالاتراست درحالی که توربین عکس العملی علاوه برفشارهای بالادر فشارهای پایین هم راندمان خوبی دارند به همین دلیل قسمت های انتهایی توربین های مختلط از نوع عکس العملی ساخته می شود.

۲- در شرایطی که توربین خارج از شرایط طراحی شده کار می کند راندمان توربین های عکس العملی بالا است ولی توربین ضربه ای اگر در غیر شرایط طراحی شده کار کند راندمان آن پایین می آیدکه علت ان افت فشاربخار ومسائل ناشی ازخفگی جریان در نازلهای ورودی و.... است ولی به طور کلی راندمان توربین عکس العملی بیشتراز توربین های ضربه ای است.

۳-رتورتوربین های ضربه ای در مقایسه با توربین های عکس العملی کوچکتر است که این موجب افزایش هزینه ساخت شافت و بدنه توربین های عکس العملی وباعث کم شدن دور بحرانی توربین های عکس العملی می شود وباعث می شودشافت انها Flexible باشدکه درحین راه اندازی نیازبه مراقبت بیشتردارند.

٤- تعداد مراحل توربین عکس العملی باقدرت مساوی خیلی بیشتر از توربین ضربه ای است که باعث افـزایش هزینه های ساخت انهامی شود .

۵-فاصله شعاعی بین پره های متحرک و بدنه در توربین هـای ضـربه ای اثرزیـادی روی نشـتی هـای داخلـی توربین ندارد چون تمامی افت فشارها در نازل اتفاق می افتـد و فشـار طـرفین رتـور یکسـان اسـت ولـی در توربین های عکس العملی بخاطر اینکه مقداری از افت فشار در پره های متحرک اتفاق می افتد فشار طـرفین رتور مساوی نیست و فاصله لبه های رتورتابدنه باید به کمترین مقدار خود برسد(واب بندی شود) تـا نشـت جریان داخلی بخار کمتر شود و راندمان توربین افزایش پیدا کندکه مستلزم صرف هزینه است .

۶-رسوب ذرات جامد Scale روی پره های توربین های عکس العملی اثر در رانـدمان آنهـااثر کمتـری دارد ولی رسوب ذرات جامد در نازل ها ورتوربین های ضربه ای باعـث . افـت فشـار و مصـرف بیشـتر از حـد Steam و نهایتا باعث کاهش راندمان توربین می شود .

۷-وجود قطرات آب همراه باجریان بخار در توربین های ضربه ای موجـب خـوردگی Errosion شـدیدروی پره ها می شود ولی در توربین های عکس العملی اثرات ان کمتراست.

۸-چون سرعـت برخوردبخار Steam به پره های متحـرک در توربین های ضـربه ای بیشـتر از تـوربین هـای عکس العملی است به همین دلیل لرزش توربین های ضربه ای بیشتر از توربین های عکس العملی است.

۹-محدوده سرعت کاری توربین های عکس العملی خیلی وسیع تر از توربین های ضربه ای است .

۱۰-نیروی محوری توربین های ضربه ای از لحاظ تئوری صفراست(که البته به علت رسوب گرفتن پره هـا و ایجاد افت فشار روی آنها بعضی مواقع به وجود می آید که باید خنثی شود)ولی در توربین هـای نـوع عکـس العملی این نیروهازیاداست زیراختلاف فشار طرفین پره های متحرک درتوربین های عکس العملی زیاداسـت که برای کنترل کردن ان نیازبه تمهیدات خاص ویااستفاده ازتراست برینگ های قوی است .

۱۱- درتوربین های عکس العملی رسوب گرفتن پره ها اثر ناچیزی روی نیروهای محوری داردولی درتوربین های ضربه ای اثرات ان بیشتراست.

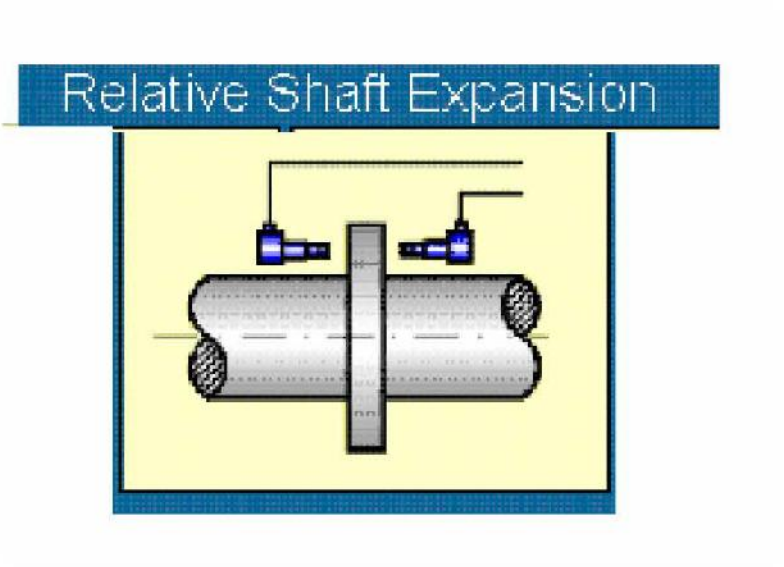
۱۲- توربین های عکس العملی باشرایط مساوی نسبت به تـوربین هـای ضـربه ای دارای طـول عمـر بیشـتری هستند.

منشانیروهای محوری در توربین های بخار

از آنجایی که بخار بافشاربالا واردتوربین می شود وبافشارکم ازان خارج می شود درداخل توربین همیشه اختلاف فشاروجوددارد که این اختلاف فشارباعث ایجادنیروی محوری ازطرف فشاربالا به طرف فشارپایین روی رتورو محور توربین می شودودرصورتی که این نیروهاخنثی نشوندباعث افزایش بارتراست برینگ ها شده ودرصورتی که تراست برینگ ها قادربه خنثی کردن ان نباشندباعث تماس قطعات ثابت ومتحرک وانهدام توربین می شود که برای خنثی کردن ان باید توربین به شکلی طراحی شود که هنگامی که توربین در حین کار است کمترین نیروی محوری روی رتوران اعمال شود.

به دلیل کم بودن فواصل بین قطعات ثابت ومتحرک جابجائی بیش ازحد محوری می تواندباعث ایجادخسارت های سنگین روی توربین شود وبه همین دلیل درتوربین های بزرگ برای آن یک سیستم اخطار دهنده و Shut Down به نام Turbine High Axial Displacement Alarm And Shut Down پیش بینی می شود که این سیستم روی انتهای محورنصب می شودوهمواره فاصله بین محوروپراب اندازه گیری ونشان داده می شود اصول کاراین سیستم برحسب افت ولتاژبوجودامده دراثرزیادشدن فاصله پراب ومحوراست که به ازاء هرمقدارفاصله فاصله یک ولت افت جریان ایجادمی کند و وقتی که جابجائی محوری رتور توربین نسبت به تنظیم اولیه افزایش پیداکند اخطار دهندهAlarm در سرویس می آید و وقتی که مقدار افزایش بازهم بیشترشودتوربین بصورت اتوماتیک ازسرویس خارج Shut Down می شود.

چون این پراب ها روی بدنه توربین نصب می شوندوبدنه توربین نیزمشمول رشدحرارتی است درخیلی ازمواردممکن است انبساط بدنه باعث تغییرفاصله پراب شودوایجادخطا نمایدکه برای جلوگیری ازاین مواردازدوعددپراب دردوجهت مخالف استفاده می شودکه مجموع فواصل انهامبین وضعیت رتوراست که درشکل زیرشمائی ازان نشان داده شده است.



برای کنترل کردن نیروهای محوری وممانعت ازتماس قطعات ثابت ومتحرک ازروش های مختلفی استفاده می شود که ذیلا به شرح انهاپرداخته می شود.

روشهای خنثی کردن نیروهای محوری:

الف-استفاده از یاتاقان های محوریThrust Bearing

ب-استفاده از بالانس پیستون Balance Piston

ج-تغییردادن جهت مسیرورودبخار

باتوجه به این که خنثی کردن صددرصدنیروهای محوری امکان پذیرنیست درهمه توربین های بخارازتراست برینگ هااستفاده می شودکه اصول کاروانواع انهادربخش های بعد بطورمفصل موردبحث قرارمی گیرندولی در توربین های با قدرت متوسط وبالا برای جلوگیری ازافزایش باربراست بسته به نوع طراحی دراغلب اوقات نیروهای محوری به توسط بالانس پیستونBalance Pistonوتغییرجهت دادن به بخارانجام می شود که ذیلا به شرح این روش ها پرداخته می شود.

بالانس پیستون Balance Piston

این سیستم شامل یک استوانه است که درقسمت فشاربالای توربین(طرف ورودبخار) روی محورنصب می شودوبانصب اب بندهای مناسب درطول سطح خارجی ان طرفین ان نسبت به هم اب بندی می شود ومحفظه پشتی ان توسط یک لوله چنداینچی به محفظه فشارپایینی مثل لوله خروجی توربین یا

کندانسورمتصل و باعث می شوددرحین کاریک طرف بالانس پیستون درمعرض فشارپایین وطرف دیگران درمعرض فشارزیادقرار گیردکه این اختلاف فشارباعث ایجادیک نیروی محوری درجهت عکس نیروی محوری طبیعی رتور می شود.

اب بندهای مورداستفاده برای اب بندی قطربیرونی بالانس پیستون درتمامی توربین های بخارازنوع لابیرینتی است ودربعضی ازطراحی هاکه قطربالانس پیستون زیاداست ازCaulking Sealاستفاده می شودومعمولا سیل ها بطورثابت روی بدنه نصب می شوندوبرای اب بندی بهترروی بالانس پیستون شیارهای پله داری تعبیه می شودکه باعث افت فشاربیشتردرمسیربخارمی شود .درشکل صفحه بعدشمائی ازیک بالانس پیستون ونیروهای واردشده بران نشان داده شده است.

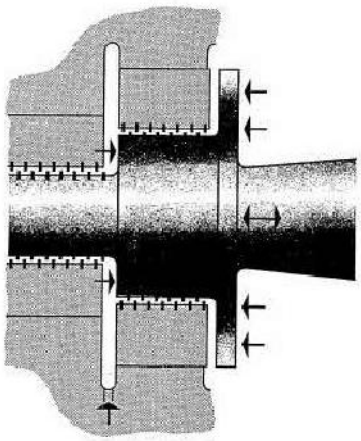
نیروهای اعمال شده روی رتورشامل:

۱-نیروی طبیعی ناشی ازاختلاف فشارداخل توربین که باعث اعمال نیروبه سمت چپ می شود.

۲-نیروی واردشده روی سطح سمت راست بالانس پیستون که باعث اعمال نیروئی به طرف سمت چپ رتورمی شود.

۳-نیروی واردشده روی سطح سمت چپ بالانس پیستون که باتوجه به منفی بودن ان باعث اعمال نیروئی بطرف سمت چپ روی رتورمی شود.

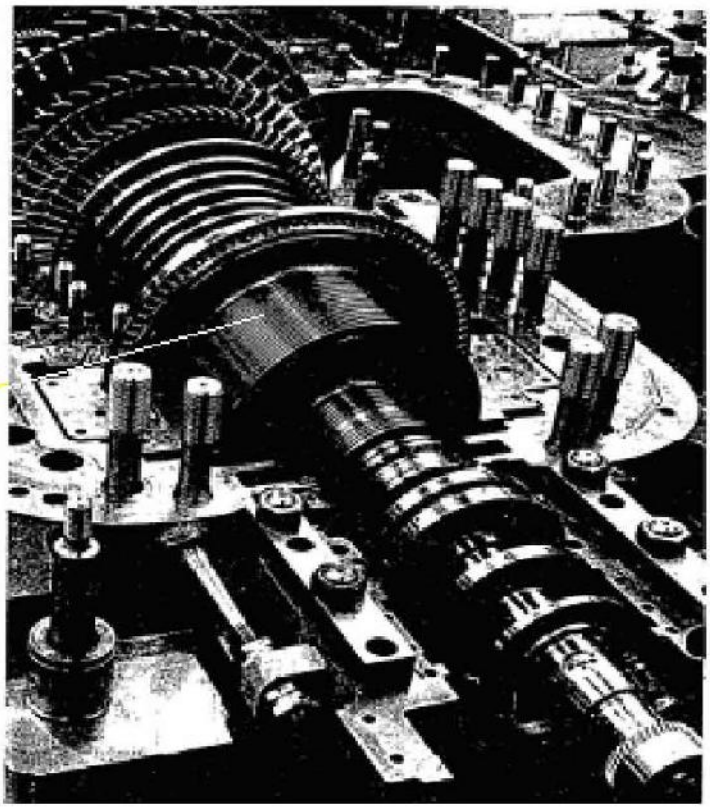
که باطراحی قطر مناسب برای بالانس پیستون نیروهای تراست داخلی بوجودامده درتوربین بطوراتوماتیک وباکمترین هزینه خنثی شود.



Principle of counterbalancing the axial thrust

درصورت اختلال درسیستم اب بندی درطول سطح بالانس پیستون. فشارپشت ان می تواندافزایش پیداکند وباعث به هم خوردن تعادل نیروی محوری رتورشود. همچنین درصورتی که خلاتوربین شکسته شودباعث افزایش فشارپشت بالانس پیستون وتعادل نیروهای محوری روی رتورمی شود که می تواندباعث حرکت رتورودرصورتی که این نیروهاکنترل نشودباعث برخوردقطعات ثابت ومتحرک شده ومی تواندباعث ایجادخسارت های جدی روی توربین شودکه معمولا درتوربین های بزرگ یکی ازسیستم های حفاظتی که باعث تحریک سیستم های Alarm وShut Down توربین می شود مقدارفشارخروجی یاخلا است که علاوه برمواردفوق می تواندمنجربه تشکیل قطرات اب و خوردگی پره های قسمت فشارپایین توربین شود.

قطرات اب همراه با بخارمثل حالت Sand Blastعمل می کنندکه درحین برخوردان باقطعات باعث سایش وErosionمی شودودردرازمدت می تواندباعث Erosionروی پره های رتورتوربین وهمچنین پیچ وخم های مسیرسیستم لوله کشی شودکه منجربه کاهش ضخامت سیستم لوله کشی وهمچنین ایجادنابالانسی روی رتورگردد.درشکل زیرشمائی ازبالانس پیستون نصب شده روی یک توربین بخاربزرگ چندمرحله ای نشان داده شده است.



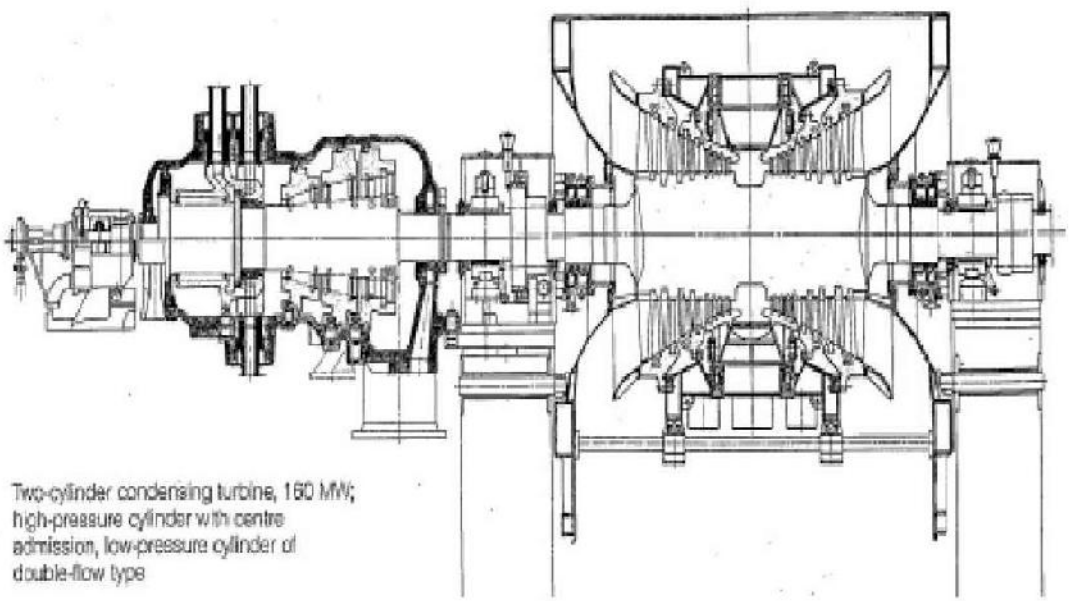
تغییردادن جهت ورود بخار

یکی دیگرازروش های کنترل کردن نیروهای محوری درتوربین های بخار تعییردادن جهت بخاروارد شده به توربین است وبه این صورت عمل می شود که بخارازدوناحیه واردتوربین می شودوشاخه ای ازبخار که درفشاربالا واردتوربین می شود با شاخه دیگربصورت پشت به پشت عبور داده می شود وگاها نیزمرحله فشار ضعیف را دو جریانه Double Fow طراحی می کنند که نیروهای محوری ناشی ازانها بطوراتوماتیک همدیگر را خنثی کنند که براین اساس نیزتوربین ها به چنددسته زیرطبقه بندی می شوند.

طبقه بندی توربین های بخار از نظر جریان بخار

۱-توربین های تک جریانی که دراین نوع توربین ها بخار پس از خروج از نازل ها و برخورد با پره ها رتورتوربین را به حرکت در می آورد و سپس از توربین خارج می شود.

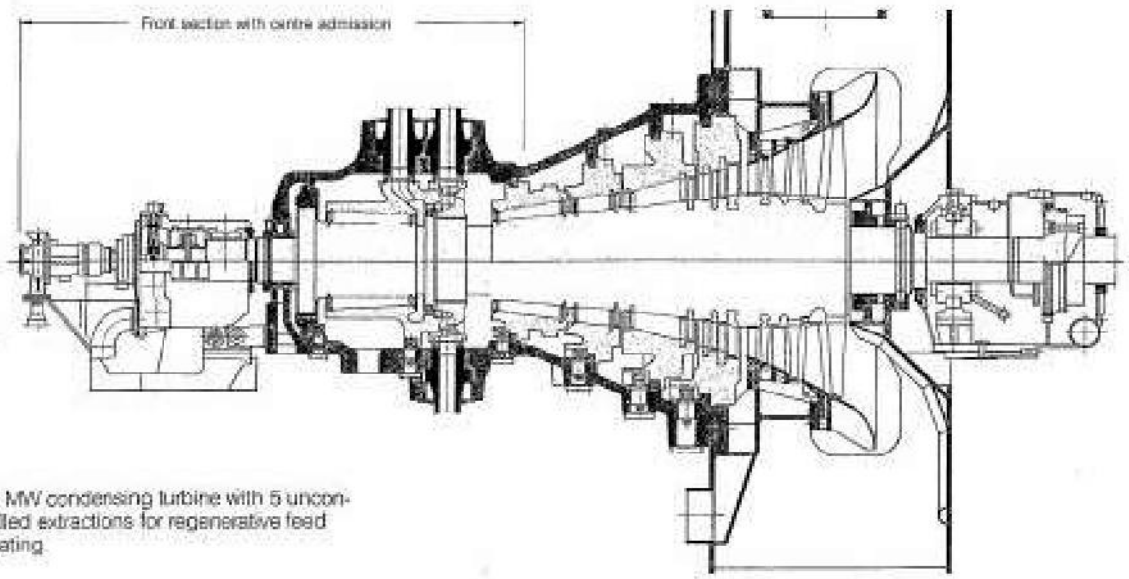
۲-توربین های دو جریانی دراین نوع توربین هابخار از وسط بدنه واردتوربین می شود و به دو جریان تقسیم می شود. هر یک از این جریانها به تعدادی ازپره ها برخورد نموده و چرخ آنرا بحرکت در می آورند.



Two-cylinder condensing turbine, 160 MW; high-pressure cylinder with centre admission, low-pressure cylinder of double-flow type

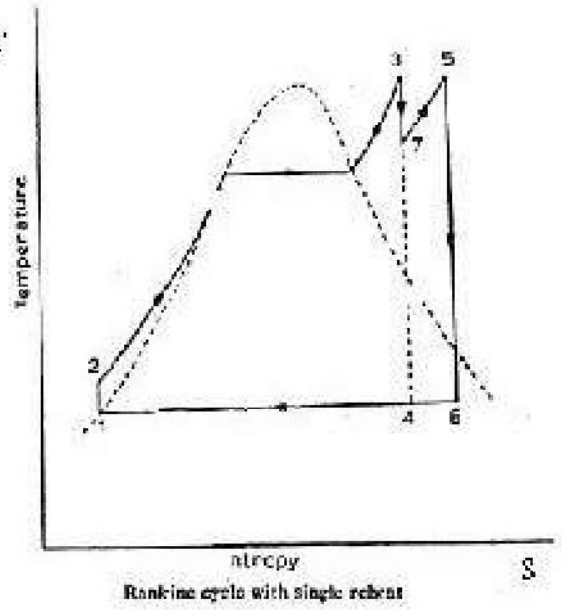
۳-توربین های مرکب برای بالابردن راندمان توربین های بخاروسبکل رانکین بابرقرارکردن جریانات بخاربه داخل توربین یاازتوربین به سمت بیرون استفاده می شود که به ذکرنمونه هائی ازان پرداخته می شود.

الف-گرم کردن مجددبخاریاReheatکه دراین نوع طراحی مقداری ازبخارات بافشاردرجه حرارت کم که انرژی ان به انرژی مکانیکی تبدیل شده است ازمراحل میانی توربین خارج می شود ومجددداوار دبویلرمی شودوپس ازگرم شدن دوباره واردیکی ازمراحل میانی توربین می شود.



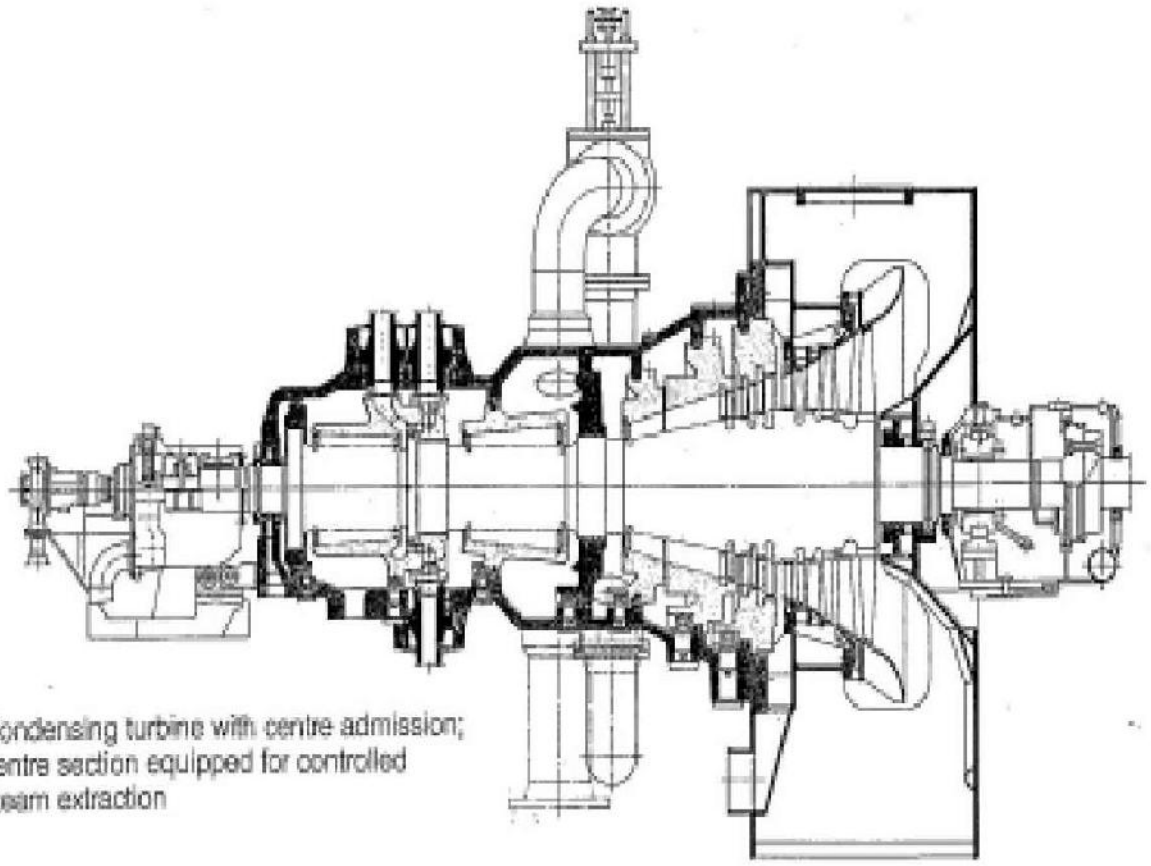
77 MW condensing turbine with 5 uncontrolled extractions for regenerative feed heating

درشکل زیرتاثیرReheatروی منحنی T-Sنشان داده شده است که همانطوری که ملاحظه می شوددوباره گرم کردن بخارباعث افزایش سطح زیرمنحنی وبالتبرفتن قدرت توربین وافزایش راندمان ان می شود.



Rankine cycle with single reheat

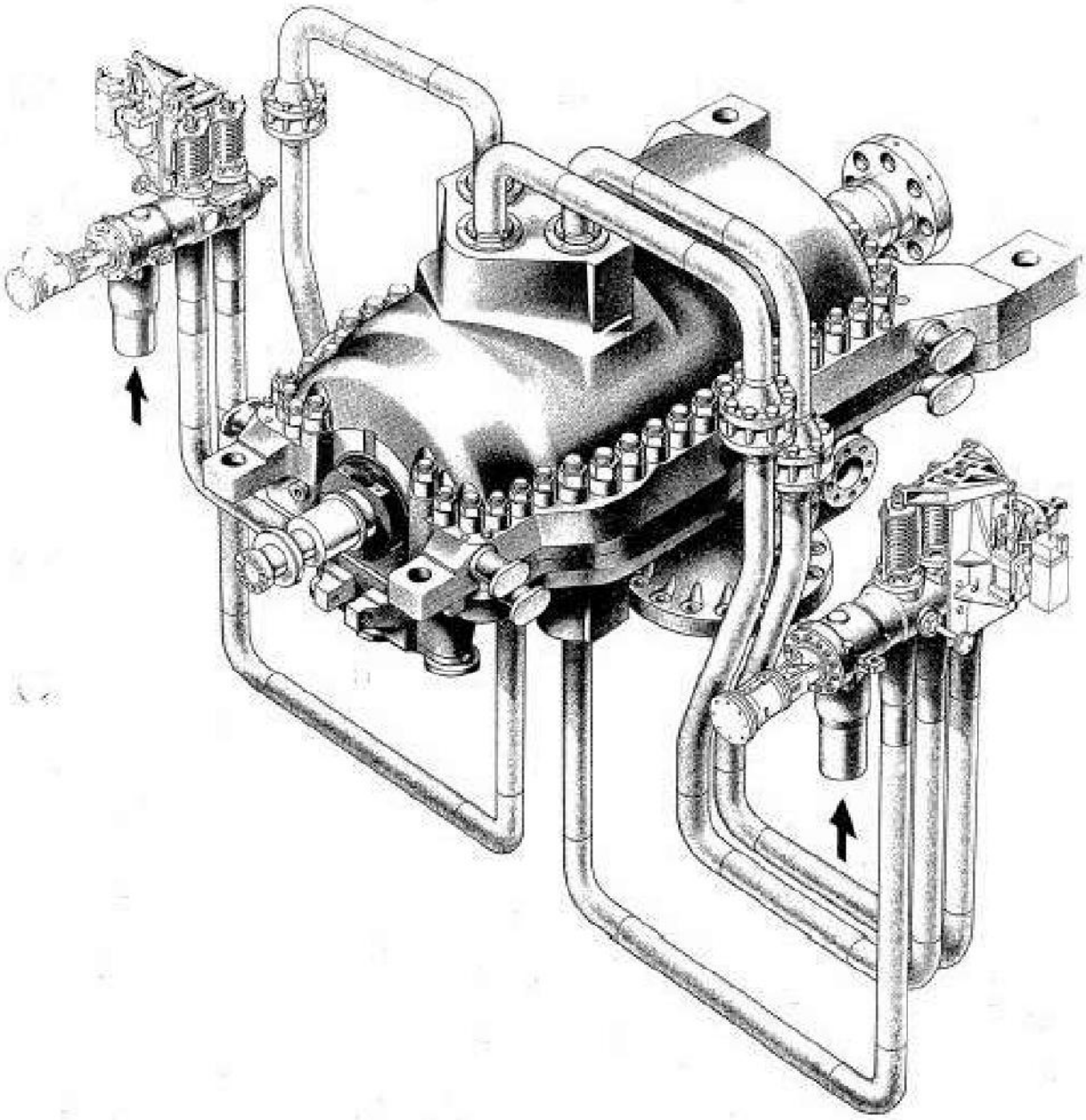
ب-خارج نمودن بخارازتوربین Extraction- دراین روش بخارات داخل توربین ازیکی ازمراحل میانی توربین خارج می شودوبرای عملیات دیگری نظیر گرمایش و..... استفاده می شود.



Condensing turbine with centre admission; centre section equipped for controlled steam extraction

در شکل صفحه قبل توربینی که باشرایط Extruction کارمی کندومجهزبه سیستم کنترل کننده بخارات خروجی ازمراحل میانی توربین است نشان داده شده است.

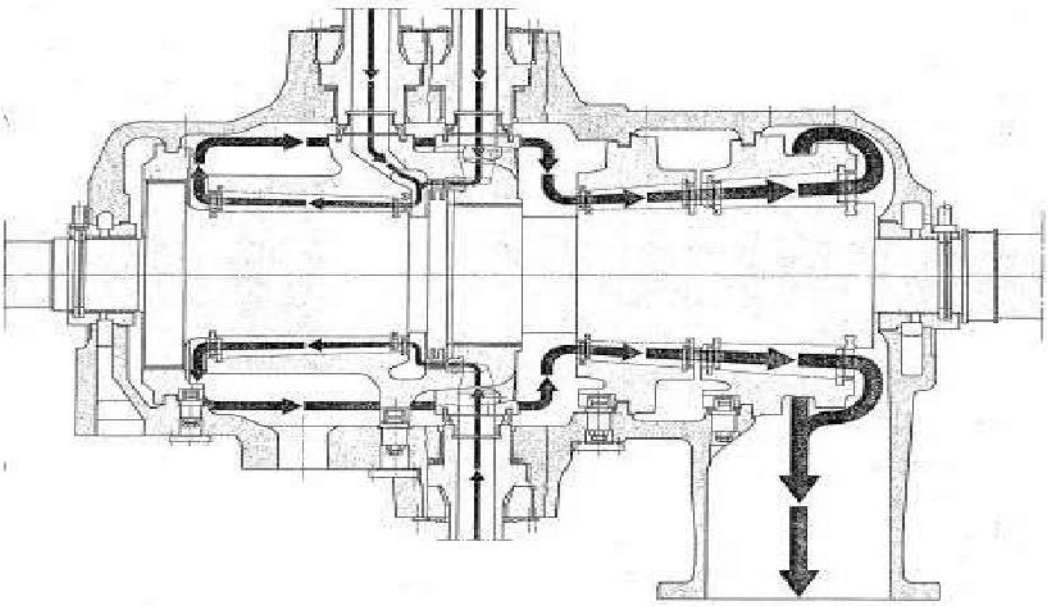
ج-واردکردن بخاربه توربین Induction-دراین توربین هامقداری بخاراضافی باشرایط مناسب دریکی ازمراحل میانی واردتوربین می شودوباعث بالابردن راندمان توربین می شود.دراین نوع توربین ها بخار خروجی باقیمانده از یک توربین یابخارخارج شده ازبویلر، مجددا وارد توربین دیگری شده و آنرا به حرکت در می آورد.



تقسیم بندی توربین های بخار از نظر جهت حرکت بخار

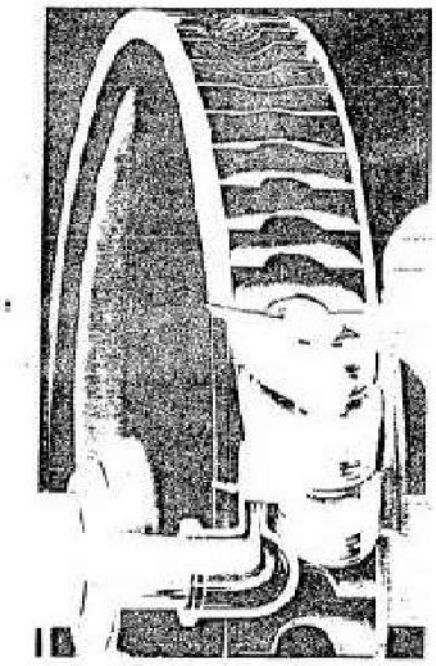
توربین ها از نظر جهت حرکت بخار در داخل بدنه توربین در چند دسته زیر طبقه بندی می شوند:

۱- توربین های جریان محوری Axial Flow که در این نوع توربین ها بخار به موازات محور وارد بدنه می شود و پس از به حرکت در آوردن توربین در همان راستا از لوله خروجی توربین خارج می شود. توربین های نوع عکس العملی جزء این دسته اند.



۲-توربین های جریان شعاعی Radial Flowدر این نوع توربین ها جریان بخار به شکل تعدادی از جریان های بکنواخت بخار از مرکز صفحات به طرف شعاع صفحه حرکت می کنند و از طرف حاشیه صفحه خارج می شوند.

۳-توربین های جریان مماسی Tangential Flow دراین نوع توربین ها بخار به حالت مماسی به پره های توربین برخورد می کند و پس از به حرکت درآوردن روتور از توربین خارج می شود.



طبقه بندی توربین های بخارازلحاظ فشارخروجی

توربین های بخار از نظر فشار خروجی بخاردرسه دسته طبقه بندی می شوند:

الف-توربین های بافشارخروجی بیشترازفشارجوBack Pressure

ب-توربین های بافشارخروجی مساوی فشار جوAtmospheric Pressure

ج-توربین های بافشارخروجی کمترازفشارجوVaccum Pressure

که ذیلابه شرح کارانهاپرداخته می شود.

توربین هائی که فشارخروجی انهابالاترازفشارجواست Back Pressure

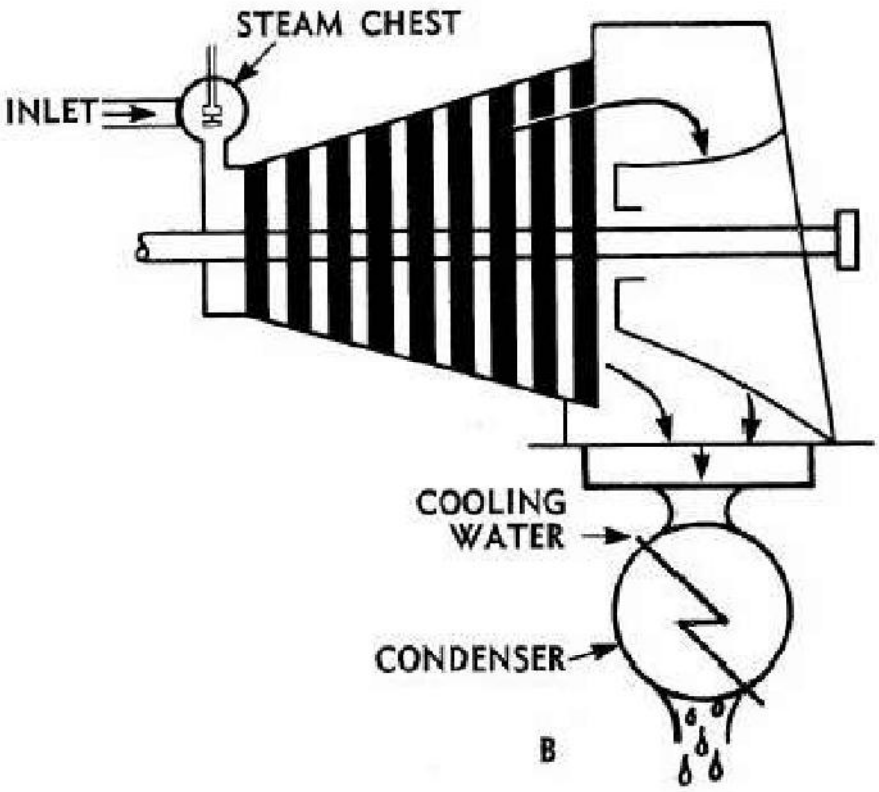
دراین نوع توربین هابخار پس از به حرکت درآوردن توربین بافشاربیشترازفشاراتمسفر ازتوربین خارج می شود بخارات خارج شده ازتوربین یا توربین دیگری را بحرکت در می آوردیا به مصرف گرم کردن دستگاه هاوتجهیزات دیگرمی رسد یا جهت مصرف عملیاتی وتحولات دیگر به لاین های بافشارکمترمنتقل می شودکه بایدفشارلاین حتماازفشارخروجی توربین کمترباشددرغیراین صورت باعث افزایش فشارخروجی توربین Back Pressureونهایتا کاهش قدرت ان می شود. بیشترتوربین های کوچک وهمچنین اکثرتوربین های نوع ضربه ای یک مرحله ای به این دسته تعلق دارند .

توربین هائی که فشارخروجی انها برابرفشارجواست

همانطور که از نام انها پیداست فشارخروجی این نوع توربین ها بافشارجوبرابراست یابه عبارت دیگر بخار خروجی ازاین توربین هابه طرف اتمسفر منتقل می شود و در حقیقت می توان گفت که بخارخروجی ازتوربین به هدر می رود ازاین نوع طراحی توربین های کوچکی که بصورت اضطراری درسرویس قرارمی گیرندمثل ژنراتورهای اضطراری برق که باقطع برق شبکه برای ایجاد روشنائی بطوراتوماتیک درسرویس قرارمی گیرنداستفاده می شودچون این توربین ها بندرت درسرویس قرارمی گیرندانجام لوله کشی بخاربرگشتی ازلحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست بخارات به طرف اتمسفر هدایت می شوندو باعث اتلاف بخارمی شوند.

توربین هائی که فشارخروجی انها کمترازفشارجواست Vaccum

فشارخروجی این نوع توربین ها کمترازفشارجواست وگاها تا چندانچ جیوه مطلق می رسد وبه دلیل زیادبودن اختلاف فشاربین ورودی وخروجی توربین ازتمامی انرژی بخاراستفاده می شود و به انرژی مکانیکی دورانی تبدیل می شود.راندمان این نوع توربین ها نیزبه مراتب بیشتراز انواع توربین های دیگراست واب حاصل از بخارات کنداس شده(به مایع تبدیل شده) درکندانسورنیزمجددا به سیستم تولیدبخاربرگشت داده می شودو به مصرف بویلرها می رسد. ایجادخلا درقسمت خروجی این توربین ها توسط سیستم خلا که شامل کند انسور و دیگر متعلقات ان است انجام می شودکه دربخش های بعدی بطورمفصل به شرح ان پرداخته می شود.



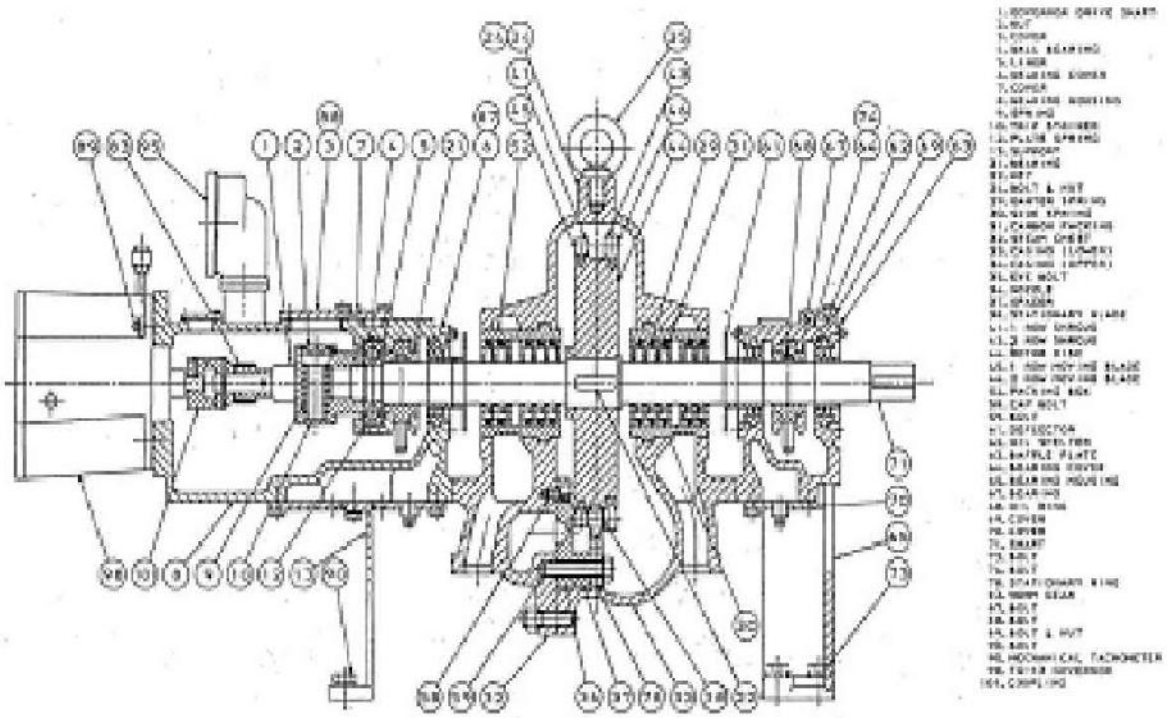
تقریبا تمامی توربین های متوسط وسنگین که قدرت انهاازچندمگاوات بالاتراست به این صورت طراحی وساخته می شوندولی برای توربین های کوچک به دلیل نیاز به سرمایه گذاری های اولیه بالا از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

اجزاء وقطعات توربین های بخار

ساختمان توربین های بخارشامل دوجزاصلی شامل قطعات نابت ومتحرک است که قطعات نابت شامل بدنه اصلی توربین شامل نازل ها, یاتاقان ها ,هوزینگ برینگ ها,دیافراگم ها ,پره های هدایت کننده ,محفظه بخار ,تروتل ولو ,استاپ ولوشیرهای اطمینان, گاورنر, اب بند هاسیستم روغنکاری, و.....وقطعات متحرک شامل رتورومتعلقاتی نظیر:شافت, پره های متحرک,رینگ های روغنکاری, کاپلینگ, سیستم دوربیشینه, سیستم های حفاظتی و.....است.

ساختمان بدنه توربین

بدنه توربین اردوقسمت مجزای متصل به هم تشکیل شده است :

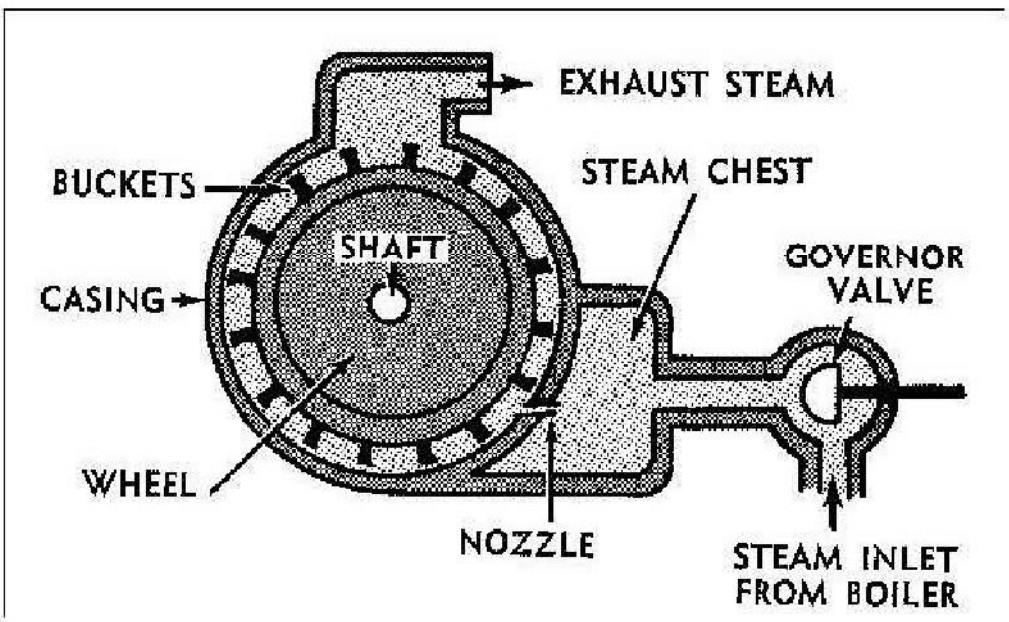


۱-محفظه فشارپایین که محل قرارگیری رتورویره های متحرک است وفشارکاری ان به مراتب کمترازفشاربخارورودی به توربین است وازلحاظ مقاومت بدنه تحمل فشارودرجه حرارت بالاراندارد.که البته درحین کار,فشاراین محفظه بایدپایین نگه داشته شودتا باایجاداختلاف فشارامکان ,واردشدن بخاروکاردهی توربین فراهم شودزیراتوان توربین متناسب بااختلاف فشاربین این محفظه ومحفظه بخاروهمچنین مقداربخارورارد شده به ان داردودرصورتی که به هردلیلی فشاراین محفظه افزایش پیداکندباعث کاهش توان

وراندمان توربین می شود به علاوه این که بالارفتن فشاراین محفظه منجربه ترکیدن بدنه توربین نیز خواهدشد.

بخصوص درحین راه اندازی توربین هاباییددقت لازم رادراین کارانجام شودوقبل ازبازکردن ولو ورودی بخارابتدا ولوخروجی رابازکردتافشاراین محفظه بالانرودهمچنین هنگام ازسرویس خارج کردن توربین ها ابتدابایدولوورودی بسته شودوبعدولوخروجی ان. لازم به توضیح است که رابط این دومحفظه نازل های توربین هستندکه این دومحفظه رابه هم راه می دهد.

۲-محفظه فشاربالا که به ان محفظه بخاریSteam Chest گفته می شودکه مقاومت لازم برای تحمل فشاردرجه حرارت بخارورودی رادارد که ازیک طرف منتهی به لاین ورودی بخارواز طرف دیگربا نازل های توربین درارتباط است ووظیفه ان این است که توسانات وتلاطم بخاروارددشده به توربین را می گیرد(بازیافت فشار)وبخاررالازطریق نازل ها, روی رتورمنتقل می کنددرحین کارتوربین بایدازاقداماتی که باعث کم شدن ویاایجادافت فشارزیاددراین قسمت می شودجلوگیری نمود.



به عنوان مثال بایدتعدادنازل ولوهائی که درسرویس قراردارنددراطوری انتخاب کردکه گاورنرولوبه بیشترین درجه بازبودن برسدوتنظیم جریان بخار توسط نازل ولوها انجام شودتاباعث افت فشاردرمسیربخارنشود.درصورتی که تعدادنازل ولوهای باز,زیادباشدکنترل جریان بخاربه توسط

گاورنرولوانجام می شود یعنی بصورت نیمه باز عمل می کندکه باعث افت فشاردرمسیرونهایتا کم شدن فشارمحفظه Steam Chestوکاهش اختلاف فشارمحفظه های کم فشاروپرفشارتوربین می شودکه منجربه افزایش مصرف بخاروکم شدن راندمان توربین خواهدشد.

برای بالابردن ضریب ایمنی توربین ومحافظت هرچه بیشترازتوربین های بخار یک عددشیراطمینان یا Safety Valveکوچک حدود۳/٤به عنوان شیرمحافظ روی بدنه توربین نصب می شودوروی فشارمناسبی Setمی شودتااگربه هردلیلی فشارمحفظه توربین (محل قرارگیری پره های متحرک)بالارفت باسوت کشیدن اپراتورها رااز بالارفتن فشارخبردارکندولی شیرمحافظ به تنهائی خطرازدیادفشاررانمی تواندازبین ببرد. عموما توربین های بخاردارای یک شیراطمینان بزرگ روی لوله خروجی هستندکه به ان Full Flow Relief Valve گفته می شودوبه عنوان یک شیراطمینان عمل می کندو درموقع بالارفتن فشاربطورانومایک عمل نموده وبخارات رااز توربین خارج می کندوازانهدام توربین ممانعت می شود.که دربعضی ازمواقع پس ازعمل کردن این ولوبه دلیل ورودذرات جامدبین قطعات اب بندی شیرازاب بندی می افتدوباعث هدررفتن بخارمی شودکه اجباراًبایدبازوبه کارگاه ارسال گرددوعلت عمل کردن ان مشخص وپیگیری شود.

نازل یاشیپوره Nozzle

بخار از طریق لاین ورودی واستاپ ولووگاورنرولو وارد محفظه Steam Chest می شودوپس ازگرفته شدن نوسانات فشار ازطریق نازل ها بخار انبساط پیدا می کندوانرژی پتانسیل ان به انرژی جنبشی تبدیل می شودو وارد توربین می شود و انرژی نهفته شده در بخار به انرژی مکانیکی تبدیل می شودو سپس بخار ازطریق نازل خروجی توربین ، توربین را ترک می کند.

وظایف نازل ها

نازل هامعمولا درتوربین های صددرصدضربه ای برای تبدیل انرژی فشاری به انرژی جنبشی مورداستفاده قرارمی گیرندولی درتوربین های عکس العملی یا درمراحل بعدی توربین های ضربه ای پره های ثابت یاپره های هدایت کننده عمل تبدیل انرژی را برعهده دارند که ساختمان وطرزکارانهانیزبانازل ها متفاوت است ودرصفحات بعدموردبحث قرارمی گیرند.

بطورکلی وظایف نازل ها شامل:

۱-تبدیل کردن انرژی فشاری وپتانسیل بخاربه انرژی جنبشی .

۲-اجازه دادن به جریان بخاروخروج ازمحفظه بخاربه سمت رتورکه دراثراختلاف فشارانجام می شود.

۳- جریان بخار را به سمت پره های توربین هدایت می کند.

انرژی جنبشی بخار باعث چرخش پره های متحرک و درنتیجه چرخش دیسک و شافت توربین وتولید کار مکانیکی می شود.

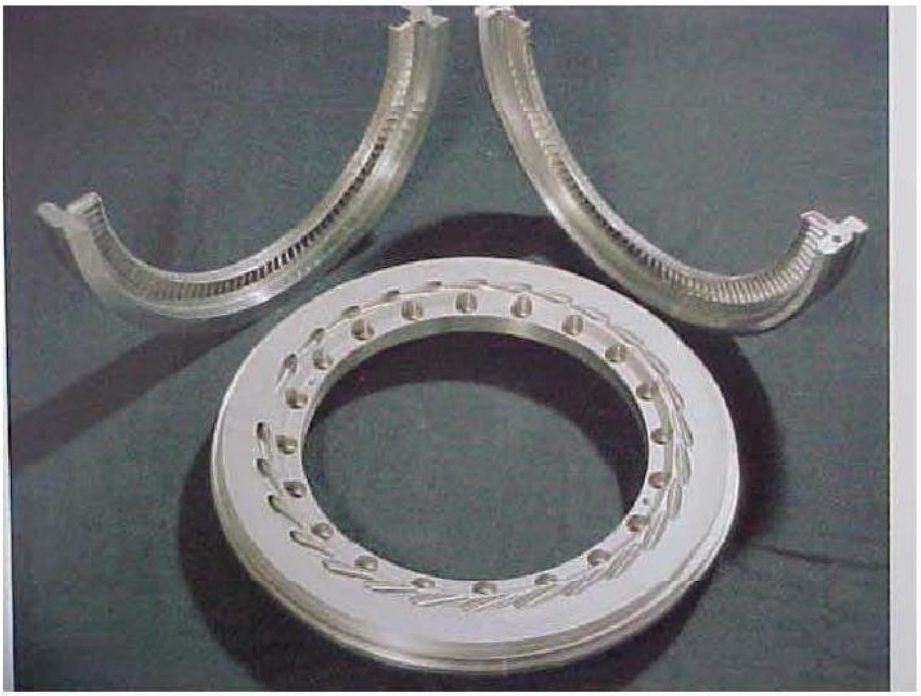
نازل ها شیپوره های همگرا واگرائی هستندکه دارای سطوح صاف وصیقلی وازجنس های سخت ساخته می شوندکه قدرت تحمل درجه حرارت وسایش راداشته باشند.

درتوربین های بخارنازل ها به دوصورت طراحی وساخته می شوند:

الف-بصورت تکی که دراین نوع طراحی نازل ها بصورت جداگانه ساخته می شونددرموقعیت وزاویه مناسبی ازطریق Holderهای مربوطه روی بدنه Steam Chest پیچ می شوندکه ازاین طراحی درتوربین های کوچک بخصوص توربین های نوع Bucket Typeکه تعدادنازل های انها محدوداست استفاده می شود.

ب-بصورت مجموعه ای که این نوع طراحی معمولادرتوربین های بزرگ که نیازبه تعدادزیادی نازل دارند استفاده می شود.

درزیرشمائی ازیک نازل رینگ نشان داده شده است.



نازل های بافرم شکل و زاویه مطلوب بابار برداری از روی رینگ های فلزی که بصورت دونیم دایره می باشند و به انهاNozzle Ringگفته می شوداستفاده می شودوروی جداره محفظهSteam Chest توسط پیچ بسته می شودوازلحاظ مونتاژودمونتاژنیزنسبت به نازل های تکی بسیارراحت تر است.

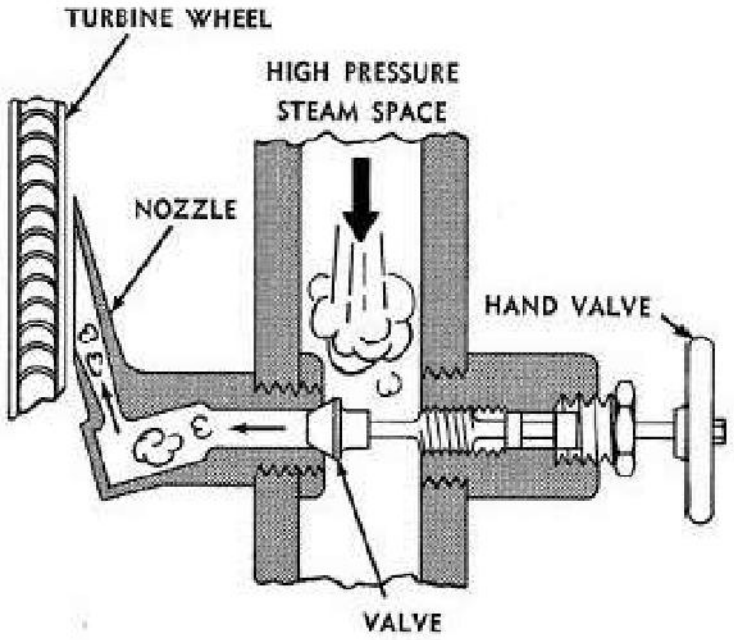
نازل ها ازلحاظ عبورجریان بخار به دو دسته تقسیم می شوند :

الف – نازل های اصلی که همیشه درسرویس قراردارند.

ب – نازل های کمکی که با نازل و لوها در سرویس می آیند.

نازل ولوها Nozzle Valve

بانازل ولوها می توان مسیرنازل ها رابازیابسته نمودومقداربخارواردشده به پره های متحرک یا به عبارت دیگرتوان توربین راکم یازیادنمود.زیراتوربین های بخاربرای رنج تقریبا وسیعی از قدرت ساخته می شوندوبابازوبسته کردن تعدادنازل ها می توان قدرت توربین راتغییرداد .دراکثرتوربین های کوچک که نازل های تکی دارندنازل ولوها فقط مسیریک نازل رابازوبسته می کندولی درتوربین های بزرگ که تعدادنازل های انها زیاداست ونازل هادرنازل رینگ تعبیه شده اندموقعیت قرارگیری نازل ولوهابه گونه ای است که بابازوبسته کردن یک عددنازل ولوهم زمان چندین نازل بازیابسته می شوند.



بسته به توان موردنیازبرای توربین تعدادنازل های درسرویس بایدطوری بازباشدکه افت فشاربخاردرداخل گاورنرولودرحدمینیمم باشددرغیراین صورت مصرف بخارافزایش پیداخواهدکرد.به عبارت دیگردرمواقعی که توربین باحداکثرظرفیت کارنمی کندیادرمواقعی که فشاروروی بخارکم باشدیاتوربین درشرایط اضافه بارباشدبرای بالابردن راندمان توربین از نازل ولوهااستفاده می شودالبته نازل ولوهارانبایدبصورت نیمه بازقراردادزیراعلاوه برایجادافت فشارباعث Erossionوسایش سطوح اب بندکننده انهامی شودبه این دلیل نازل ولوهابایدبصورت کاملابازیاکاملابسته باشند.

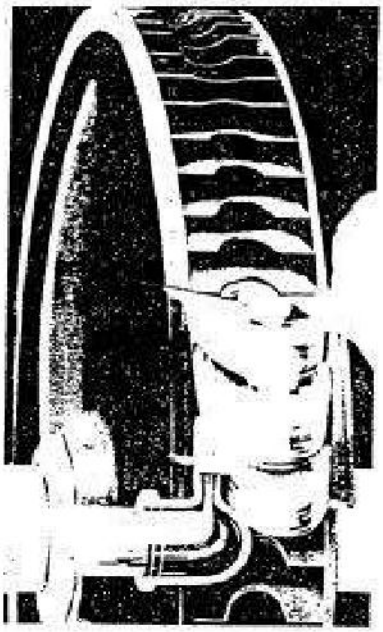
نکته مهم: قبل ازدرسرویس قراردادن توربین (وقتی توربین سرداست)نازل ولوها نبایدبطورکامل ومحکم بسته شوندزیرادراثرگرما بدنه توربین منبسط می شودوباعث جام شدن ولومی شودو بازکردن ا ن درحالت گرم مشکل می شود.

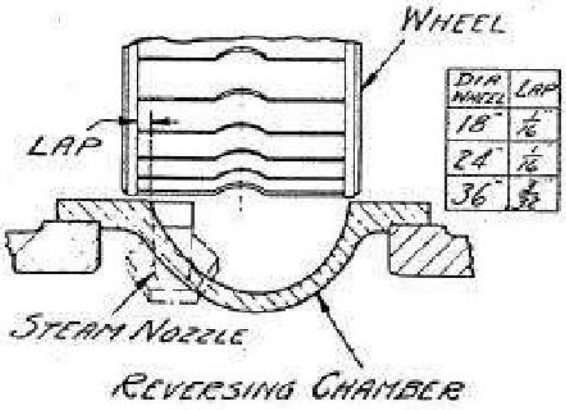
رتور توربین

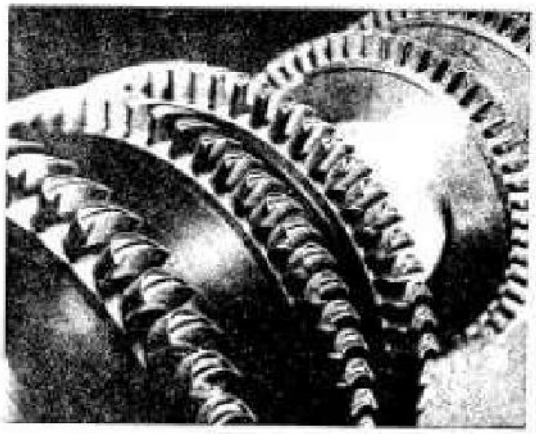
رتورتوربین شامل محور,پره های متحرک,کوپلینگ وسیستم تحریک کننده Over Speed است که بر روی محورShaftسوارمی شوندوعملیات تبدیل انرژی جنبشی وفشاری به انرژی مکانیکی دورانی وانتقال ان به محورماشین گردنده رابرعهده دارد.

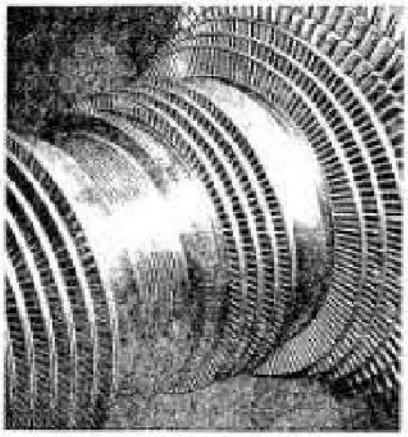
مهم ترین قسمت رتورمجموعه پره های متحرک است که عمل تبدیل انرژی جنبش را به انرژی مکانیکی یادحرکت دورانی انجام می دهند.بسته به طراحی ونوع تبدیل انرژی درتوربین های بخارازپره های متعددی استفاده می شودکه درزیربه چندنمونه ازانهااشاره می شود:

الف-پره های نوعBucketشعاعی که این نوع پره هاکه بارتوربصورت یک پارچه ساخته می شونددرداخل رتورگودی هائی تعبیه شده است که بابرخوردبخاربصورت تقریباشعاعی به انها باعث حرکت رتورمی شود.این نوع پره هامعمولادرتوربین های نوع ضربه ای یک مرحله ای استفاده می شودوحسن انهابه این است که به غیرازمحدوده نازل ها فاصله محوری رتوروبدنه انهازیاداست واحتمال برخوردوتماس قطعات کمترمی شودالبته ازلحاظ فاصله شعاعی بسته به قطررتورمحدودیت وجوددارد که درشکل صفحه بعدنشان داده شده است..

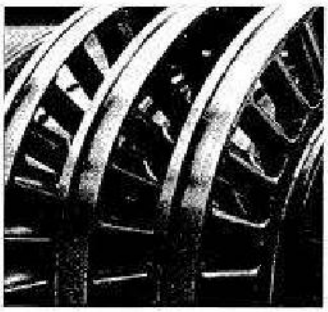




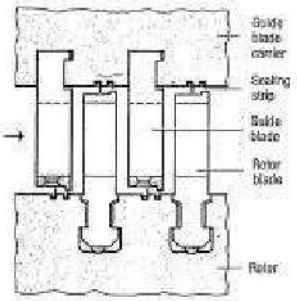


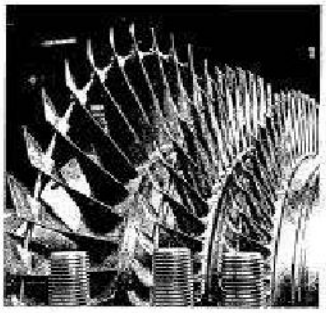


ب-پره های نوع جریان مماسی وجریان محوری که دراین نوع توربنها تیغه های متحرک بصورت جداجداساخته شده اندوازطریق شیارهائی روی توربنصب می شوندکه هزینه های ساخت انهاخیلی بالاست ولی ازلحاظ راندمان وکارائی نسبت به نوع قبلی خیلی مناسب ترمی باشندوجریان بخارازروی انهابصورت محوری می باشدودرتوربین های یک مرحله ای وچندمرحله ای قابل استفاده هستندولی برخلاف پره های قبلی وجوددرسوبات وناصافی ها روی سطوح انهامی تواندباعث کاهش راندمان شود.



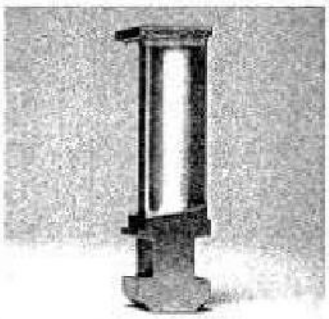
Rotor drum stage blading with integral shrouding



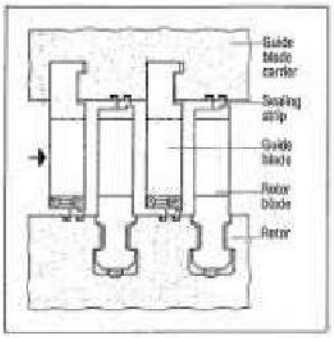


Last stages of a condensing turbine

ج-پره های نوع عکس العملی که شامل تیغه های بلندی هستندکه باپیچش وپروفیل خاصی طراحی می شوندروی محورموتازمی شوندوسطح نسبتازیادانباباعث عدم تاثیررسوبات روی انیامی شودولی چون درمراحل فشاریاین توربین نصب می شوندمشکل Erosionپیدامی کنندوبه دلیل اختلاف فشاردوطرف پره های متحرک نیازبه اب بندی لبه های پره هاسبب به بدنه است که درشکل های زیرنشمانی ازانباشان داده شده است.

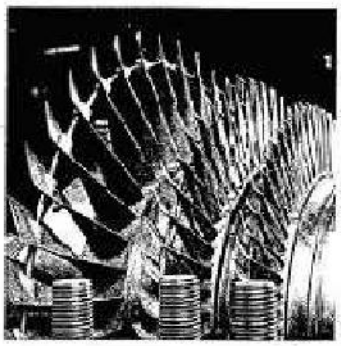


Cylindrical moving blade with T-root and integral shroud



Blade tip sealing

Fir-tree root of a moving blade of the last condensing stage



Last stages of a condensing turbine

رتورها معمولا ازاین لحاظ در دودسته زیرطبقه بندی می شوند:

۱ رتورهای سخت Rigid Rotor

۲-رتورهای نرم Flexible Rotor

هررتوریامکانیزمی بسته به خواص فیزیکی ومکانیکی ان دارای یک فرکانس طبیعی است که وقتی تحریک می شودبان فرکانس مرتعش می شودودرصورتی که فرکانس ارتعاشات اجباری بافرکانس طبیعی رتوربرابر شودباعث تشدیدشدن ارتعاشات می شودکه به این دوردوربحرانی یا Critical Speed گفته می شودکه ازلحاظ تئوری ارتعاشات دراین دور به سمت بی نهایت میل می کندکه می تواندبرای رتورودستگاه بسیارخطرناک باشد.به رتورهائی که دوربحرانی Critical Speed انهابالای دورکاریشان انهاباشدربورسخت Rigid گفته می شودوبه رتورهائی که دوربحرانی انهازیردورنامی یا کاری انهاباشدرتورهای نرم یا Flxible گفته می شود.دراین رتورها درحین افزایش دوردستگاه بایدازمحدوده دوربحرانی عبورکندکه بایددقت لازم انجام شودکه به هیچ وجه رتوردرمدت زمان زیاد دردوربحرانی قرارنگیردکه می تواندباعث افزایش ارتعاشات وخرابی قطعات گردد.

دیافراگم ها Diaphragm

دیافراگم ها صفحات دایره ای شکلی هستندکه نیمی ازانهادربدنه بالائی ونیمه دیگرانهادربدنه پایینی دربین مراحل مختلف توربین های چندمرحله ای Multistage نصب می شودوچندین عمل مهم راانجام می دهند:

۱-جداکردن مراحل مختلف توربین ازیکدیگر.

۲- محل قرارگیری پره های هدایت کننده به منظورجهت دادن به بخار.

۳- محل قرارگیری اب بندهای داخلی برای جلوگیری ازنشتی های داخلی.