

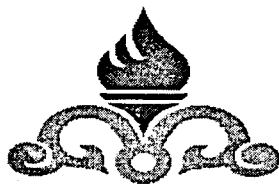
به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com





شرکت ملی نفت ایران

شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب

مرکز آموزش فنون شهید مجدزاده

اصول دستگاهها و طرز کار توربین های احتراقی گازی



تهیه و تنظیم: قسمت آموزش مکانیک و توربین

بازنگری: مهرماه ۱۳۸۵

مقدمه:

این کتاب راجع به توربینهای احتراقی گازی بطور عمومی نوشته شده است. هر یک از توربینهای احتراقی گازی که در صنایع نفت و گاز ایران مورد استفاده قرار گرفته‌اند، دارای کتابچه راهنمای مخصوص از نقطه نظر عملیات و تعمیرات میباشند. اعداد و ارقامی که در بعضی از مطالب این کتاب ذکر شده عمومی بوده و برای توربین بخصوص نمیتوان آنرا بکار برد.

واحد آموزش توربین

شماره	فهرست	صفحه
۱	توربین گازی	۱
۲	توربینهای احتراقی گازی	۲
۳	طرز کار کمپرسور در توربین احتراقی گازی	۴
۴	طرز کار محفظه احتراق	۷
۵	ساختمان توربین احتراقی گازی	۱۰
۶	ساختمان کمپرسورها در توربین احتراقی گازی	۱۰
۷	ساختمان محفظه احتراق	۱۲
۸	ساختمان محور چرخنده توربین	۱۶
۹	توربین ضربه‌ای	۱۸
۱۰	توربین عکس‌العملی	۲۰
۱۱	توربینهای دو محوری	۲۲
۱۲	دستگاه مولد گاز داغ	۲۳
۱۳	ملحقات و دستگا‌های کمکی	۲۵
۱۴	شیر تنظیم سوخت	۲۶
۱۵	دستگاه‌ها زکار انداختن توربین در دور بیش از حد	۳۴
۱۶	نشت بندهای بدنه	۳۷
۱۷	یاطاق‌ها	۳۹
۱۸	دستگاه گردش روغن برای روغنکاری	۴۳
۱۹	کنترل یکپ‌توربین احتراقی گازی در وقت کار کردن	۴۶

شماره	فهرست	صفحه
۲۰	کنترل حرارت گاز داغ	۴۷
۲۱	اندازه گیری و کنترل درجه حرارت	۴۹
۲۲	اثرات حرارت فوق العاده	۵۰
۲۳	"CREEP" بمرورکش آمدن تیغه ها	۵۱
۲۴	اثرات حرارت غیریکنواخت	۵۳
۲۵	(TURNING GEAR) دستگای چرخاننده محور توربین	۵۴
۲۶	لرزش	۵۵
۲۷	سرعت بحرانی CRITICAL SPEED	۵۸
۲۸	بیکار انداختن و کارکردن توربین	۵۹

توربین گازی:

یک توربین گازی عبارت است از دستگاهی که در آن ماده‌ای که سبب حرکت درآمدن آن می‌گردد گاز است، مثل بخارات قابل تبدیل شدن به مایع در توربین بخار یا آب در توربین‌های آبی توربین‌های گازی در ردیف انجین‌های حرارتی طبقه‌بندی شده است، مثل یک انجین گازی یا درون سوز، در حقیقت هر انجین که انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل کند ممکن است که جزو انجین‌های حرارتی بشمار آید.

هر جسم متحرک دارای انرژی یا قادر بانجام کاری است با آزمایش‌های زیاد روزانه این موضوع ثابت می‌شود، جریان آبی که از لوله لاستیکی آتش‌نشانی خارج می‌شود اگر مستقیماً به شیشه پنجره‌ای برخورد کند ممکن است باعث شکستن شیشه گردد، و قتیکه گاز با سرعت از انتهای هواپیما خارج می‌شود، هواپیما را بجلو میراند، بهمین نحو توربین گازی باعث می‌شود که گاز در آن منبسط شده و به سرعت زیاد برسد و سپس این انرژی سرعتی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود.

توربین‌ها در صنایع نفت و گاز:

توربین‌هاییکه در صنایع نفت و گاز ایران برای چرخاندن تلمبه‌های نفتی و ژنراتورهای برق و کمپرسورهای گازی مورد استفاده هستند، میتوان آنها را به سه دسته تقسیم کرد.

۱- توربین‌های بخار آب:

"STEAM TURBINES" توربین‌های بخار آب قدیمی‌ترین توربین‌ها در صنعت نفت جنوب می‌باشند و نمونه‌هایی از این نوع در تلمبه‌خانه تقویتی دارخوین بین اهواز و آبادان موجود است و از نیروی بخار آب برای حرکت در آوردن توربین‌ها استفاده می‌شود و از نقطه‌نظر اینکه احتیاج به دیگ بخار و وسائل دیگر و مخارج زیاد برای نگهداری آنها دارد، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۲- توربین‌های گازی انبساطی:

"GAS EXPANSION TURBINE" توربین‌هایی که گاز طبیعی با فشار و حرارت معین وارد توربین شده به تیغه‌ها برخورد کرده و سبب چرخش توربین می‌شود و این توربین‌ها بعلت مصرف زیاد گاز طبیعی مقرون بصرفه نیستند، نمونه‌ای از این توربین بنام آلن (ALLEN GAS EXPANSION TURBINE) در بهره‌برداری شماره ۲ اهواز موجود است.

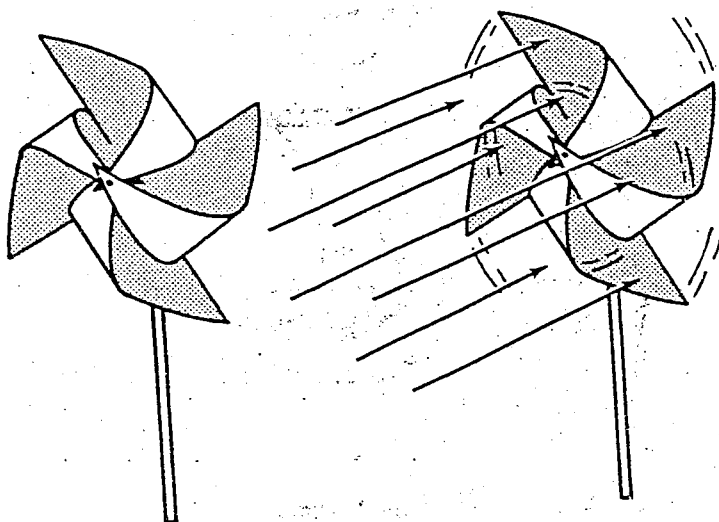
۳- توربین‌های احتراقی گازی:

(GAS COMBUSTION TURBINES)، که در این توربین‌ها مقداری گاز طبیعی و هوای فشرده در محفظه احتراق می‌سوزد و در اثر سوختن و حرارت ایجاد شده حجم گاز زیاد می‌شود و گاز با حجم زیاد و فشار و درجه حرارت معین به تیغه‌های توربین برخورد کرده و سبب چرخش توربین می‌شود.

توربین‌های احتراقی رستون، سلار، ورکسپور و براون نمونه‌های توربین‌های احتراقی موجود در صنایع نفت و گاز می‌باشند.

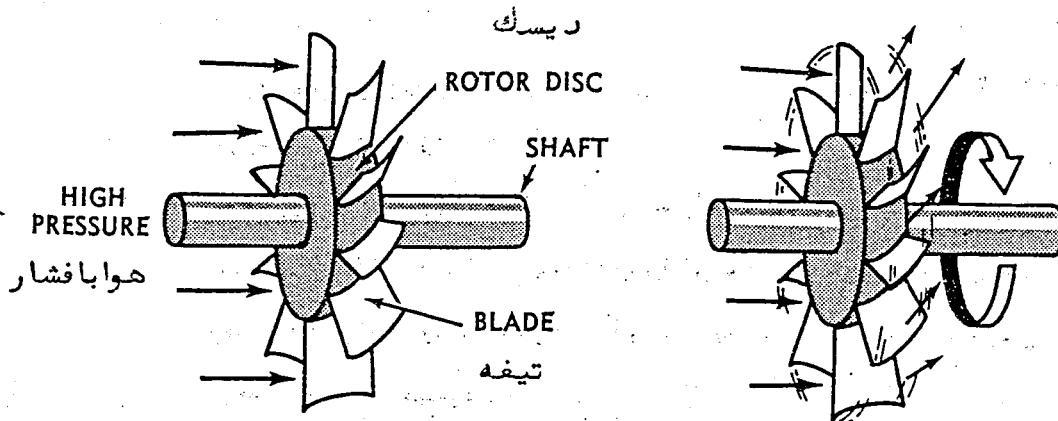
توربین‌های احتراقی گازی:

یک فرفره کاغذی را هر گاه در مسیر جریان هوا قرار دهیم شروع بدوران مینماید، فرفره در حقیقت انرژی جنبشی هوا را می‌گیرد، چرخش توربین مثل حرکت دورانی فرفره کاغذی یکنوع انرژی مکانیکی است. (شکل ۱)



شکل (۱)

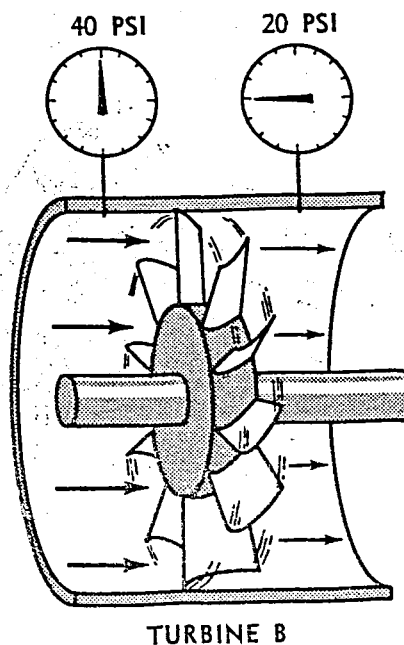
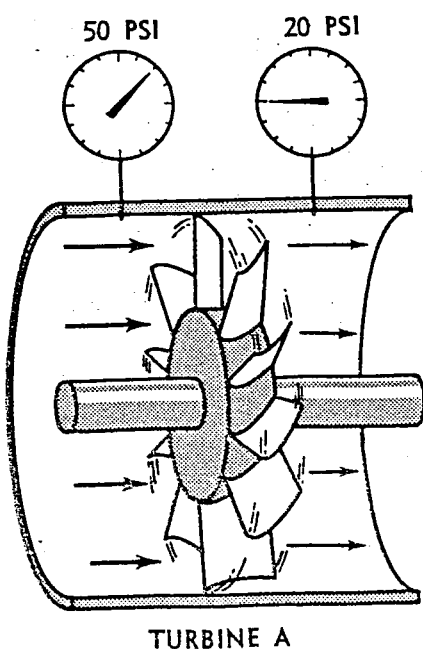
انرژی هوا تبدیل به انرژی مکانیکی شده است .



فشار هوا در یک طرف دستگا ه چرخنده توربین (TURBINE ROTOR) با لامیرود و فشار هوای سریع بر روی تیغه های (BLADES) منحنی شکل که روی دستگا ه چرخنده قرار دارند اثر کرده و محور را بچرخش درمیآورد ، باید توجه داشت که برای چرخاندن تیغه ها ، هوا باید حرکت داشته باشد . انرژی فشار هوا به انرژی جنبشی هوای متحرک تبدیل شده و در نتیجه محور چرخنده توربین ————— بحرکت درمیآید و انرژی هوای سریع تبدیل به انرژی مکانیکی در توربین میگردد .

رتور (ROTOR) شامل :

- ۱ - محور SHAFT
- ۲ - صفحه مدور DISC
- ۳ - تیغه ها BLADES میباشد .



فشار هوای ورودی بیشتر از فشار هوای خروجی است و هرچه رتور نیروی بیشتری از هوا را بگیرد فشار گاز خروجی کمتر میشود و اختلاف فشار ورودی و خروجی مبین مقدار نیرو یا انرژی منتقل شده به محور چرخنده توربین است (شکل ۳).

توربینی که فشار هوای ورودی آن بیشتر است دارای قدرت بیشتری است، اگر دو توربین فشار خروجی یکسانی داشته باشند آنکه فشار ورودیش بیشتر است قدرت زیادی دارد، هرگاه دو توربین فشار ورودی یکسان داشته باشند آنکه فشار خروجی کمتر دارد، نیروی بیشتری جذب کرده است، هوای خروجی توربین احتراقی معمولاً "وارد" میشود.

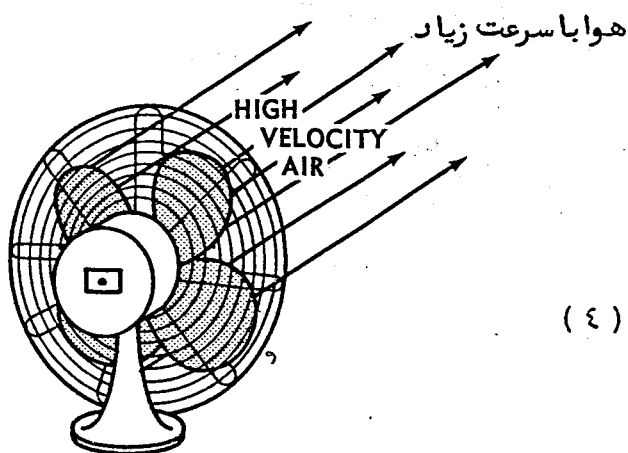
فشار خروجی برای اغلب توربین‌های احتراقی در حدود $14/7$ پوند بر اینچ مربع میباشد.

فشار ورودی توربین باید بیشتر از $14/7$ پوند بر اینچ مربع باشد.

کمپرسور COMPRESSOR

کمپرسور جهت فشردن هوا بکار میرود و باعث میشود که هوا با فشار زیاد به داخل توربین برانده شود.

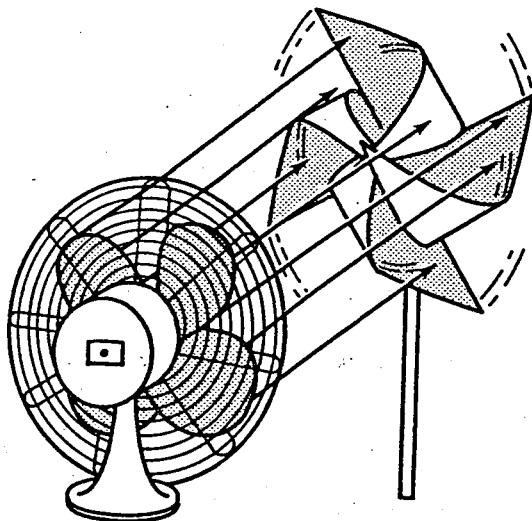
یک کمپرسور تقریباً "شبه پمپ برقی" کار میکند.



شکل (۴)

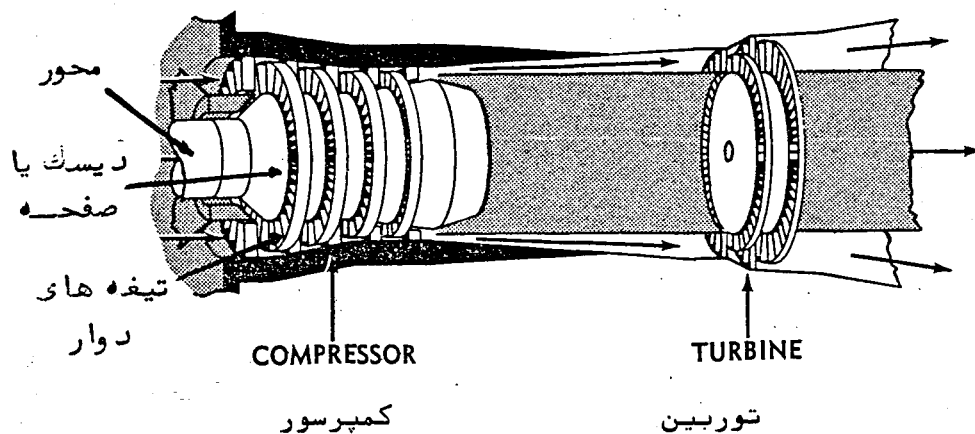
یک توربین گازی ساده شامل یک کمپرسور و یک توربین می باشد. کمپرسورها با فشار زیاد جهت توربین تهیه می نمایند.

با بزن برقی (شکل ۴)، انرژی هوا را زیاد می کند.



۸

با دبن برقی با انرژی با فشار یا سرعت جهت چرخاندن فرفره کاغذی تامین می کند. (شکل ۵) در شکل شماره (۶) یک کمپرسور افقی یا محوری که در یک توربین احتراقی است نشان می دهد.

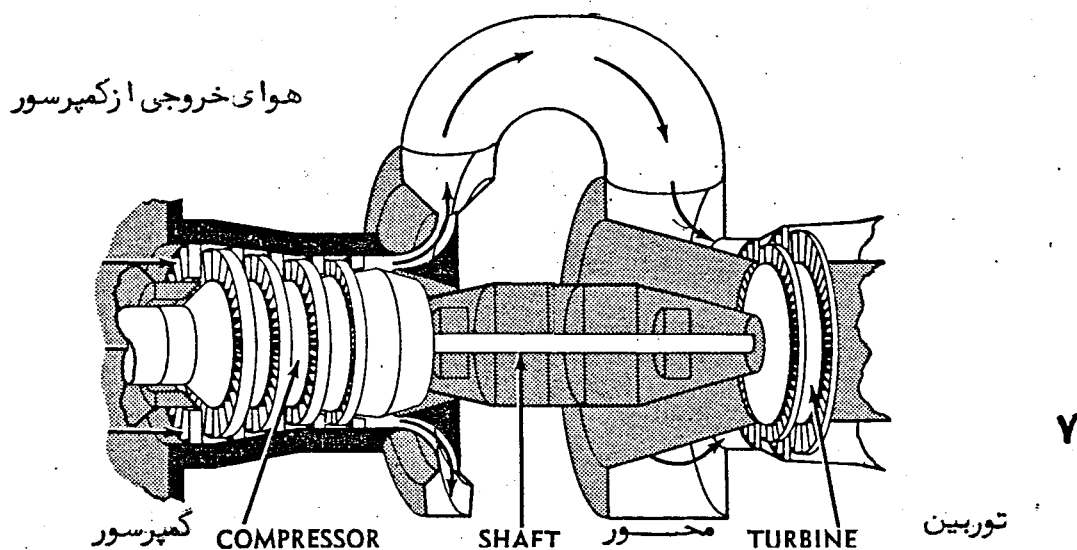


شکل (۶)

تعداد تیغه‌های دوار (ROTATING BLADES) که بر روی صفحه قرار دارند باعث جلوراندن هوا بطرف توربین میگردند.

نظربه اینکه هوا بین کمپرسور و توربین جمع شده و فشارش آنقدر زیاد میشود تا اینکه قادر به چرخاندن توربین گشته و سپس از انتهای توربین خارج میگردد.

هنگامیکه محور چرخنده توربین شروع به دور زدن کند، هوا جریان پیدا کرده و فشارش کم میشود و فشار هوای ورودی توربین بستگی به آن دارد که کمپرسور با چه سرعتی هوا را به داخل توربین میفرستد و با چه سرعتی توربین یا محور چرخنده به آن اجازه خروج میدهد. از انرژی مکانیکی جهت چرخاندن محور چرخنده کمپرسور استفاده میشود.



در شکل شماره (۷) کمپرسور مستقیماً "به محور توربین متصل شده است، توربین محور چرخنده کمپرسور را بحرکت در میآورد و انرژی یا نیروی مورد نیاز جهت چرخاندن کمپرسور را تأمین میکند، کمپرسور باعث فشرده شدن هوا میشود.

در شکل شماره (۷) توربین از هوای فشرده توسط کمپرسور نیرو میگیرد، بهر حال کمپرسور نمیتواند قدرتی بیش از آنچه که از توربین میگیرد تولید نماید.

قسمتی از نیروی توربین در اصطکاک قسمت‌های متحرک هدر میرود. توربین نمیتواند نیروی

کافی از کمپرسور جهت چرخاندن کمپرسور و همچنین جهت نیروی هدر رفته بوسیله اصطکاک بدست آورد، بنابراین مقداری انرژی اضافی باید برای توربین فراهم گردد تا بتواند کمپرسور را چرخانده و جبران نیروی هدر رفته توسط اصطکاک را بنماید و برای سایر عملیات قدرت لازم را داشته باشد.

هرگاه حجم هوا را زیاد کنیم، انرژی آن افزوده میشود، پس هرگاه حجم هوای خروجی کمپرسور را زیاد کنیم، دارای انرژی بیشتری میگردد، در اثر حرارت حجم آن بدون اینکه فشار را بالارود زیاد میشود.

هوای خروجی کمپرسور با دمای حرارت داده شود تا اینکه بتواند انرژی کافی جهت چرخاندن محور چرخنده توربین داشته باشد.

انرژی لازم برای توربین بوسیله افزودن فشار و حجم هوا تا مین میشود.

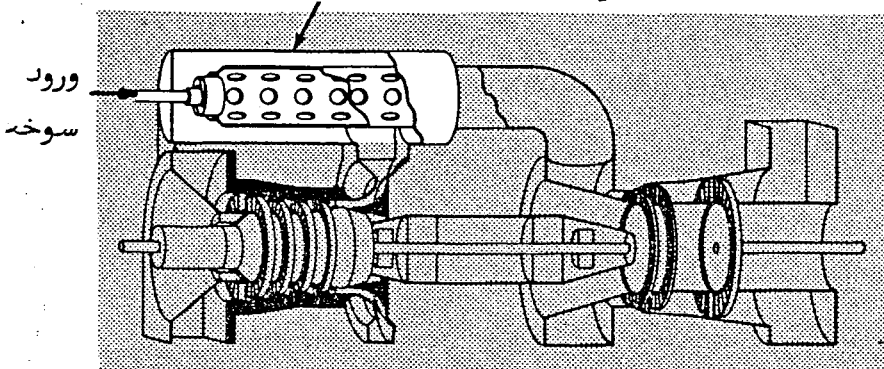
THE COMBUSTION CHAMBER

محفظه احتراق

در توربین احتراقی گازی انرژی اضافی بوسیله سوخت تامین میشود.

COMBUSTION CHAMBER

محفظه احتراق



شکل (۸)

شکل شماره (۸) محفظه احتراق محلی است که سوخت در آن وارد شده و با هوای خروجی از کمپرسور مخلوط شده و میسوزد و در اثر سوختن درجه حرارت هوا با لامپ و در نتیجه حجم هوا به نسبت زیادی منبسط میشود، هرگاه به یک محفظه بسته حرارت داده شود در اثر انبساط گازهای داخل محفظه فشارش با لامپ و دولی چون در توربین های احتراقی، محفظه احتراق به تیغه های توربین راه دارد و بنا بر این فشار در محفظه احتراق بالا نمیرود.

فشار در محفظه احتراق به سه عامل بستگی دارد :

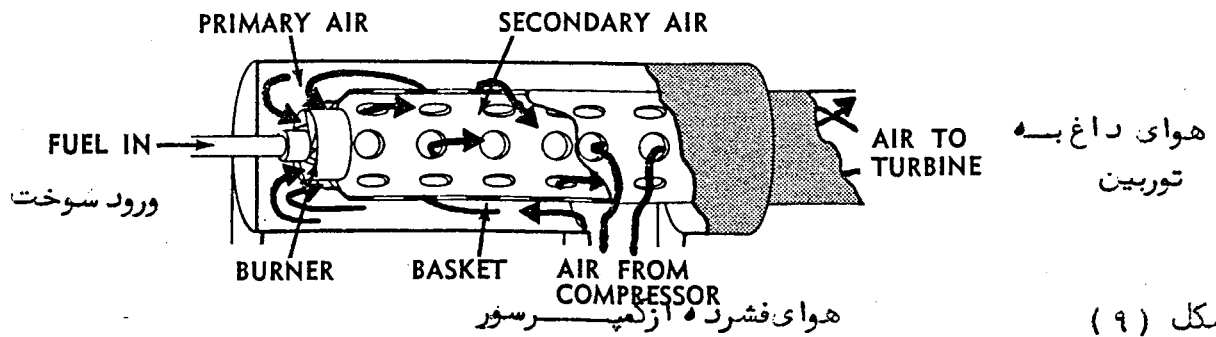
- ۱ - سرعت هوا که از کمپرسور وارد محفظه احتراق میشود.
 - ۲ - انبساط هوا در اثر جذب حرارت از سوختن ماده سوختنی.
 - ۳ - سرعت هوای داغ که از محفظه احتراق خارج شده و به محور چرخنده جریان پیدا میکند.
- بنابراین هرچه حجم و فشار هوا بیشتر باشد، توربین نیروی بیشتری جهت چرخش کمپرسور تولید میکند، پس در اثر افزایش حجم هوا در محفظه احتراق هوا انرژی زیادی^ی تر کسب کرده و از این نیرو برای جبران اصطکاک، چرخش کمپرسور و قسمت های چرخنده دیگر توربین استفاده میشود.

جریان هوا و گاز داغ در یک توربین احتراق گازی ساده

هوای سرد از طریق مجرای ورودی کمپرسور، بدرون آن کشیده میشود (فشار ۱۴/۷ آتمسفر و درجه حرارت محیط) محور چرخنده کمپرسور از چند ردیف تیغه های کمبروی صفحه های قرار دارند و شبیه تیغه های چرخنده توربین هستند تشکیل شده است.

در کمپرسور هوا فشرده شده، در نتیجه حجم هوا کم میشود و درجه حرارت هوا بالا میرود، بنا بر این یک پوند هوای خروجی کمپرسور جای کمتری را اشغال میکند تا یک پوند هوای ورودی .

هوای گرم فشرده شده از کمپرسور خارج گشته و به محفظه احتراق هدایت میشود شکل شماره (۹)



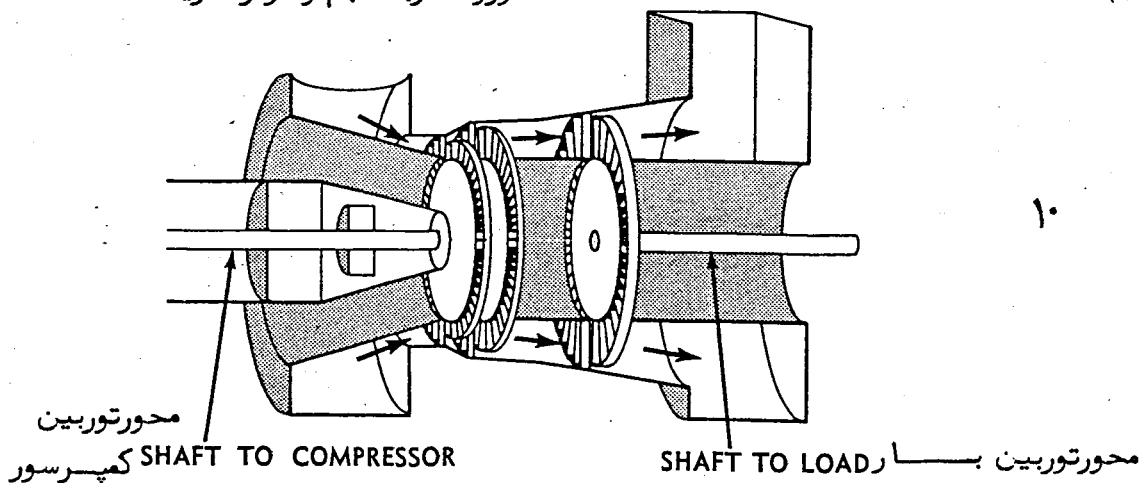
شکل (۹)

در محفظه احتراق گاز سوخت یا مواد سوختنی با هوای فشرده مخلوط شده و شعله ور میگردد در اثر سوختن مواد سوختنی، درجه حرارت هوا بالا میرود و با ازدیاد درجه حرارت حجم هوا بسیار زیاد میگردد.

پس گرمای حاصل از مواد سوختنی باعث ازدیاد درجه حرارت و حجم هوا میگردد، ولی چون محفظه احتراق به تیغه های توربین راه دارد فشار هوا بالا نمی رود، پس هوا با حجم و حرارت زیاد و فشار کمین از محفظه احتراق خارج شده و به تیغه های توربین هدایت میشود.

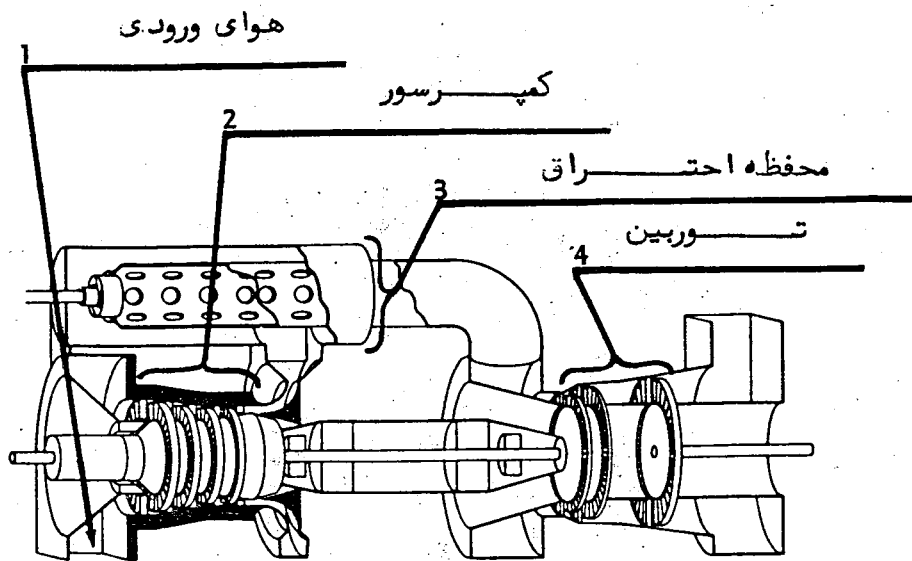
ورود گاز با حجم و حرارت زیاد

شکل شماره (۱۰)



همانطوریکه در کمپرسور و تکیه هوا از بین تیغه های متحرک و ثابت میگذشت. فشارش بالا میرفت، در توربین عمل عکس انجام میگردد، یعنی هوای فشرده با حجم و حرارت زیاد به تیغه ها برخورد کرده و پس از اینکه تیغه های متحرک را با حرکت درآورد از فشارش کم میشود و در نتیجه توربین نیروئی بیش از آنکه مورد لزوم کمپرسور است ایجاد مینماید.

زیرا هوای فشرده که به تیغه‌های توربینی برخورد میکند حجمش بمراتب زیادتر از هوایی است که از کمپرسور خارج میشود.
خلاصه‌ای از مطالب گذشته :



شکل (۱۱)

قسمت‌های مختلف توربین‌های احتراقی :

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| ۱. AIR INLET | ۱ - محفظه هوای ورودی |
| ۲. AIR COMPRESSOR | ۲ - کمپرسورها |
| ۳. COMBUSTION CHAMBER | ۳ - محفظه احتراق |

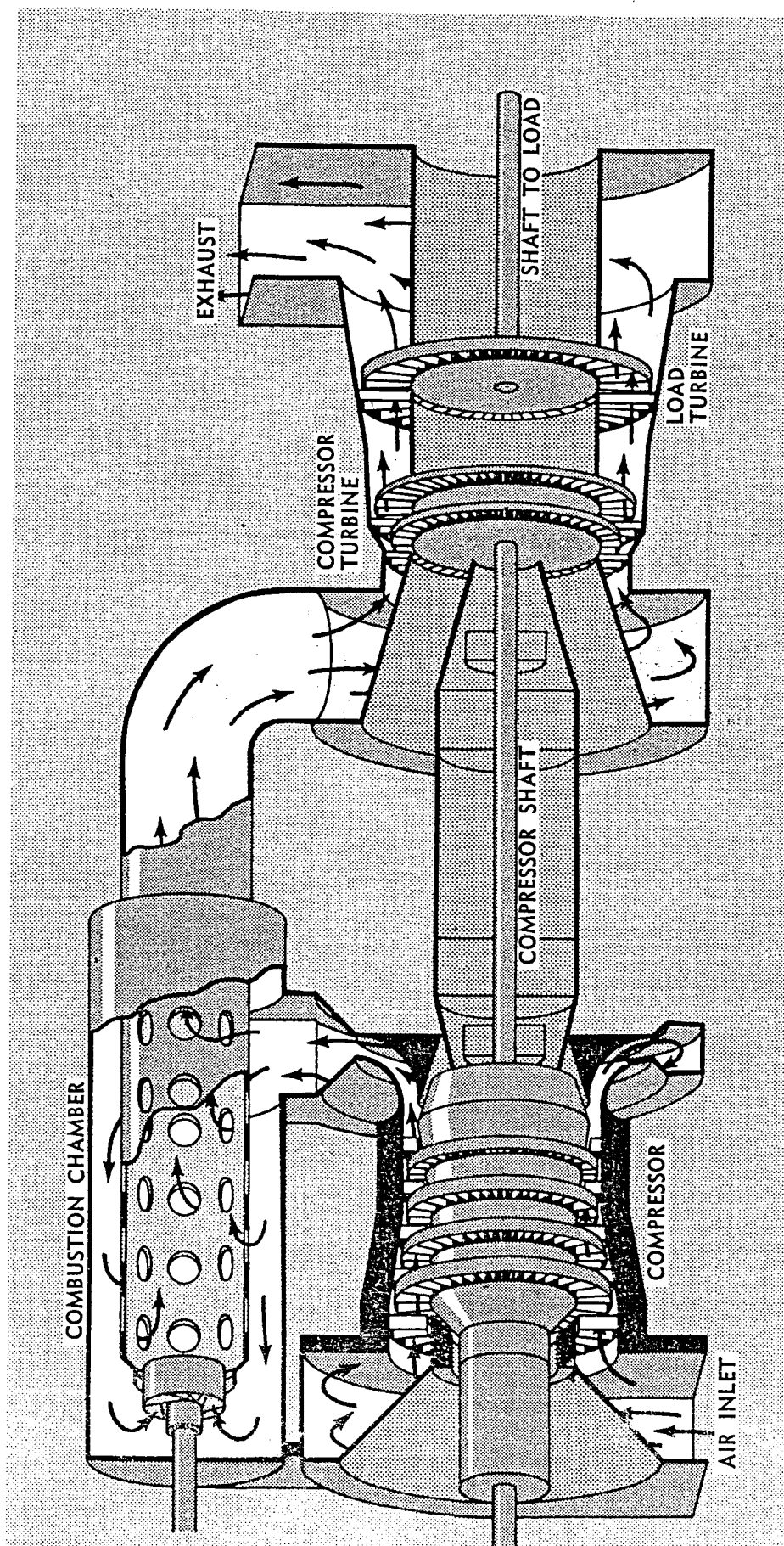
در قسمت کمپرسور فشار هوا زیاد میشود.

در قسمت توربین فشار هوا داغ کم میشود.

در قسمت محفظه احتراق فشار ثابت میماند.

برای اینکه محور چرخنده توربین را با حرکت درآورد با ید هوای با فشار زیاد تبدیل به هوا با سرعت زیاد گردد، سرعت زیاد هوا باعث میشود که دستگای چرخنده توربین (TURBINE ROTOR) دوران نماید و در نتیجه حرکت دورانی محور چرخنده توربین تولید انرژی مکانیکی میکند.

EXHIBIT 1

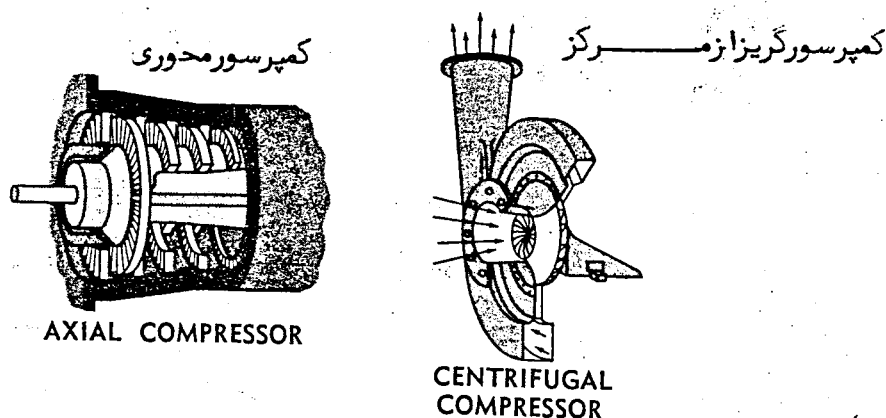


ساختمان توربین احتراقی گازی

کمپرسور :

معمولاً "توربینها در سرعت زیادتر، راندمان بیشتری دارند، بنا براین کمپرسور هم باید با سرعت زیاد بچرخد تا هوای بیشتری فشرده کند.

شکل شماره (۱۲) دو نوع کمپرسور هوا با سرعت زیاد که در توربینهای احتراقی گازی بکار میروند نشان میدهد.



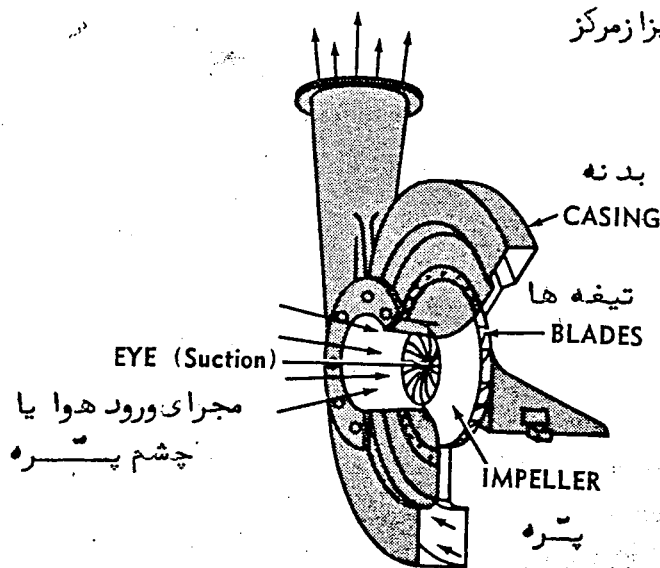
شکل (۱۲)

کمپرسور محوری یا افقی (شکل ۱۲) از تیغه‌های ثابت و تیغه‌های متحرک (که روی دیسک‌ها که روی محور هستند تعبیه شده‌اند) تشکیل شده است، در حین حرکت دورانی کمپرسور سرعت هوا بوسیله تیغه‌های متحرک زیاد شده و تیغه‌های ثابت سرعت زیاد شده را تبدیل به فشار میکنند.

چون در این نوع کمپرسور هوا در مسیر محور جریان دارد بنا بر این کمپرسور محوری خوانده میشود. پس هر صفحه از دستگیره چرخنده کمپرسور باعث می‌گردد که مقدار کمی بفشار هوا افزوده شود در وقتیکه هوا گرم میشود، در اثر گرما منبسط شده و نیروی بیشتری توسط کمپرسور برای فشردن آن لازم است.

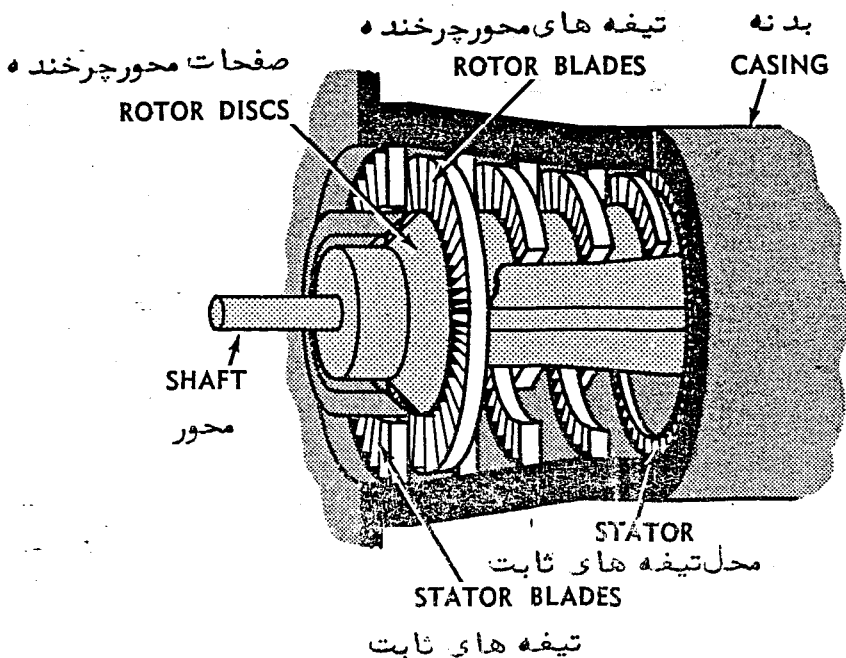
هر قدر هوای ورودی کمپرسور خنک تر باشد، کمپرسور هوای بیشتری را فشرده می‌کند یک کمپرسور محوری ممکن است تا بیست صفحه دوار (دیسک) داشته باشد.

نوع دوم کمپرسور گریز از مرکز است که در شکل (۱۳) کا ملتر نشان داده شده است .



شکل شماره ۱۳

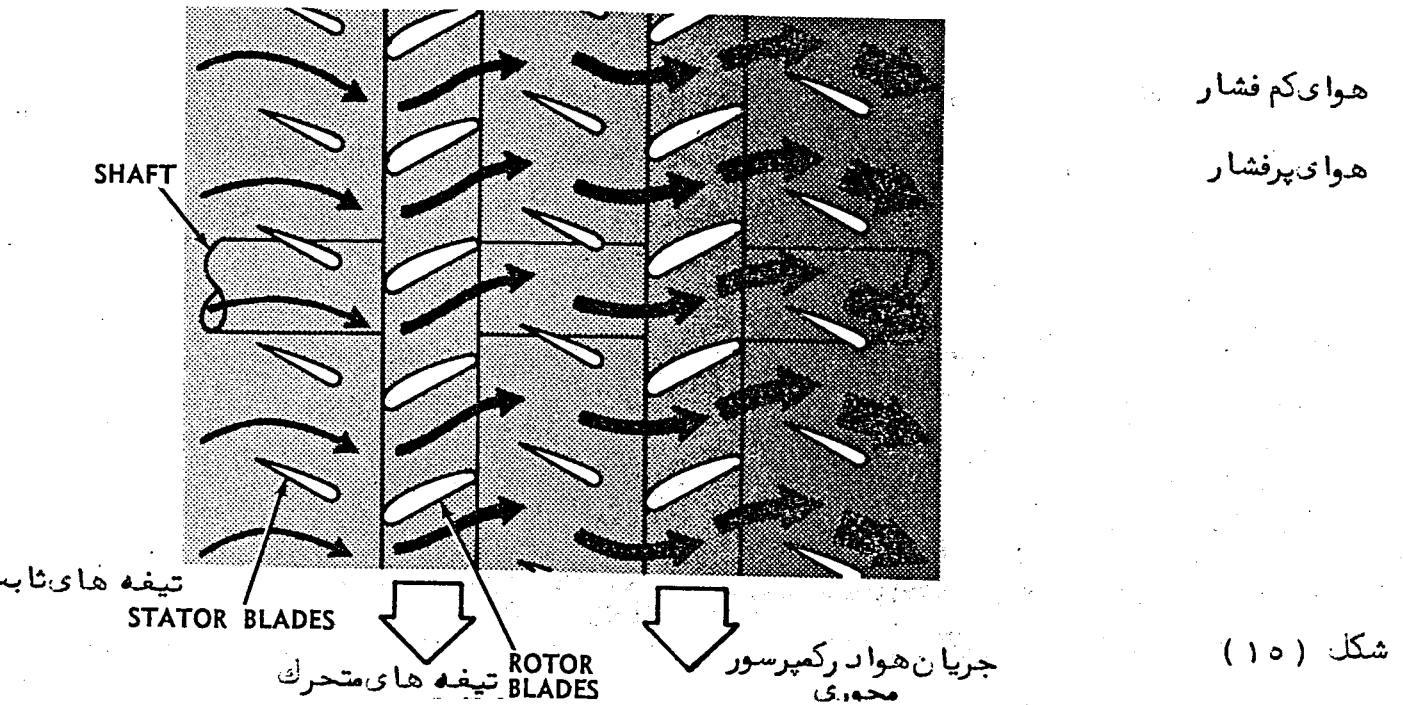
در این نوع کمپرسور هوا از مجرای ورود یا چشم پره بموازات محور کمپرسور وارد شده و از محیط پره با زاویه قائمه نسبت به محور خارج میشود . در وقتی که پره در حال دوران است ، هوا از راه ورودی یا چشم پره مکیده شده و در اثر نیروی گریز از مرکز ، سرعت آن زیاد شده و به بدنه خروجی کمپرسور که به شکل بخصوصی ساخته شده است برخورد میکند و سرعت آن تبدیل به فشار میشود .



کمپرسور محوری

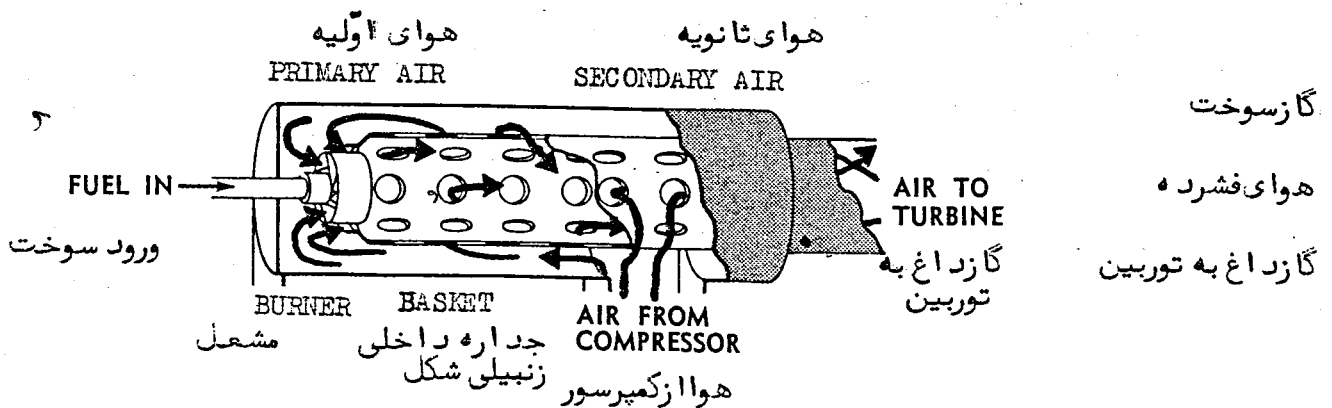
شکل (۱۴)

در شکل شماره (۱۴) یک کمپرسور محوری بطور وضوح دیده میشود.
 شکل شماره (۱۵) جریان هوا در کمپرسور محوری یا افقی مشاهده میشود.

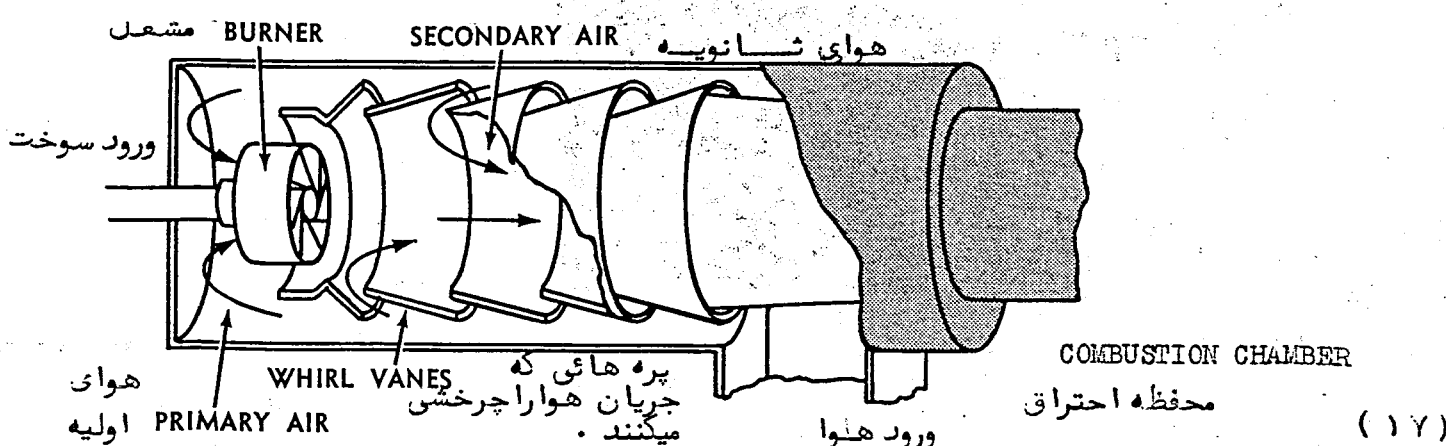


محفظه احتراق COMBUSTION CHAMBER

هوایی که بوسیله کمپرسور فشرده میشود وارد محفظه احتراق میشود، در محفظه احتراق مقدار کمی مواد سوختنی با هوای فشرده مخلوط میشود. (شکل ۱۶).



در اثر سوختن گازها مواد سوختنی حرارت تولید میشود .
 ساختمان محفظه احتراق طوری است که آتش در لایه‌ای از هوا قرار بگیرد و در ضمن هوای زیاد باعث خاموش شدن شعله نگردد . بدین جهت مقدار کمی از هوا از راه سوراخهای نزدیک مشعل (BURNER) با سوخت مخلوط شده و هوای اولیه یا (PRIMARY AIR) نامیده میشود .
 هوای اولیه جهت روشن نگهداشتن سوخت که از مشعل وارد میشود کافی است . هوای ثانویه یا (SECONDARY AIR) از سوراخهای مجرای داخلی زنبیلی شکل (BASKET) وارد میشود که مقدارش نسبت به هوای اولیه به مراتب بیشتر است . (شکل ۱۷) .



از سوراخهای مجرای داخلی (BASKET) وارد محفظه احتراق میگردد و هوای ثانویه بوسیله حرارت حاصل از سوختن گازها با هوای اولیه مخلوط شده گرم میشود و بنا بر این باید هوای مرحله دوم یا ثانویه با هوای اولیه مخلوط شود .
 هرگاه محفظه احتراق دارای طرح خوبی نباشد و هوای ثانویه و هوای اولیه کاملاً مخلوط نشوند و تشکیل توده‌های خیلی داغ گاز دهد ، ممکن است در اثر حرارت زیاد دیواره‌های محفظه و تیغه‌های فلزی آسیب ببینند . در بعضی از محفظه‌های احتراق پره‌هایی که جریان هوا را چرخشی میکنند (WHIRL VANE) به مخلوط شدن هوای ثانویه و اولیه کمک میکنند .

مادامیکه مواد سوختنی و هوا در محفظه احتراق وجود دارد بایستی مشعل روشن بماند .
وجود مقدار زیادی مواد سوختنی و هوا در محفظه احتراق در هنگام روشن کردن مشعل ممکن است
باعث انفجار گردد .

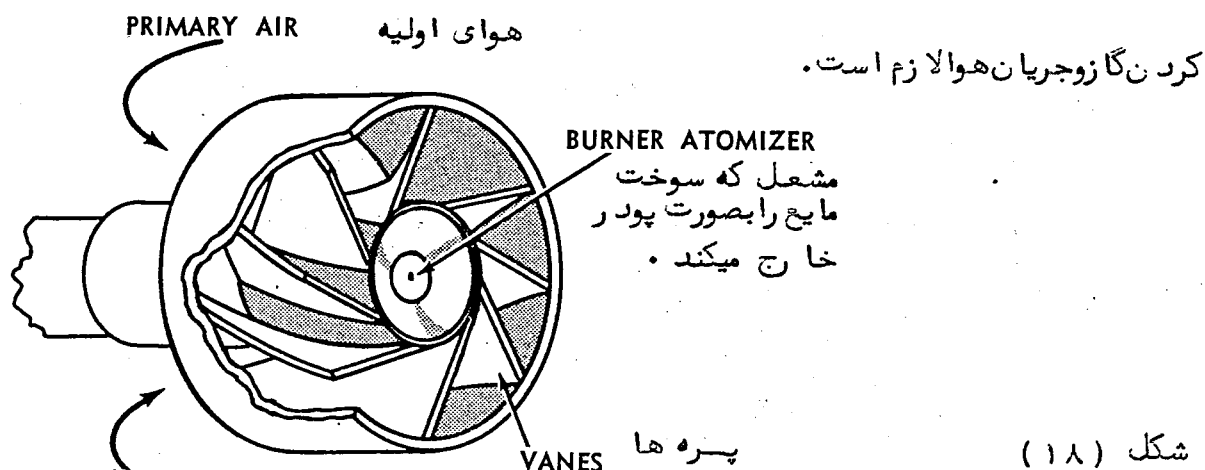
برای روشن کردن مشعل (BURNER) ابتدا از شمع جرقه زن استفاده میشود ، در بعضی از
توربینها پس از اینکه شمع جرقه زد و مشعل روشن شده شمع را طوری تعبیه کرده اند که پس از عمل
احتراق به عقب کشیده شده و دور از حرارت زیاد آتش قرار میگیرد و خراب نمیشود .
بنابراین هرگاه مشعل خاموش باشد نباید سوخت بداخل محفظه احتراق برود ، در غیر این
صورت خطرناک است .

بر روی بیشتر محفظه های احتراق در توربینهای احتراقی گازی شیشه های قرار دارد که
متصدی مربوطه با چشم میتواند شعله را ببیند و از روشن بودن آن اطلاع حاصل کند .
وسا ئل اتوماتیک برای بستن راه سوخت در وقتیکه مشعل خاموش شود ساخته شده است و لسی
متصدی توربین باید مطمئن باشد که این دستگاهها کار خود را بدرستی انجام
میدهند .

در بعضی از توربینها که دارای چند مشعل است یک چراغ ملیبی شکل روشن میشود تا
اطمینان حاصل گردد که کلیه مشعلها روشن هستند .
در توربینهای احتراقی گازی ممکن است سوختهای مختلف بکار برده شود از قبیل گاز
مانند گاز طبیعی ، مایع سوختنی مانند نفت ، مواد سوختنی سخت مانند ذغال سنگ و لسی
در توربینهای گاز سوز و سائل ساده تری بکار برده شده است .

در بیشتر توربینهای گاز سوز از گاز طبیعی استفاده میشود که گاز توسط لوله ای تحت فشار
معین به محفظه احتراق وصل میشود .

در توربین‌هایی که با سوخت مایع کار می‌کنند، یک مخزن برای نگهداری سوخت مایع لازم است و همچنین یک دستگاه تلمبه جهت منتقل کردن مایع بداخل محفظه احتراق. در محفظه احتراق توربین‌های گازسوز غیراژموشل، فقط تیغه‌های راهنما جهت مخلوط کردن گاز و جریان هوا لازم است.



در توربین‌های احتراقی گازی که با سوخت مایع کار می‌کنند، سوخت مایع باید بصورت ذرات خیلی ریز شکسته شود تا سوختن آن سریع انجام گیرد، پس غیراژوسا ئلی که در محفظه احتراق توربین‌های گازسوز لازم است، در توربین‌هایی که با سوخت مایع کار می‌کنند یک سوخت پاش (ATOMIZER) جهت پخش سوخت بشکل پودر بداخل محفظه احتراق لازم است.

یک سوخت پاش (ATOMIZER) ساده یا بدتنظیم شده ممکن است سوخت را کالملا" بشکل پودر در دنیا ورده، در نتیجه مقداری از سوخت بصورت قطره از آن خارج شده و قطره بزرگتر ممکن است به آهستگی بسوزد و به تیغه‌های توربین برسد، در حالیکه هنوز میسوزد سوختن چنین مایع ممکن است براحتی سبب تشکیل حفره‌های ریز یا خوردگی روی تیغه‌های توربین گردد. بعضی از توربین‌ها از گاز مایع انبار شده در یک مخزن استفاده می‌کنند و در چنین حالتی هرگاه گاز مایع بصورت گاز در دنیا بدقبل از آنکه بسوزد، قطرات مایع ممکن است توربین بسا تیغه‌ها را خراب کند.

توربین‌هایی که گاز مایع استفاده می‌کنند، گاز قبلا" از یک مخزن که قطرات مایع را از گاز

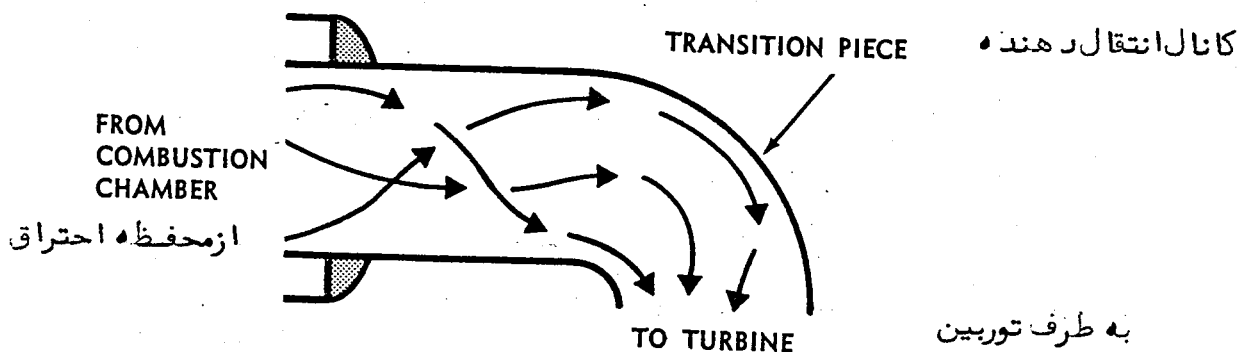
جدا میکند (KNOCK OUT DRUM) عبور کرده و قطرات مایع گرفته میشود. گاز ممکن است مقداری در اثر کشیف، زنگ آهن یا ذرات سخت و شن همراه داشته باشد. ذرات سخت موجود در سوخت ممکن است باعث گرفتگی سوراخهای شیپوره مشعل (BURNER NOZZLE) در توربین گاز سوز یا سوخت پاش (ATOMIZER) در توربین با سوخت مایع گردد، فیلترها در مسیر لوله سوخت در اثرات سخت را از سوخت قبل از رسیدن به مشعل یا سوخت پاش جدا میکنند.

توربین‌هایی که از مواد سوخت سخت استفاده میکنند، اول مواد سوختنی سخت مانند ذغال سنگ را بصورت پودری آرد در میآورد و رندولی و سائیل پیچیده ترومشکل تری در این نوع توربین‌ها بکار برده میشود، از سوختن این مواد مقداری خاکستر باقی میماند که در شعله درجه حرارت خاکستر خیلی بالا میرود و در نتیجه تیغه‌های توربین ممکن است با سانی سائیده شده یا حفره‌های کوچکی در آنها ایجاد گردد و باعث مشکلات ناشی از خاکستر داغ از مواد سوختنی جامد در توربین‌های گازی کمتر استفاده میشود، در توربین‌های احتراقی اکثراً "از گاز سوخت و بعضی از آنها از سوخت مایع استفاده میکنند، و از سوخت جامد بندرت بکار برده میشود.

بعضی از سوختها دارای مقداری گوگرد و مواد شیمیائی دیگر هستند که باعث زنگ زدگی فلز میگرد. هوای مخلوط با نمک در نزدیکی دریا همچنین ممکن است قسمتهای فلزی توربین را دچار زنگ زدگی سازد، فیلترها نمیتوانند مواد شیمیائی زنگ‌زا را از سوخت و هوای ورودی جدا سازند.

پس تا آنجا که امکان دارد باید مواد اکسیدکننده در سوخت و هوا برای جلوگیری از زنگ زدگی کم باشند.

هوای داغ از قسمت خروجی محفظه احتراق بوسیله کانال انتقال دهنده هوای داغ (TRANSITION PIECE) بطرف توربین هدایت میشود. (شکل ۱۹)

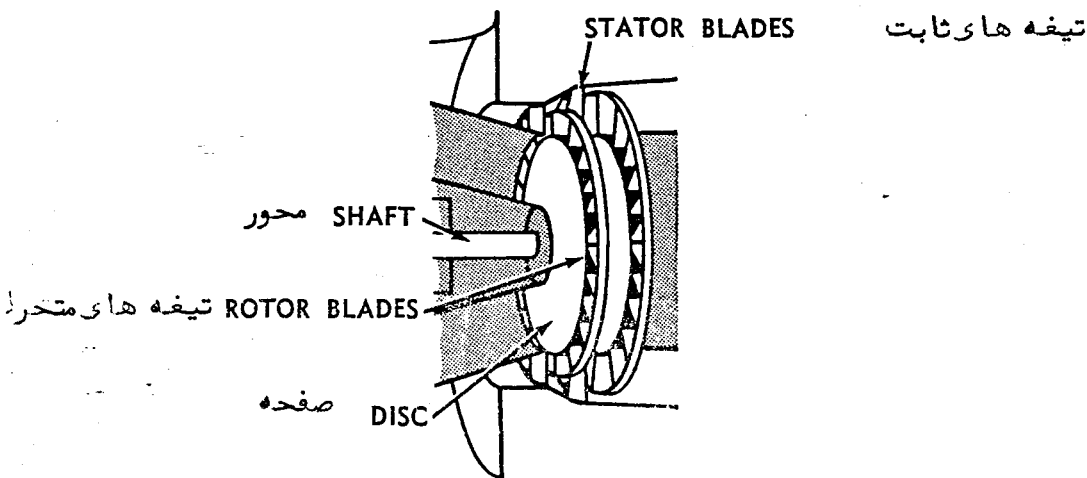


شکل (۱۹)

در کانال انتقال هوای داغ (TRANSITION PIECE) هوا کاملاً مخلوط شده بطوری که توده‌های گاز داغ وجود نداشته باشد.

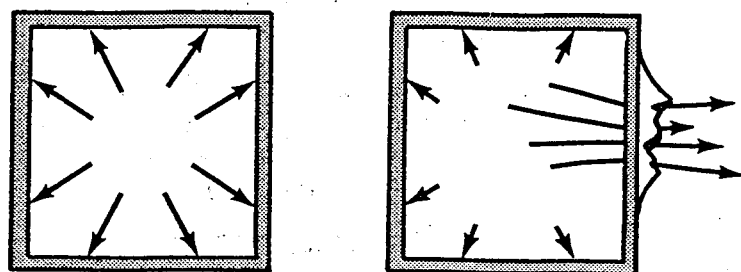
دستگاه چرخنده توربین (TURBINE ROTOR) مثل دستگاه چرخنده کمپرسور (COMPRESSOR ROTOR) شامل تعدادی صفحه (DISC) می باشد که بر روی هر صفحه تعدادی تیغه قرار دارد و صفحه‌ها هم روی محور محکم شده اند. (شکل ۲۰)

بین هر مرحله از تیغه‌های دستگاه چرخنده توربین، هوای داغ از طریق یک مرحله از تیغه‌های ثابت (STATOR) عبور میکند. برای چرخاندن صفحه چرخنده هوا باید جریان داشته باشد بنابراین فشار گاز داغ باید به سرعت و جریان بیشتری تبدیل گردد.



شکل (۲۰)

هوای فشرده نیروی خود را در تمام جهات وارد می‌کند ولی جریان سریع هوا بیشتر نیروی خود را در یک جهت بکار می‌برد (شکل ۲۱).



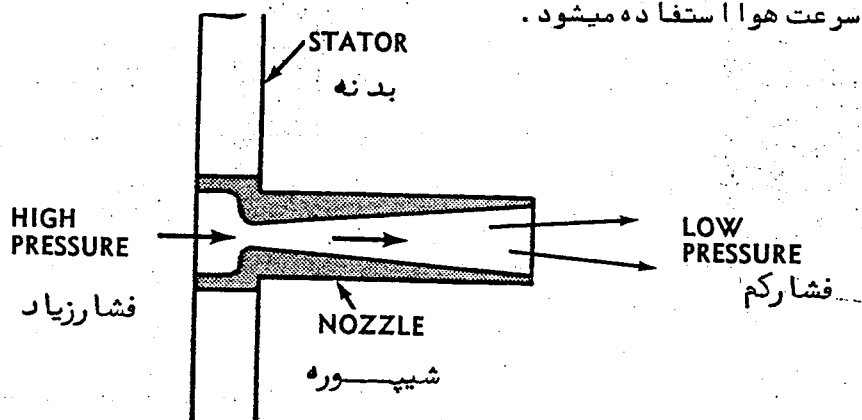
HIGH PRESSURE

فشار زیاد HIGH VELOCITY

سرعت زیاد

شکل (۲۱)

هنگامیکه فشار به سرعت تبدیل می‌گردد، بیشتر نیروی آن در یک جهت بکار می‌رود و نیروی آن در جهت دیگر کمتر می‌شود، هرگاه سرعت هوا زیاد شود فشار آن کم می‌گردد. به همین منظور از شیبوره (NOZZLE) برای ازدیاد سرعت هوا استفاده می‌شود.

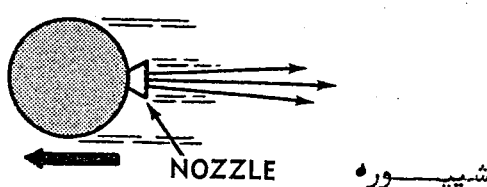
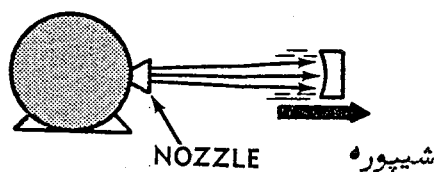


شکل (۲۲)

شیبوره (NOZZLE) هوا را از یک سمت هدایت می‌کند، هوا با سرعت زیاد از شیبوره خارج می‌شود و انرژی فشار به انرژی جنبشی تبدیل می‌گردد. به دو طریق از هوای داغ با سرعت زیاد برای چرخاندن محور چرخنده توربین استفاده می‌شود. (شکل ۲۳)

ضربه ای IMPULSE

عکس العملی REACTION



شکل (۲۳)

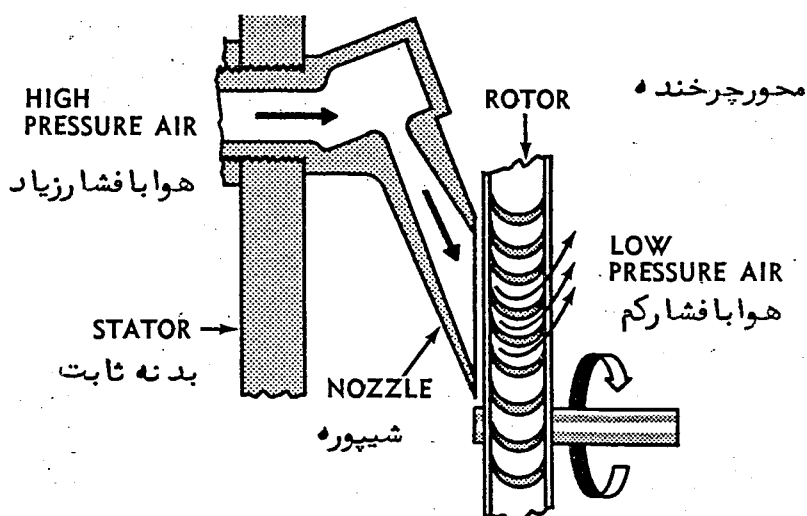
طریقه اول : ضربه‌ای (IMPLUSE EFFECT) که شیپوره ثابت است و در حالیکه هوا با سرعت ازدهانه آن خارج میشود به ما منع ضرب زده و ما منع در جهت هوا حرکت میکند. (شکل ۲۳)

طریقه دوم :

عکس‌العملی (REACTION EFFECT). شبیه یک موشک جسم برخلاف جهت خروج گاز حرکت میکند از نیروهای ضربه‌ای و عکس‌العملی برای حرکت دادن تیغه‌ها استفاده میشود. (شکل ۲۳).

توربین ضربه‌ای IMPLUSE TURBINE

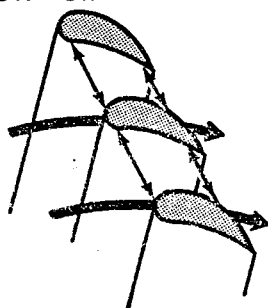
در این نوع توربین‌ها از خاصیت ضربه‌ای برای حرکت دادن تیغه‌ها استفاده میشود. (شکل ۲۴)



شکل (۲۴)

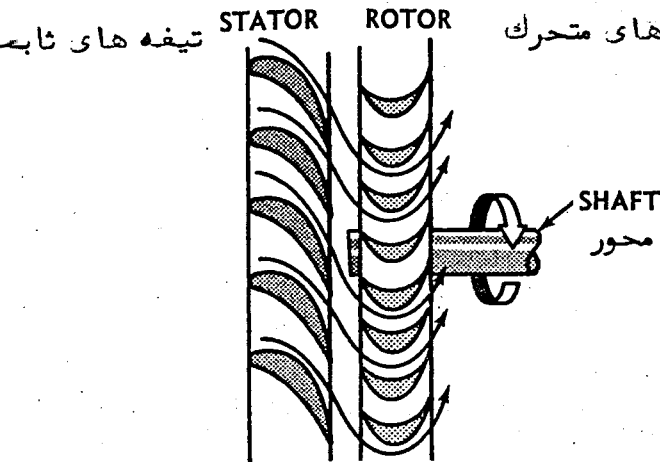
یک شیپوره بزرگ در قسمت جلوی تیغه‌ها قرار دارد و فشار گاز داغ ورودی به شیپوره بیشتر از فشار گاز داغ خروجی از شیپوره است. شیپوره برای زیاد شدن سرعت گاز یکا ر می‌رود جهش سریع گاز داغ (HIGH VELOCITY JET) از شیپوره به تیغه‌های محور چرخنده ضربه وارد می‌آورد و با حرکت تیغه‌ها، انرژی مکانیکی بوجود می‌آید و چون گاز داغ به تیغه‌های توربین ضربه زده و در اثر ضربه هوای داغ تیغه‌ها بچرخش در می‌آیند، این نوع توربین را ضربه‌ای نامند.

تیغه‌های ثابت STATOR BLADES



شکل (۲۵)

در توربین بجای یک شیبوره بزرگ میتوان از تیغه‌های ثابت کوچک یک سری شیبوره تشکیل داد در شکل (۲۵) یک سری از تیغه‌های ثابت که کارشیبوره را انجام میدهند نشان داده شده‌اند و مجرای شیبوره همان فاصله بین دو تیغه ثابت میباشد.



شکل (۲۵)

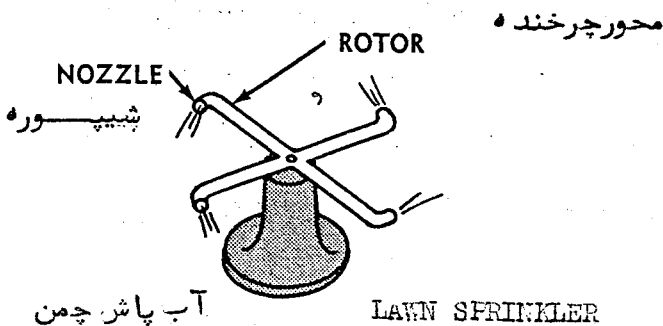
در شکل (۲۶) مجرای ورودی گاز داغ به شیبوره بزرگتر از مجرای خروجی گاز از شیبوره است و به همین جهت هوا با سرعت خارج میشود.

توربینهای ضربه‌ای در مواردیکه اختلاف فشار زیاد است بکار میروند، بنا بر این در توربینهای ضربه‌ای فشار ورودی توربین باید خیلی زیاد باشد. در توربینهای احتراقی گازی، کمپرسور هوای با فشار زیاد تولید نمی‌کند و به همین علت در این نوع توربینها کمتر از اصل ضربه‌ای (IMPULSE PRINCIPLE) استفاده میشود.

REACTION TURBINE

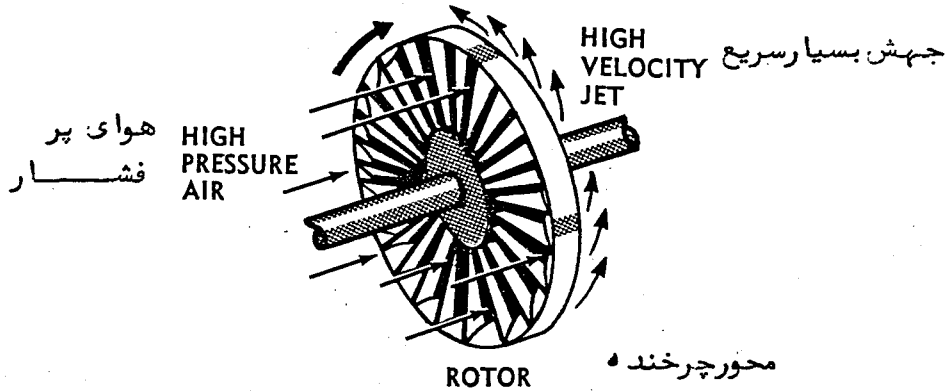
توربینهای عکس‌العملی

دستگاه آب‌پاش چمن روی اصل عکس‌العمل می‌چرخد. (شکل ۲۷).



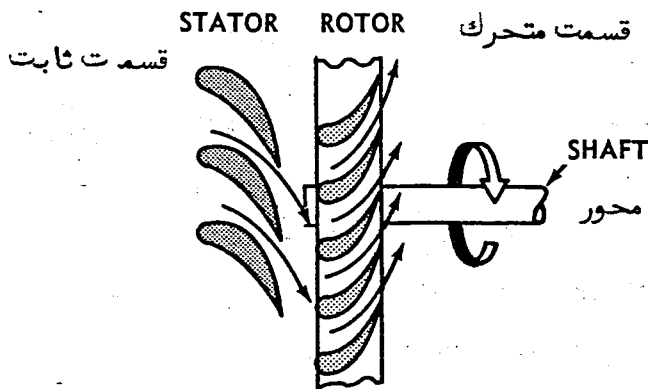
شکل (۲۷)

حرکت محور چرخنده آن برعکس جهت جریان آب است .
این شکل (۲۸) یک توربین عکس‌العملی را نشان می‌دهد .



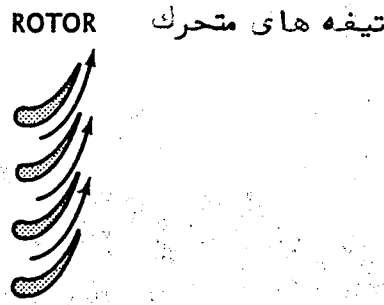
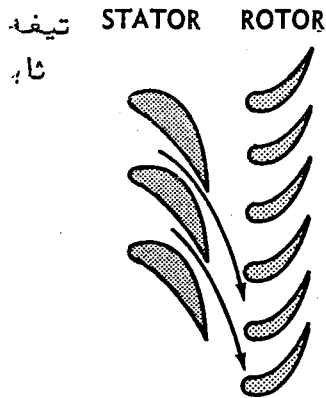
شکل (۲۸)

هوا با فشار زیاد در بین تیغه‌ها منبسط می‌شود و در اثر انبساط فشارش کم و سرعتش زیاد می‌گردد و وقتی که هوا به انتهای تیغه می‌رسد ، سرعتش زیادتر گشته و محور چرخنده در خلاف جهت جریان خروج هوا حرکت میکند ، بیشتر توربینهای عکس‌العملی از هردو اصل ضربه‌ای و عکس‌العملی استفاده می‌کنند . (شکل ۲۹)



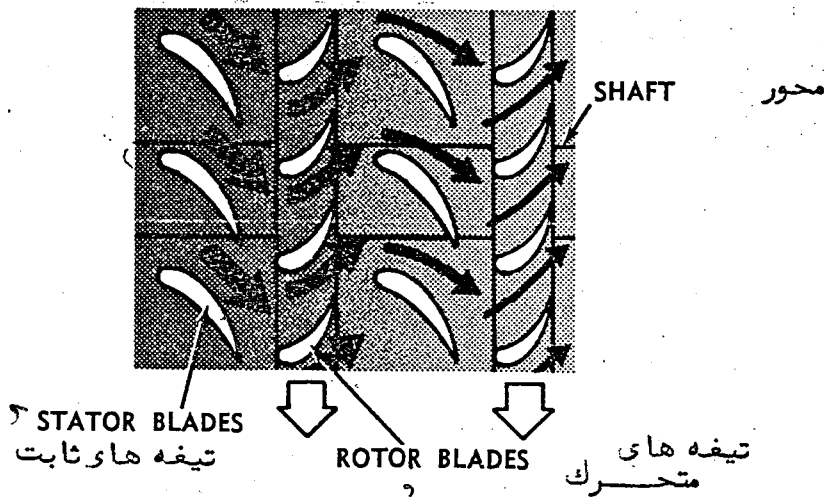
شکل (۲۹)

تیغه‌های ثابت در توربینهای عکس‌العملی و ضربه‌ای یک شکل هستند ، اما تیغه‌های متحرک فرق می‌کنند ، تیغه‌ای ثابت هوا با سرعت زیاد را به تیغه متحرک هدایت می‌کنند ، این حرکت سریع جهش هوا به تیغه‌ها برخورد کرده و شروع به چرخاندن محور چرخنده می‌کنند ، هوا سپس در میان تیغه‌ها منبسط شده و نیروی عکس‌العملی بر تیغه‌ها وارد می‌کند و فشار هوا کم شده و سرعت محور چرخنده افزونی می‌یابد (شکل ۳۰) .



شکل (۳۰) نیروی عکس‌العملی REACTION JET نیروی ضربه ای IMPULSE JET

سرعت هوا حین عبور از لابلای تیغه‌ها زیاد می‌گردد و پدیده عکس‌العملی باعث ادامه این جریان می‌شود در بیشتر توربین‌های عکس‌العملی، دستگا‌های چرخنده و ثابت طوری طرح ریخته شده‌اند که از تاثیر ضربه‌ای و عکس‌العملی جهت دوران دستگا‌ها چرخنده استفاده شود، توربین معمولاً بیش از یک دستگا‌ها چرخنده و ثابت دارد، و قتی که هوا از یک سری تیغه‌های متحرک عبور کرد و از یک سری تیغه‌های ثابت می‌شود و البته فشار هوا در تیغه‌های ثابت سری دوم کمتر از فشار هوا در تیغه‌های ثابت سری اول است.

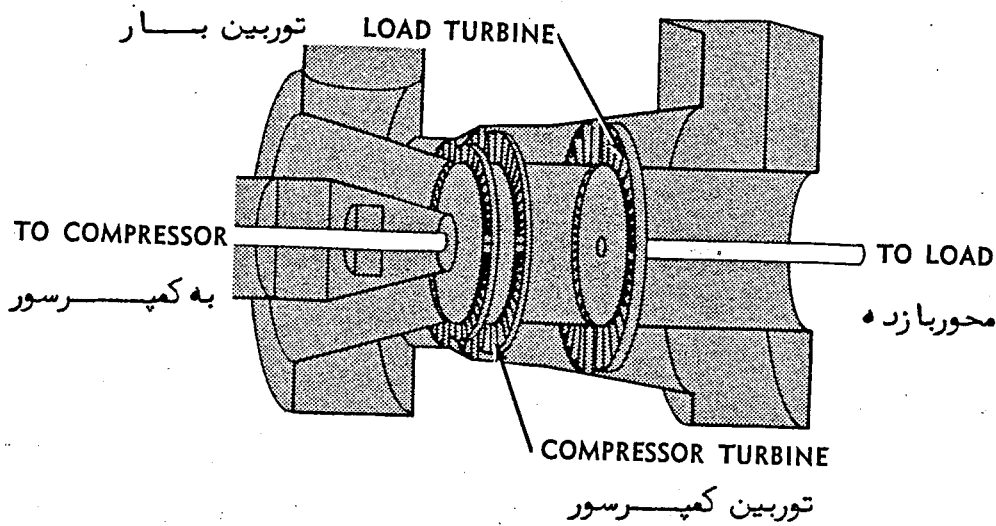


شکل (۳۱)

توربین‌ها را بر حسب طریقه‌ای که نیروی آنها اثر می‌کنند نامگذاری می‌کنند. نام توربین عکس‌العملی نشان می‌دهد که کار توربینی بر اساس نیروی عکس‌العملی است.

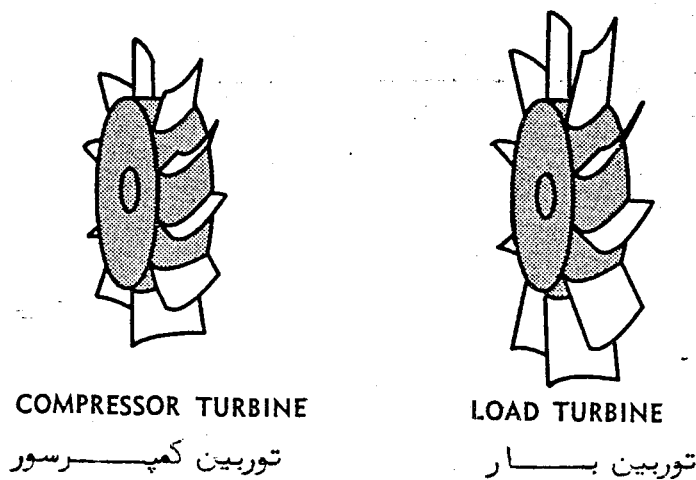
توربین کمپرسور و توربین بار THE COMPRESSOR TURBINE AND LOAD TURBINE

توربین کمپرسور و توربینی است که کمپرسور هوا را می‌چرخاند تا کمپرسورهای مورد لزوم توربین



شکل (۲۲)

با زده توربین کمپرسور تقریباً "دو برابر با زده توربین بار" نیرو است و در اغلب توربین ها صفحات دستگا ه چرخنده توربین کمپرسور از توربین نیرو با ر بیشتر است ، هوای داغ که از محفظه احتراق خارج میشود ابتدا به تیغه های توربین کمپرسور برخورد کرده و آنرا بحرکت درمیاورد و سپس به سمت توربین بار نیرو هدا یت شده و گاه با فضا ر کمتر به تیغه های توربین بار برخورد کرده و سبب چرخش توربین بار میگردد ، نظریا اینکه در کمپرسور هوا که فشرده میشود حجم آن کم میگردد و در قسمت توربین فضا رهوا کم شده و حجم آن زیاد میگردد پس برای اینکه حجم بیشتری از هوا به تیغه های توربین بار برخورد کند ، تیغه های توربین بار را بزرگتر میسازند . (شکل ۳۳)



شکل (۳۳)

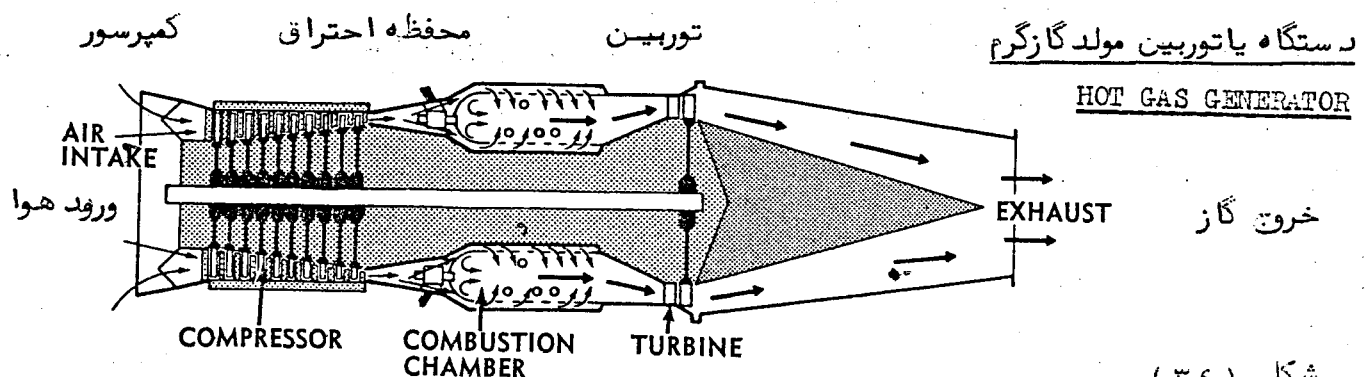
و چون تیغه های توربین با ریلندتر هستند، پس شکستن آنها هم آسانتر است، بنا بر این تیغه ها با یدقویتر بوده و کا ملا "محکم به صفحه چرخنده وصل شده باشند و برای کاهش فشار بر تیغه ها و جلوگیری از شکستن آنها، سرعت توربین نیرو و اغلب کمتر از سرعت توربین کمپرسور می باشد، هما نطور که حرارت هوا در کمپرسور در اثر فشردن بالا میرود، در توربین چون هوا منبسط میشود حرارت هوا کم میشود، پس درجه حرارت هوای داغ ورودی به توربین کمپرسور بیشتر از درجه حرارت هوای داغ ورودی به توربین با راست و همچنین جنس و نوع فلز توربین کمپرسور با ید در برابر حرارت مقاومت بیشتری داشته باشد.

پس اکثرا "توربین ها دارای دو محور چرخنده توربین می باشند که یکی کمپرسور هوا را می چرخانند و دیگری توربین نیرو یا با راست که محور با زده یعنی محوری که به تلمبه نفت یا ژنرا توربین وصل است می چرخانند.

THE HOT GAS GENERATOR

دستگاه مولد گاز

هرگاه توربین با ریلندتر باشد، کا زداغ خروجی از توربین کمپرسور دارای مقدار زیادی انرژی حرارتی قابل استفاده است. فشار و حرارت گاز خروجی چنین توربینی زیاد است بعضی اوقات توربین های احتراقی کا زی فقط بمنظور تهیه حرارت برای خشک کردن، تولید بخار آب و یا کار دیگر در نظر گرفته میشوند، پس اگر در یک توربین قسمت توربین با را جدا کنیم مشاهده میکنیم که توربین میتواند هوای فوق العاده داغ تولید نماید. توربین با را ز همین فشار هوای داغ و انرژی آن بعنوان منبع انرژی استفاده میکنند.



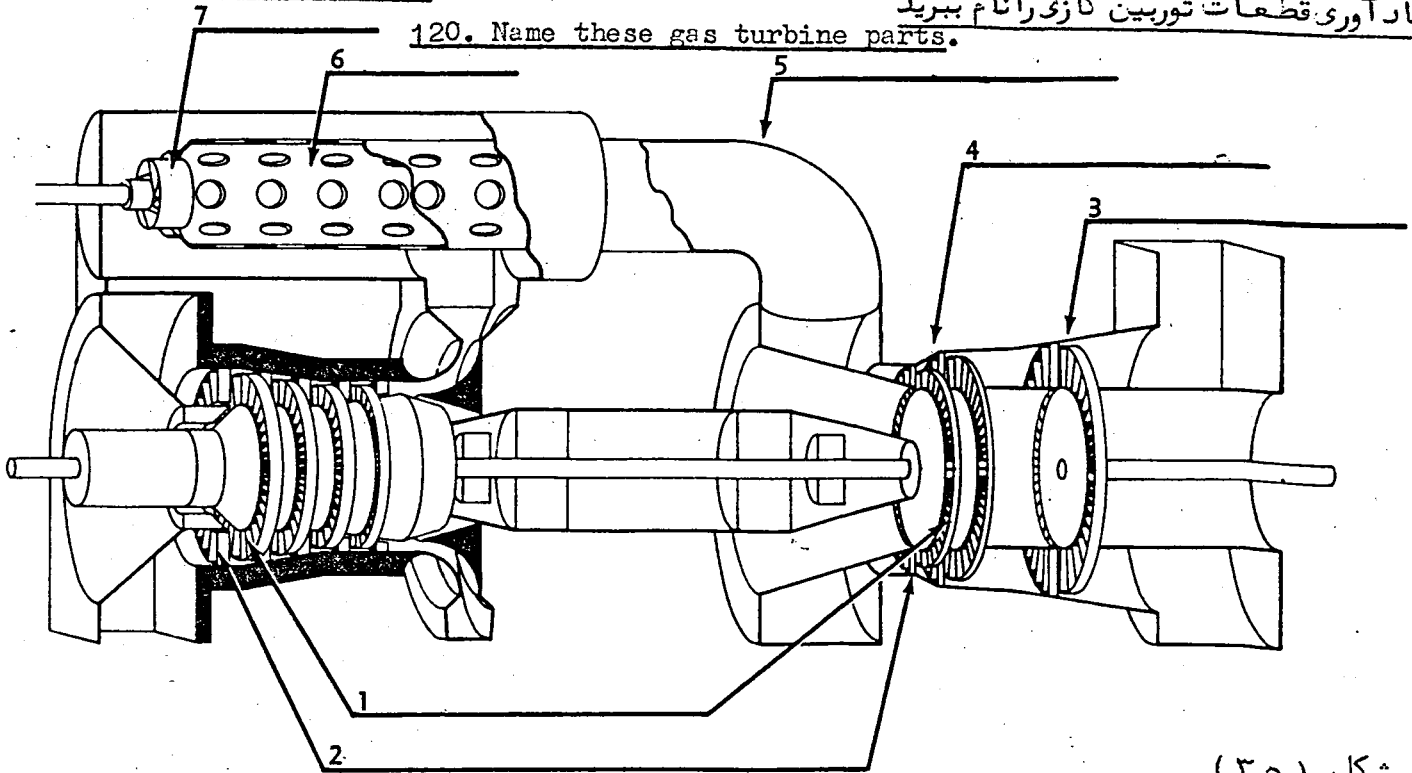
شکل (۳۴)

در موتورهای جت کمپرسور هوا، محفظه احتراق و توربین کمپرسور وجود دارد و هنگامیکه هوا از توربین کمپرسور خارج میگردد فشار زیاد تبدیل به سرعت میشود. و قتیکه توربین جهت تولید گاز گرم بکار رود، توربین مولد گاز گرم (شکل ۳۴) نامیده میشود. یادآوری:

قطعات توربین گازی را نام ببرید:

REVIEW AND SUMMARY

یا آوری قطعات توربین گازی را نام ببرید
120. Name these gas turbine parts.



شکل (۳۵)

- 1 - ROTOR BLADES
- 2 - STATOR BLADES
- 3 - LOAD TURBINE
- 4 - COMPRESSOR TURBINE
- 5 - TRANSITION PIECE
- 6 - BASKET
- 7 - BURNER

- ۱ - تیغه های محور چرخنده
- ۲ - تیغه های ثابت
- ۳ - توربین بار
- ۴ - توربین کمپرسور
- ۵ - کانال انتقال گاز داغ
- ۶ - محرای داخلی (زنبدیلی شکل) محفظه احتراق
- ۷ - مشعل

ملحقات و دستگا‌های کمکی در توربین احتراقی گازی

AUXILIARIES OF THE COMBUSTION GAS TURBINE

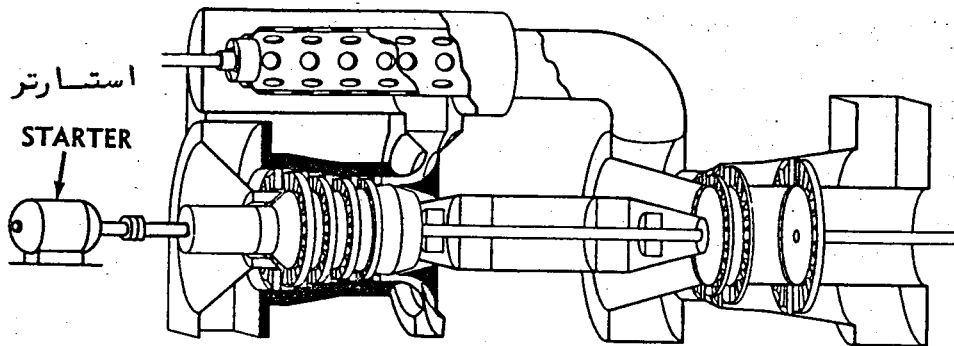
STARTER

استارتر

- ۱

در وقتیکه توربین کار میکند، نیروی لازم جهت گرداندن کمپرسور بوسیله محور توربین کمپرسور تامین میگردد. قبل از اینکه دستگا‌ه شروع کار نماید باید بطریقی کمپرسور را چرخانده و هوای فشرده شده لازم جهت توربین فراهم گردد، برای این کار از استارتر استفاده میشود.

ممکن است از برق، بخار آب یا گاز برای چرخاندن استارتر استفاده شود. (شکل ۳۶).



شکل (۳۶)

استارتر به محوری شفت کمپرسور وصل است و در وقتی که سرعت کمپرسور به حد معینی رسید استارتر از کمپرسور جدا میشود و دیگر کمپرسور نیروی خود را از توربین کمپرسور کسب میکند.

GOVERNOR

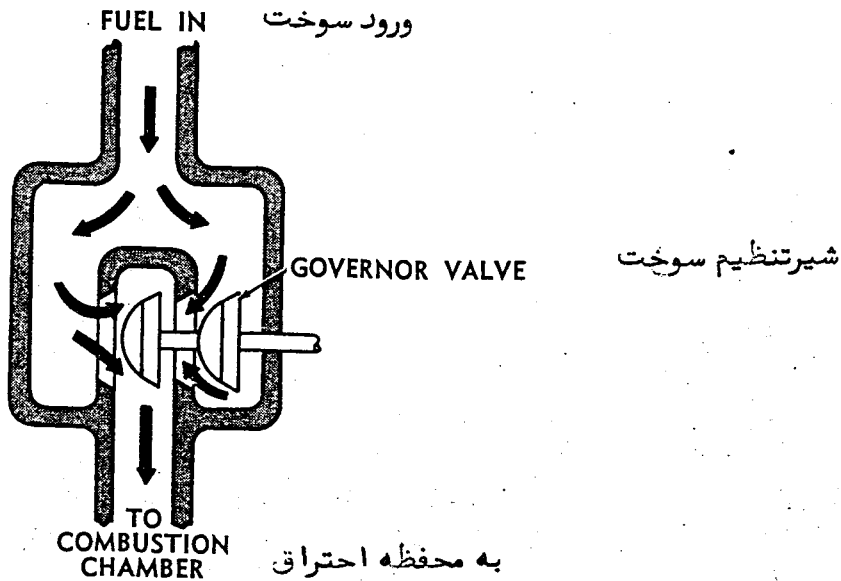
دستگا‌ه تنظیم دور یا گورنر

هر توربین برای سرعت معینی طرح شده است که در آن سرعت، حداکثر اندامان را دارا خواهد بود.

سرعت توربین را میتوان با عبور مقدار معین گاز داغ در دقیقه تغییر داد و هر چه حجم هوا زیادتر شود سرعت توربین زیادتر میگردد.

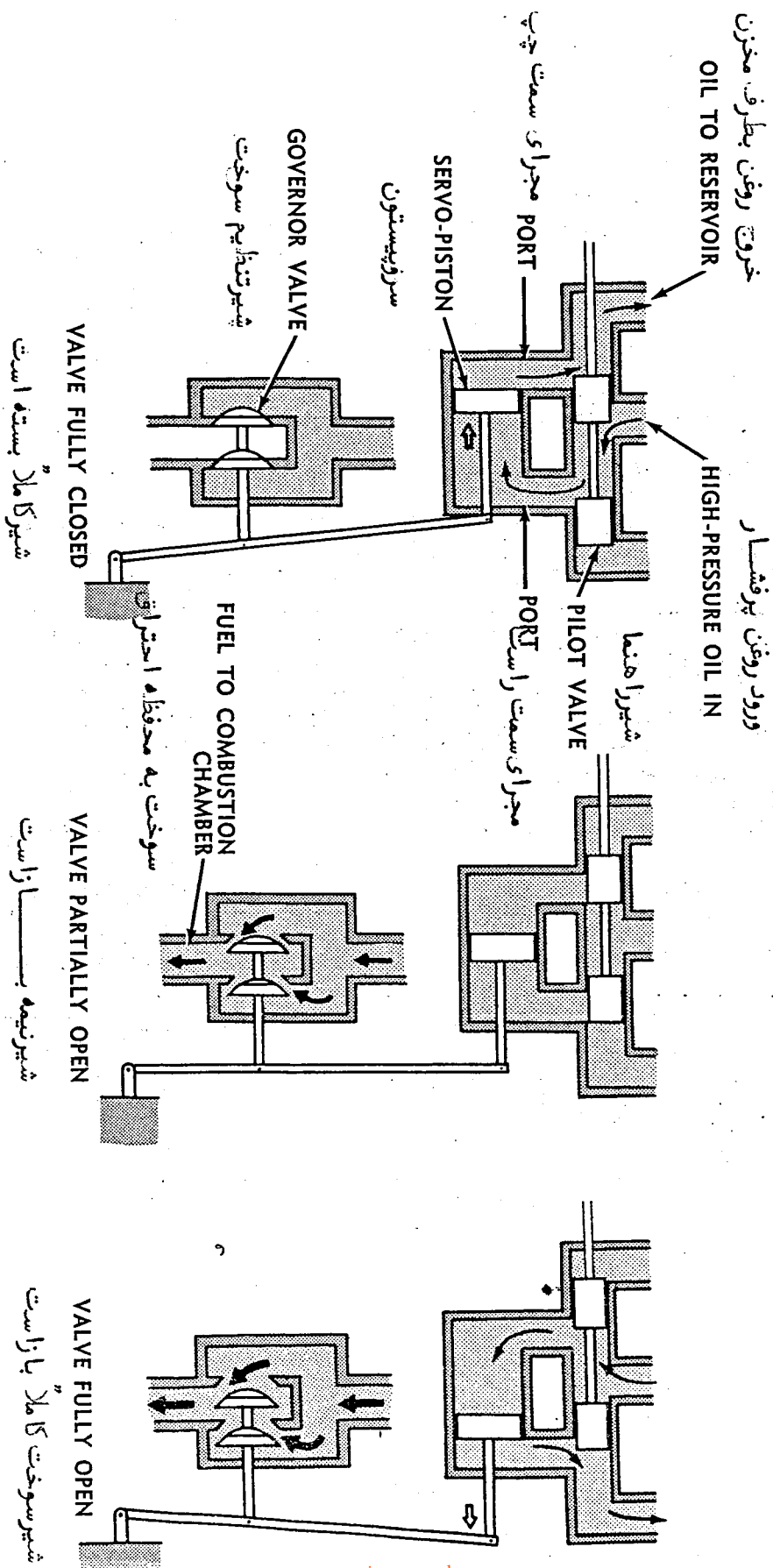
در محفظه احتراق هرگاه حرارت را زیاد کنیم، هوای داخل آن بیشتر منبسط میگردد، برای زیاد شدن حرارت باید سوخت بیشتری به داخل محفظه احتراق جریان یابد و در نتیجه حجم هوای داغ مصرفی توربین در دقیقه را بیشتر کرد.

پس تغییرات سرعت توربین ، بوسیله تنظیم سوخت و حرارت انجام میپذیرد .
هرگاه با رتوربین زیاد شود سرعت آن کم میشود و برای اینکه با ریشتری از توربین گرفت ، باید
حرارت گازها را بیشتر شود و بنا براین سوخت بیشتری باید به محفظه احتراق برود .



شکل (۳۷)

تغییر کار و رنرولویا شیر تنظیم سوخت (شکل ۳۷) مقدار سوخت ورودی به محفظه احتراق را تنظیم
میکند . سرعت توربین بوسیله کار و رنرولو تنظیم میشود ، هرگاه سرعت توربین بنا به عللی کم یا
زیاد شود باید سرعت متعادل برگردانده شود ، حرکت کار و رنرولو باعث تغییرات سرعت میشود
و قتی که با رتوربین زیاد شود ، کار و رنرولو باید باز شده و سوخت بیشتری به مشعل (BURNER) -
بفرستد و هرگاه محور با زده توربین به محور تلمبه نفت وصل شده باشد و ناگهان با رتلمبه برداشته
شود باید کار و رنرولو مقدار ری بسته شده و سوخت کمتری به مشعل بفرستد .
کار و رنرولو در بیشتر توربین ها نسبتاً "بزرگ" است و طوری ساخته شده که به نیروی اصطکاکی و وزنی
قسمتهای داخلی کار و رنرولو تسلط باشد .



نیروی زیاد برای تغییر دادن شیرتنظیم سوخت لازم است از یک سیستم روغنی هیدرولیک میتوان نیروی مورد لزوم برای حرکت دادن گاورنر را تامین کرد.

بوسیله فشا روغن هیدرولیک گاورنر ولو تغییر میکند. (شکل ۳۸).

گاورنر ولو به سروپیستون (SERVO PISTON) وصل است، فشا روغن باعث حرکت سروپیستون میشود و بنا بر این در وقتی که روغن هیدرولیک فشا رندارد، سروپیستون هم حرکتی نخواهد داشت، وقتی که فشا روغن در یک طرف افزایش یا بد، پیستون حرکت کرده و روغن هیدرولیک را فشرده کرده و از طرف دیگر به مخزن میفرستد.

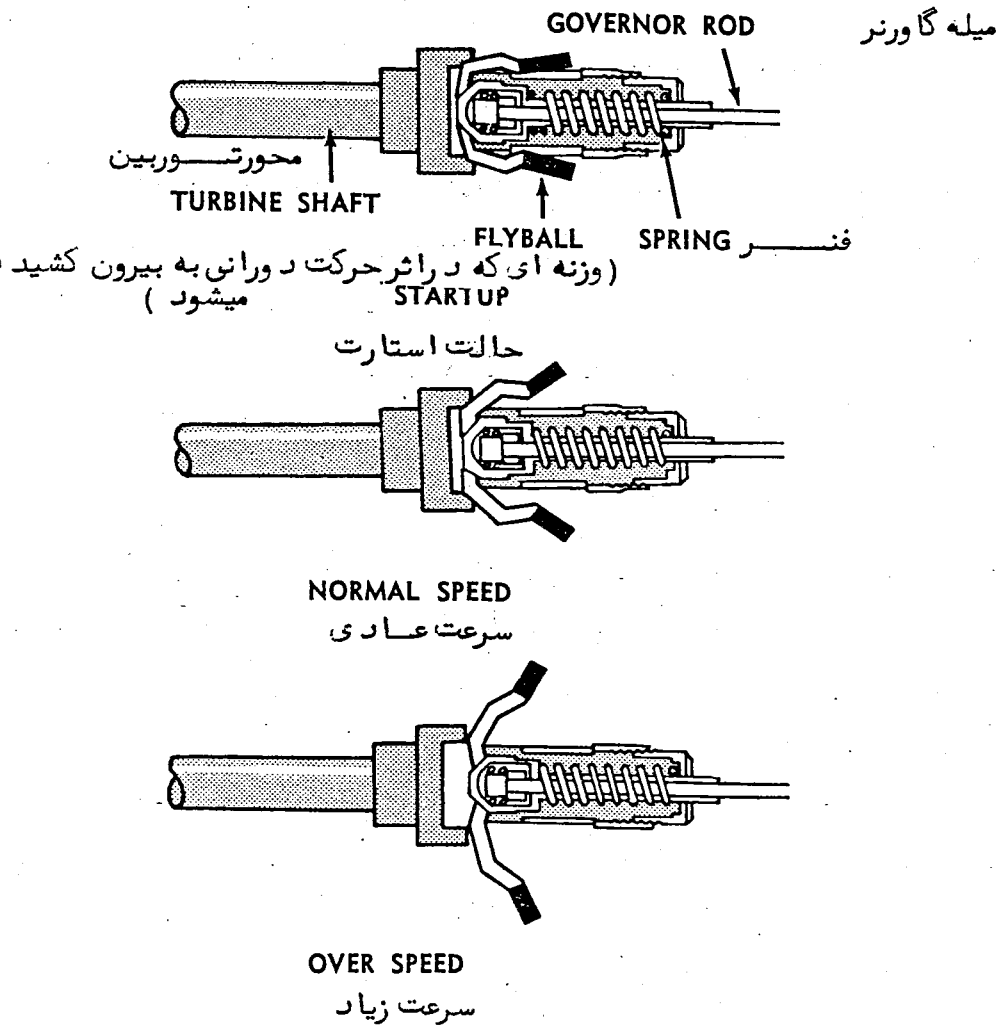
برای اینکه فشا در مجرای سمت راست زیاد شود روغن کافی یا بدیه آن اضافه گردد، شیر را هنگام (PILOT VALVE) با بد سمت راست حرکت کند تا فشا در مجرای سمت راست زیاد گردد، از دیافشا روغن در مجرای سمت راست باعث میشود که سروپیستون (SERVO PISTON) بد سمت چپ حرکت کند. هنگامیکه سروپیستون (SERVO PISTON) بد سمت راست حرکت میکند گاورنر ولو (شیر تنظیم سوخت) باز میشود و برای اینکه سروپیستون (SERVO PISTON) حرکت کند باید فشا روغن در یک طرف از طرف دیگر کمتر باشد. سروپیستون از آن سمت که فشا ر بیشتری دارد بد سمتی که فشا ر کمتر است حرکت میکند، وقتی که فشا در مجرای سمت چپ زیاد شود گاورنر ولو باز میشود و روغن از سمتی که فشا ر کمتر است بداخل مخزن رانده میشود. این سیستم روغن بوسیله (TURBINE SPEED SENSING DEVICE) (دستگاهی که تغییرات سرعت توربین روی آن اثر میگذارد) کنترل میشود.

وقتی که توربین با سرعت خیلی کم میچرخد گاورنر ولو باید باز باشد، برای باز شدن گاورنر ولو مجرای سمت چپ باید باز شده و روغن پرفشا ر به جلو سروپیستون (SERVO PISTON) جریان یابد. هنگامیکه سرعت توربین زیاد گردد، گاورنر ولو بد سمت چپ فشا ر کم فشا ر از یک مجرا که خارج میگردد بد مخزن روغن میریزد تا دوباره مورد استفاده قرار بگیرد.

دستگاه هیدرولیک تا فرمانی مربوط به تغییر سرعت توربین به آن داده نشود عملی انجام نمی‌دهد این دستگاه فقط یک رابط تقویتی فرمان از طرف سرعت توربین می‌باشد دستگاه هیدرولیک به تنهایی نمی‌تواند سرعت توربین را تغییر دهد، بلکه از دستگاه دیگر فرمان لازم را دریافت می‌کند.

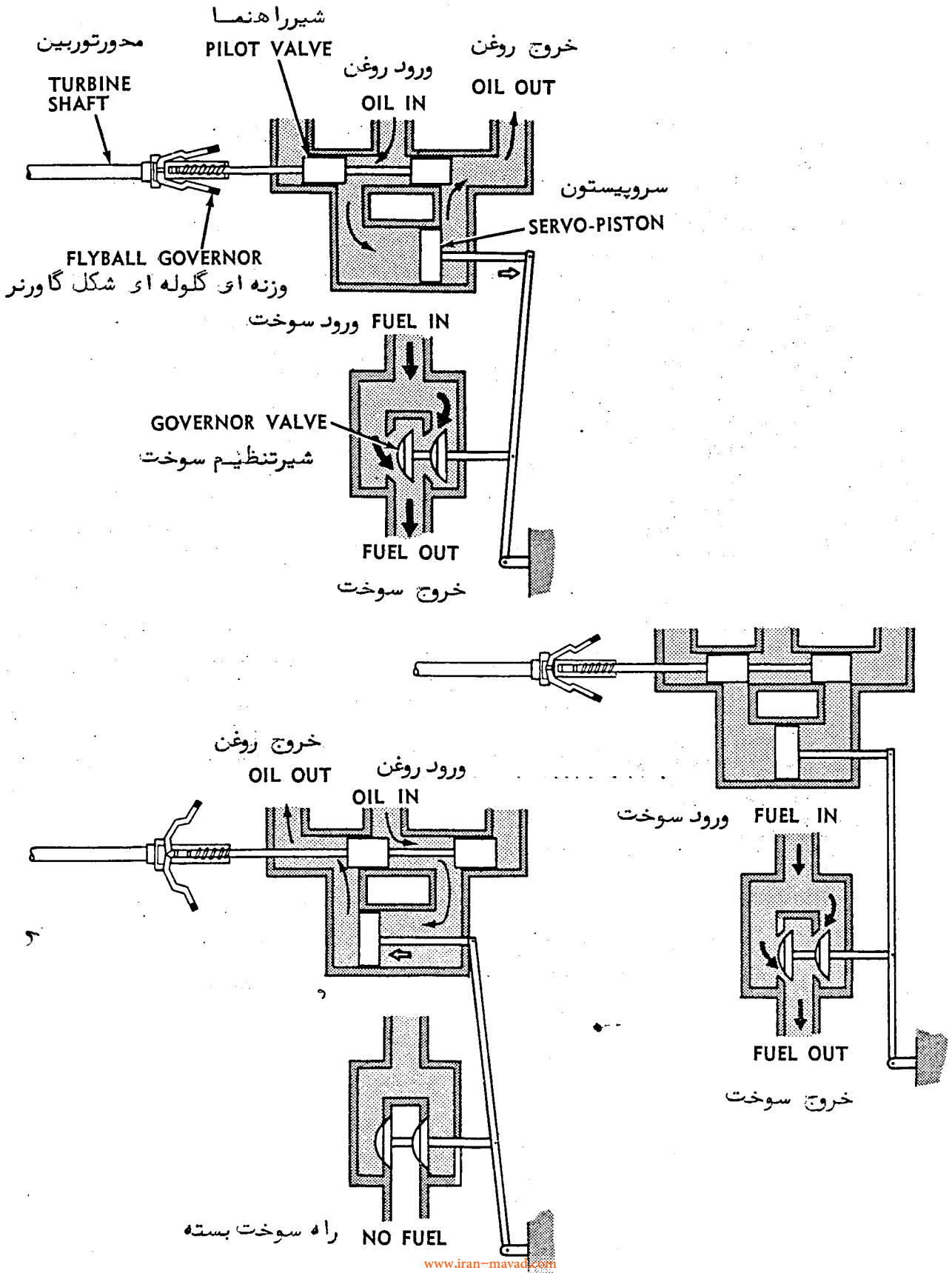
دستگاهی که تغییرات سرعت توربین روی آن اثر کرده و نتیجه این تغییرات را به دستگاه هیدرولیک منتقل می‌کند، گاورنر نامیده می‌شود. (شکل ۳۹) یک گاورنر که دارای دو وزن گلوله‌ای، شکل است نشان می‌دهد، دو وزن با محور توربین می‌چرخند، وزنه‌ها بوسیله فنربهم محکم شده‌اند، وقتی که گاورنر شروع به چرخش می‌کند، وزنه‌ها از هم باز شده و میله گاورنر به سمت جلو حرکت می‌کند، پس سرعت که زیاد شود، وزنه‌ها از هم باز شده و میله گاورنر به سمت راست می‌رود و هرگاه سرعت گاورنر کم شود میله آن به سمت چپ می‌رود.

شکل شماره (۴۰) را نگاه کنید. که چگونه وزنه‌های گاورنر در اثر باز بسته شدن روی سیستم روغن هیدرولیک اثر می‌گذارند. وزنه‌های گلوله‌ای شکل به شیر راهنما (PILOT VALVE) وصل شده‌اند، در وقت بکار انداختن توربین، محور سرعت ندارد و دو وزن‌ها بوسیله نیروی فنربهم محکم شده و در حالت بسته هستند، در وقت بکار انداختن توربین، فشار روغن در مجرای سمت چپ به حداکثر می‌رسد و گاورنر ولو کاملاً باز است و وقتی که محور شروع به دور زدن کرد نیروی فنرا جدا شدن وزنه‌ها جلوگیری می‌کند و زمانی که دور محور به سرعت متعادل رسید نیروی گریز از مرکز از نیروی فنربیشتر شده و وزنه‌ها از هم جدا می‌شوند و وزنه‌ها که جدا شدند، شیر راهنما (PILOT VALVE) مجرای سمت راست را به روغن با فشار زیاد باز کرده و سرو پیستون (SERVO PISTON) شروع به بستن گاورنر می‌کند.



شکل (۳۹)

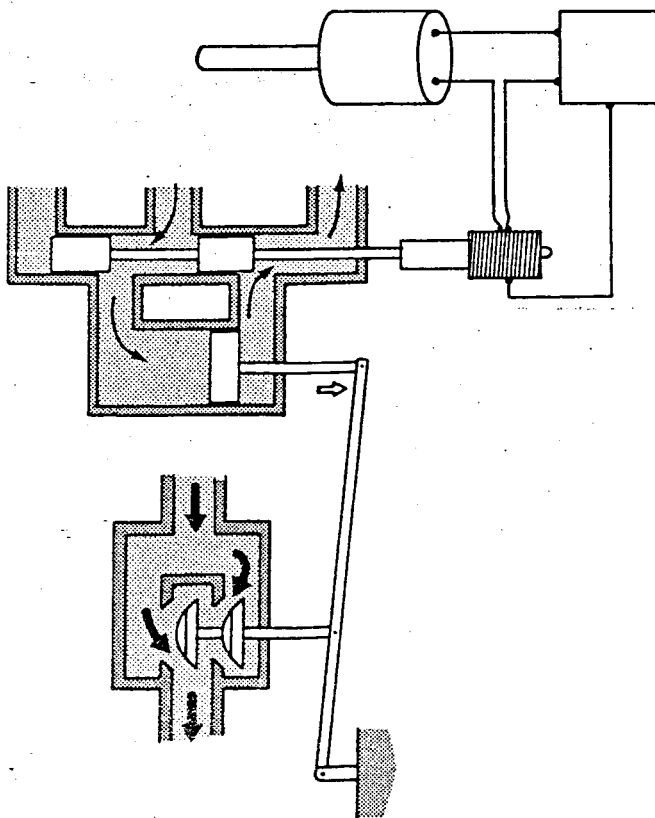
EXHIBIT 3



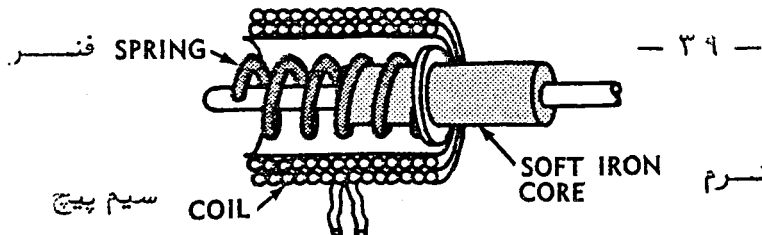
هرگاه با رتوربین را زیاد کنیم سرعت کم میشود و وزنه‌ها بسمت داخل کشیده میشوند و در نتیجه
کار ورنرولو با زنده و توربین سرعت میگیرد، در سرعت عادی پیلوت ولو اجازه میدهد که مقدار
مساوی روغن در داخل دو مجرا برود و فشار روغن در مجرا‌ها مساوی است و سر و پیستون
(SERVO PISTON) حرکتی ندارد.

اما وقتی که کار ورنرولو با ید با زیاد بسته شود در اثر تغییرات حرکتی وزنه‌ها فشار روغن در یک
مجرای کم و در مجرای دیگر زیاد میشود پس شیر را (PILOT VALVE) فشار مجرا‌ها را تغییر
میدهد، تغییر فشار باعث حرکت کار ورنرولو میشود و بنا حرکت کار ورنرولو سرعت توربین کنترل
میشود.

در شکل زیر (۴۱) کار ورنرولو و سیستم روغن هیدرولیک بوسیله یک کار ورنر برقی کنترل میشود.

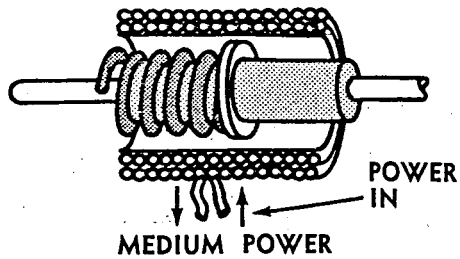


شکل (۴۱)

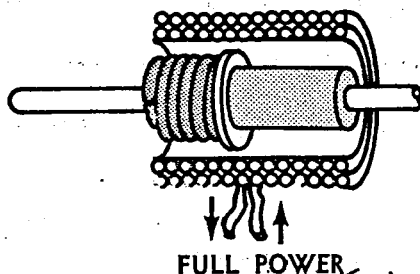


NO POWER

جریان برق در سیم پیچ نیست

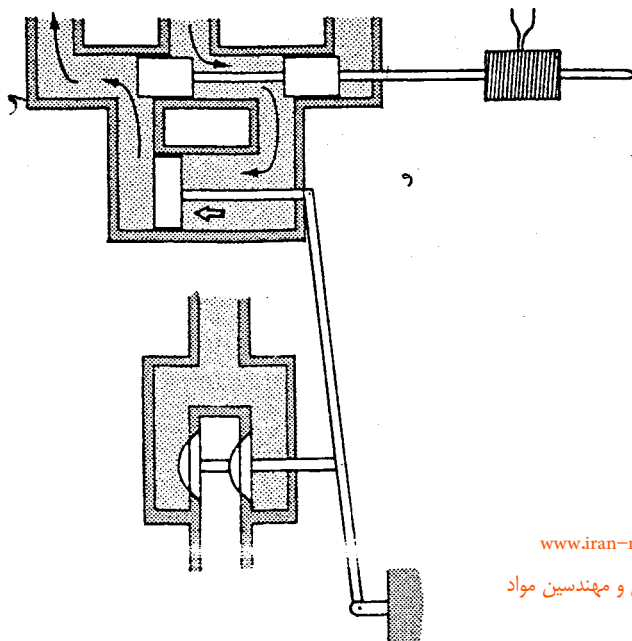


جریان متوسط برق در سیم پیچ



جریان کامل برق در سیم پیچ

شکل (۴۲)



شکل (۴۳)

یک دستگاه مولد برق کوچک بوسیله توربین می‌چرخد و با حرکت دورانی توربین، مولد مقداری برق تولید می‌کند و جریان الکتریسیته تولید شده باعث جذب مغناطیسی یک سیم‌پیچ می‌گردد (شکل ۴۲) تا زمانی که جریان الکتریسیته ضعیف است میله آهن بوسیله نیروی فنربه بیرون رانده می‌شود، عبور جریان برق در سیم‌پیچ آنرا بیک آهن ربا تبدیل می‌کند و هرگاه جریان برق زیاد شود، سیم‌پیچ مغناطیسی هسته آهنی را جذب می‌کند، هسته آهنی بداخل سیم‌پیچ حرکت می‌کند و فنر را فشرده می‌کند و هرچه جریان الکتریسیته در سیم‌پیچ بیشتر شود، هسته آهنی پیلوت ولورابسمت چپ میکشد.

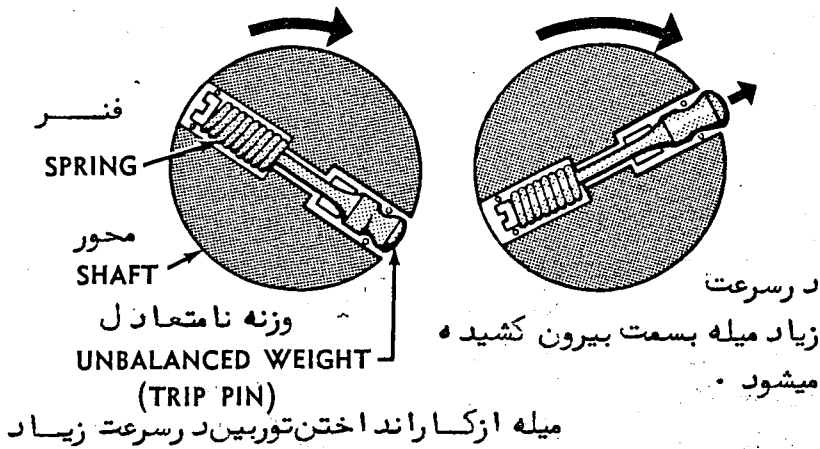
هسته آهنی پیلوت ولورابرحسب تغییرات سرعت توربین به عقب یا جلو حرکت می‌دهد و تغییرات فشار روغن هیدرولیک باعث حرکت سروپیستون به جلوی عقب شده و در نتیجه شیرتنظیم سوخت را در حالت معینی نسبت به سرعت توربین نگه می‌دارد.

OVER SPEED TRIP MECHANISM

دستگاه‌ها زکارانداختن توربین در دوربیش از حد

گاه‌ها در دروضع‌های سرعت توربین را تنظیم می‌کند، اگر بطور ناگهانی بارتوربین برداشته شود سرعت توربین زیاد می‌شود، بعضی اوقات گاه‌ها ورنریکندی عمل کرده و یا اصلاً در این حالت ناگهانی عملی انجام نمی‌دهد، هرگاه گاه‌ها ورنر سوخت ورودی به توربین را قطع نکند، ممکن است سرعت توربین بحدی رسد که قطعات چرخنده آن متلاشی و از هم جدا گردند.

در حالت اضطراری میله‌ها زکارانداختن توربین در دوربیش از حد، جریان سوخت به محفظه احتراق را قطع کرده تا از خطرات سرعت بیش از حد، توربین محافظت شود میله‌ها زکارانداختن توربین در دوربیش از حد و زن‌هایست که در محور گاه‌ها ورنر (یا توربین) قرار گرفته است شکل (۴۴).



شکل (۴۴)

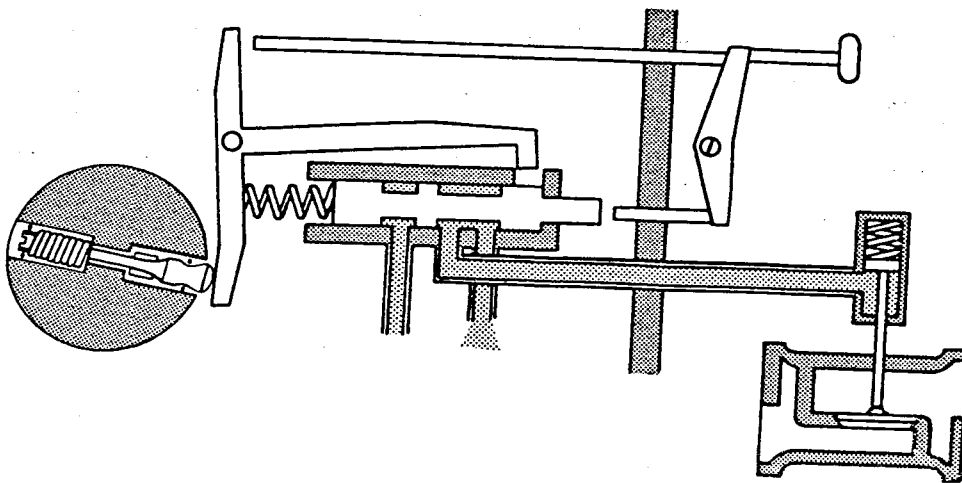
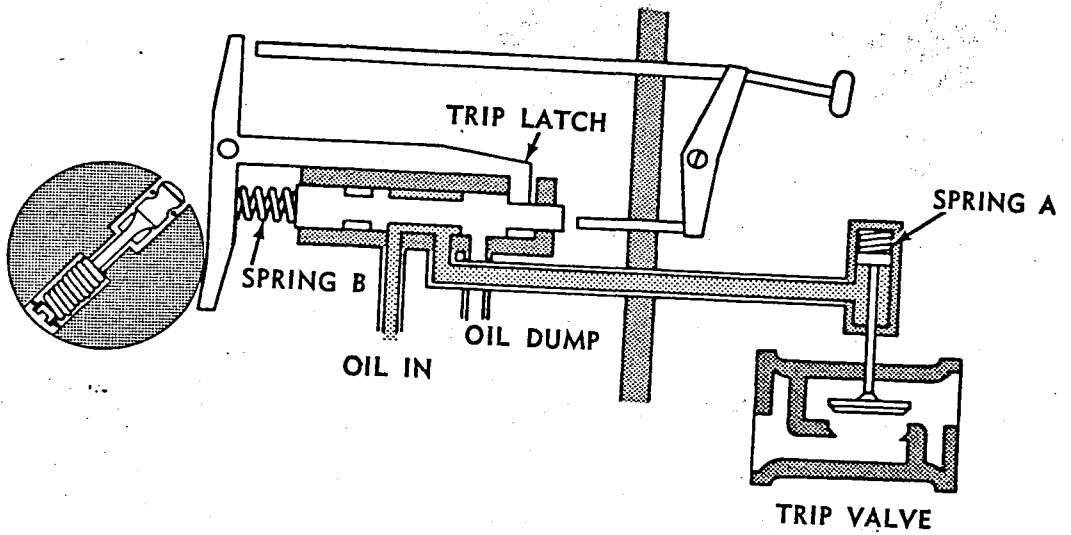
در سرعت عادی میل از کار انداختن توربین در سرعت بیش از حد در داخل محور و در توربین باقی میماند، و قتیکه محور میچرخد نیروی گریز از مرکز بیرون کشیده میشود ولی نیروی کشش فنر تا اندازه ای از این حرکت جلوگیری میکند.

شکل (۴۵) یک دستگاه از کار انداختن توربین در دور بیش از حد را نشان میدهد.

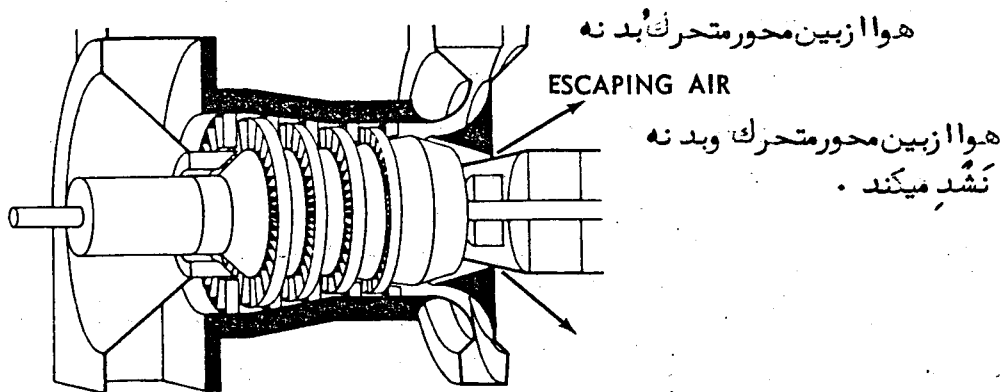
در سرعت عادی فشار روغن کنترل فنر (A) را فشرده کرده و شیر از کار انداختن را در حالت باز نگه میدارد، زمانی که سرعت توربین بیش از حد میشود، میل از کار انداختن به همراه از کار انداختن (TRIP LATCH) فشار وارد آورده و آنرا آزاد میکند و در نتیجه فنر (B) شیر را به روغن کنترل را باز کرده و روغن تخلیه میشود و قتیکه روغن کنترل از دستگاه خارج شود فشار کم میگردد و فنر (A) ولور میبندد و راه سوخت قطع میشود دستگاه از کار انداختن توربین در دور بیش از حد مثل گاز و رنجریان سوخت به محفظه احتراق را قطع میکند و برعکس گاز و رنجر که خودش دوباره به حالت تعادل بر میگردد، دستگاه از کار انداختن توربین در دور بیش از حد را با یک وسیله دست دوباره آماده بکار کرد (RESET).

میل های از کار انداختن توربینها در دور بیش از حد طوری میزان شده اند که ۱۰ الی ۱۵ درصد بیش از سرعت عادی توربین را از کار می اندازند. برای مثال هرگاه سرعت توربین به ۸ درصد از سرعت عادی بیشتر شود دستگاه از کار انداختن توربین در دور بیش از حد بکار نمی افتد.

EXHIBIT 4

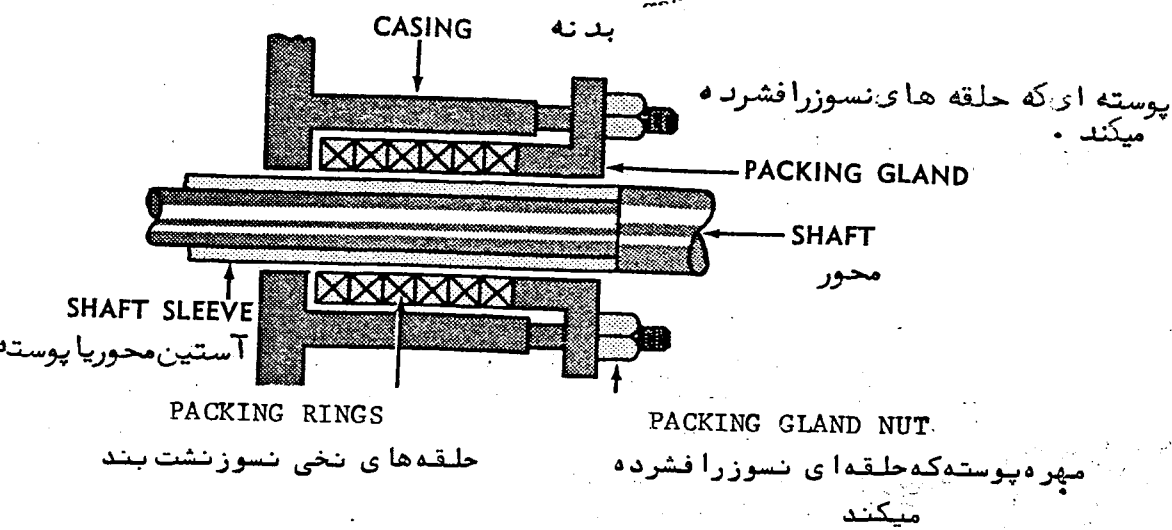


محور چرخنده کمپرسور و توربین از میان بدنه ثابت عبور میکنند، بنا بر این باید فاصله کمی بین محور چرخنده و بدنه ثابت و تیغه‌ها وجود داشته باشد تا بهم ساییده نشوند، هرگاه این فاصله زیاد شود هوا با فشار زیاد از آن خارج میشود (مطابق شکل ۴۶).

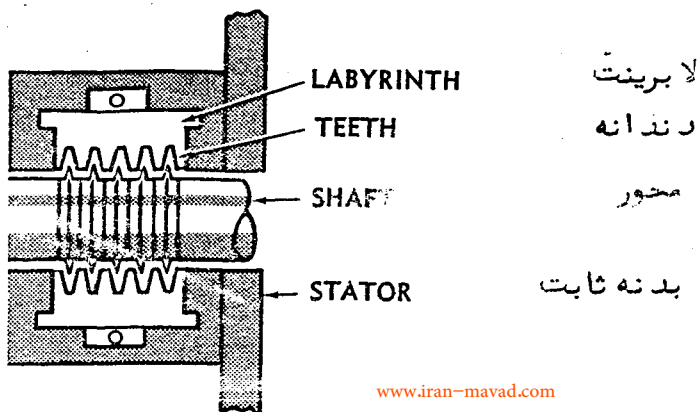


شکل (۴۶)

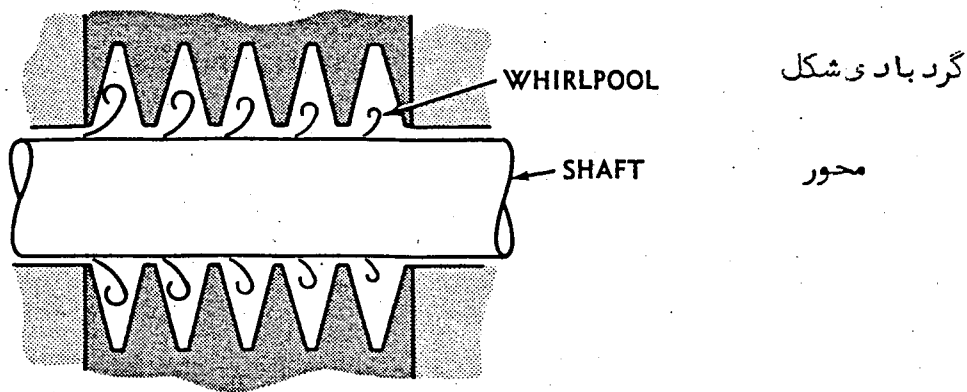
هرگاه هوای زیاد از توربین به فضای اطراف خارج شود، قدرت توربین کم شده و راندمان آن کاهش مییابد و نیز اگر فاصله کم باشد، محور چرخنده و بدنه ثابت یا تیغه‌ها با هم تماس پیدا کرده و حرارت زیاد تولید میشود و این حرارت ممکن است باعث کجی یا خوردگی محور، تیغه‌های ثابت و بدنه ثابت گردد.



شکل (۴۷) یک نشت بند نسوز را که در یک توربین کوچک بخار آب که سرعتش کم است نشان میدهد. نشت بند بطوری قرار گرفته که از خروج بخار آب بین محور چرخنده و بدنه ثابت جلوگیری میکند و از تعدادی حلقه های نخی نسوز نرم که در تماس با محوری آن صدمه نمی زنند تشکیل شده است. توربینهای احتراقی با سرعت زیاد می چرخند و اگر نشت بند نخی نسوز در آنها بکار رود در مدت کوتاهی نشت بندها خورده میشوند و بنابراین در توربینهای احتراقی نشت بندهای نرم نمیتوانند بطور موثر از خروج گاز به بیرون جلوگیری کنند. در توربینهای احتراقی از نوعی نشت بند بنام لابرینت سیل (LABYRINTH SEAL) که از فلز نرم ساخته شده و مانند نشت بند نخی زود ساآئیده نمیشود، استفاده میکنند. لابرینت سیل حلقه ای است که در آن شیارهایی کنده شده و بین هر دو شیار یک دندان تیز وجود دارد و این دندانها از نشت گاز از بین محور و بدنه ثابت جلوگیری میکنند. (شکل ۴۸).



داندانه‌ها از فلز نرم ساخته شده اند که اگر احیاناً "با محور چرخنده تماس پیدا کنند باعث خوردگی زیاد محور نشوند، لابرینت سیل نشت هوا را در امتداد محور چرخنده به حداقل می‌رساند.

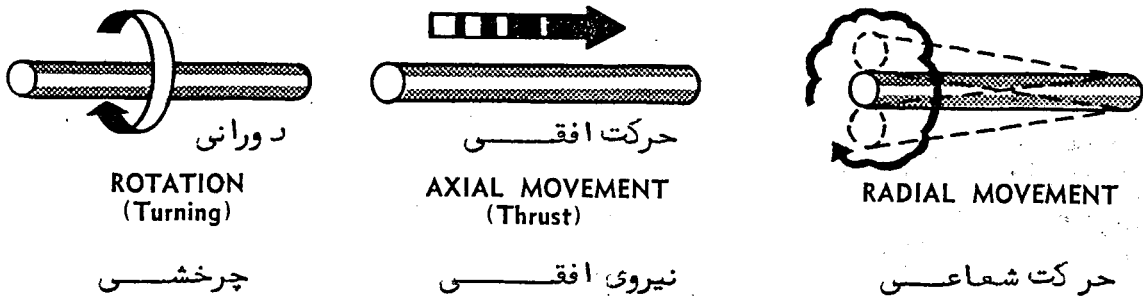


طبق شکل (۴۹) حفره‌ای بین لابرینت سیل و محور تشکیل می‌شود که گاز داغ در حین عبور در هر شرایطی شبیه به گردباد پیدا می‌کند و این عمل باعث می‌شود که مقدار خیلی کمی هوا از بین آنها خارج گردد. هرگاه در اثر سائیدگی یا طاقانها محور با لابرینت سیل کمی تماس پیدا کند، لبه‌های تیز لابرینت سیل خورده می‌شوند.

BEARINGS

یا طاقانها

محورها ی چرخنده کمپرسور و توربین باید در حین چرخش در محل و وضع معینی قرار بگیرند
محور برای چرخیدن باید آزاد بوده و براحتی بچرخد ولی نه آنقدر که حرکت افقی زیاد داشته باشد.



ک (۵۰)

در شکل (۵۰) سه حالت مختلف از حرکتهای یک محور دیده میشود. غیر از حرکت دورانی، محور به دو حالت دیگر میتواند حرکت کند، زمانیکه گاز داغ به تیغه‌های توربین برخورد میکند، نیروئی افقی بر آن وارد شده و آنرا بیک سمت میکشد و این نوع حرکت را محوری یا افقی نامند (AXIAL MOVEMENT).

محور ممکن است خارج از خط مرکزی دور بزند، این نوع حرکت را شعاعی (RADIAL MOVEMENT) نامند.

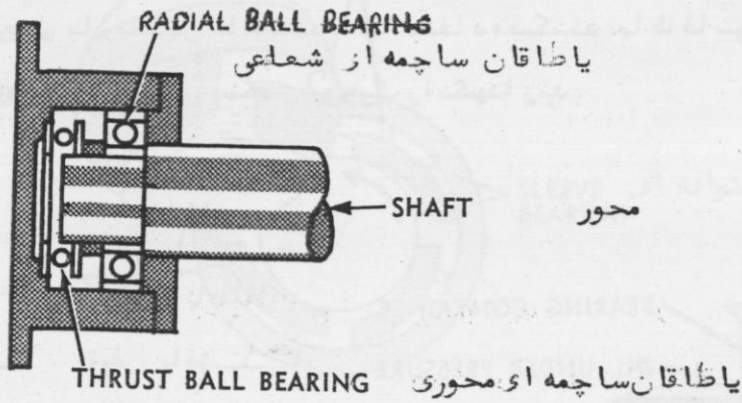
یا طاقانها (BEARINGS) محورها نگهداشته و باعث میشوند که محورها حداقل اصطکاک بچرخد و حرکات شعاعی یا افقی محورها کنترل میکنند.

یک قشر مایع روغنکاری بین محورها یا طاقان قرار میگیرد.

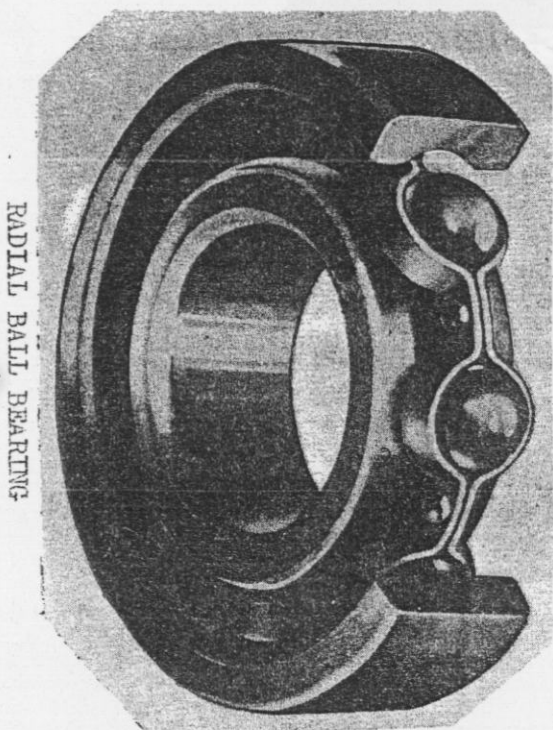
یا طاقان شعاعی (JOURNAL BEARING) حرکت شعاعی محورها کنترل کرده و همچنین وزن محورها را تحمل میکند.

یا طاقان صفحہ گرد محوری (THRUST BEARING) حرکت افقی محورها محدود میکند در توربین‌های کوچک گازی از یا طاقانهای ساچمه‌ای برای کنترل حرکت شعاعی و محوری استفاده میشود.

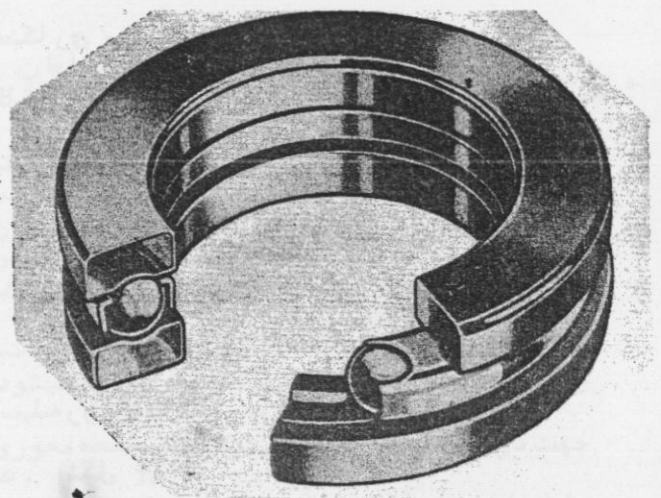
مطابق شکل محورها این توربین دارای یا طاقان شعاعی و محوری از نوع ساچمه‌ای میباشد.



یاتاقانهای ساچمه‌ای روغنکاری شده و غالباً اصطکاکی بین گلوله‌ها و دیگر قسمت‌ها نمی‌باشد و محور که می‌چرخد یا تاقانهای ساچمه‌ای هم‌راستی دور می‌زنند. یک یاتاقان ساچمه‌ای را در محلی که با آن زیاد باشد میتوان بعنوان یاتاقان شعاعی یا محوری بکار برد یا تاقانهای ساچمه‌ای در توربینهای کوچک بکار می‌روند.



PANEL II

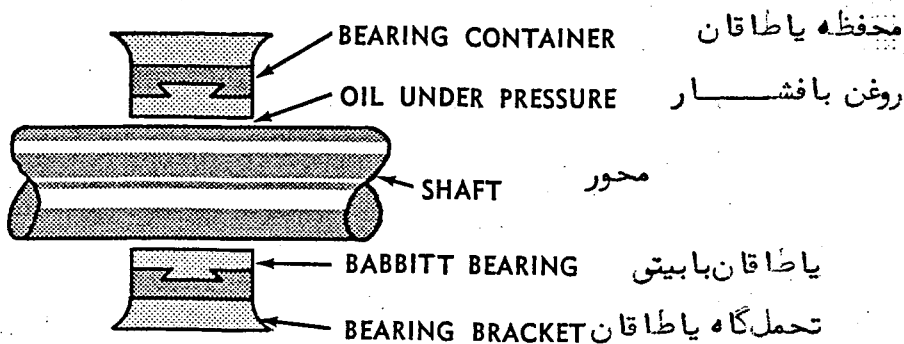


B

یاتاقان ساچمه ای محوری

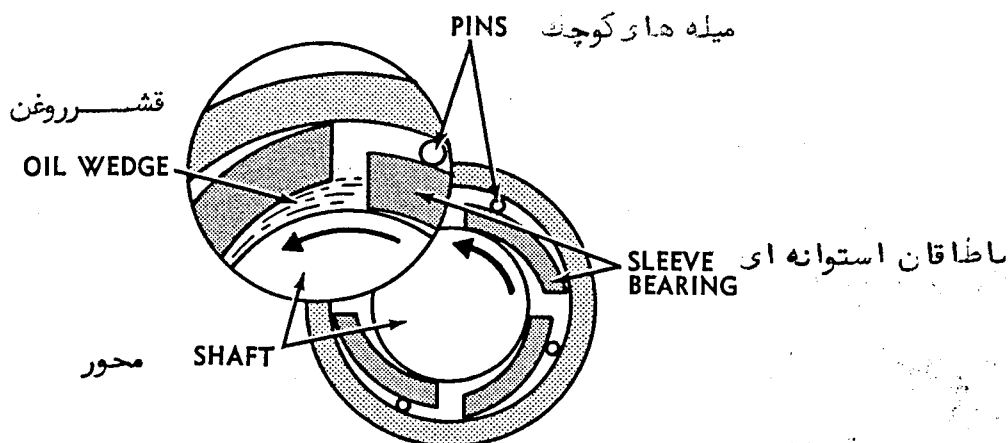
A

توربین‌ها و کمپرسورها ی بزرگ از یاطاقانهای استوانه‌ای یا بوشی (SLEEVE BEARING) که برای تحمل بار سنگین ساخته شده‌اند استفاده می‌کنند، یاطاقانهای استوانه‌ای می‌توانند محورها ی خیلی سنگین و بزرگ را نگهدارند.



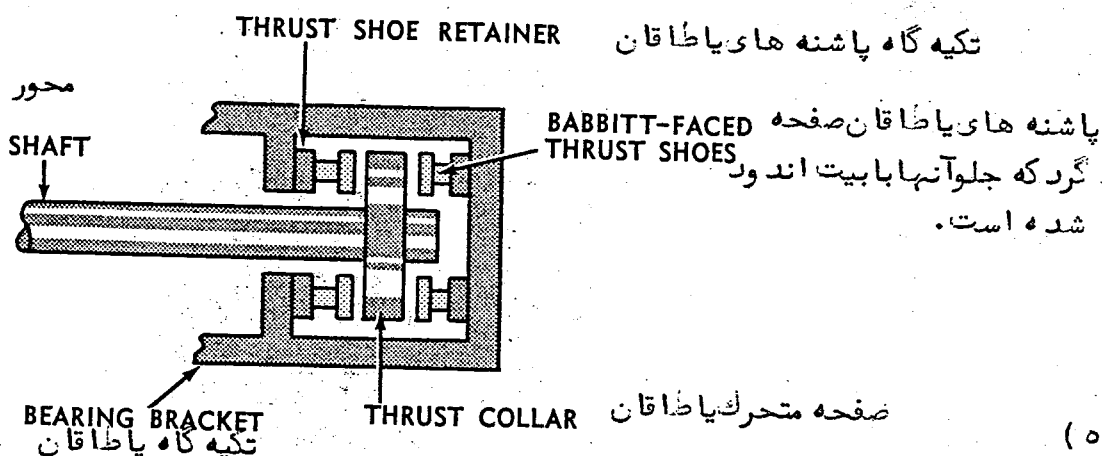
شکل (۵۳)

در شکل (۵۳) یک یاطاقان استوانه‌ای دیده می‌شود، این یاطاقان از فلز کم‌اصطکاک ساخته شده (BABBITT) و با لایه‌ای از روغن آنرا روغنکاری می‌کنند. روغن با فشار از میان شیارهایی که در سطح یاطاقان است به یاطاقان وارد شده و آنرا روغنکاری می‌کند، علت اینکه روغن با فشار به یاطاقان وارد می‌شود این است که اطمینان حاصل شود که محور با بار سنگین نتواند قشر روغن را از یاطاقان خارج کند. بعضی از یاطاقانهای استوانه‌ای از چند قطعه ساخته شده‌اند که می‌توانند گچ شده و بمقدار کمی با زیر بسته شوند، وقتی که محور می‌چرخد به علت اینکه یاطاقان از چند قطعه تشکیل شده شیارهایی بین قطعات و محور بوجود می‌آید که بوسیله روغن با فشار پر می‌شوند و در نتیجه محور و یاطاقان بهتر روغنکاری و می‌زان می‌شوند. (شکل ۵۴).



شکل (۵۴)

شکل (۵۵) یک نمونه از باطاقان صفحه گرد است که در بیشتر توربینهای گازی بکار میرود.

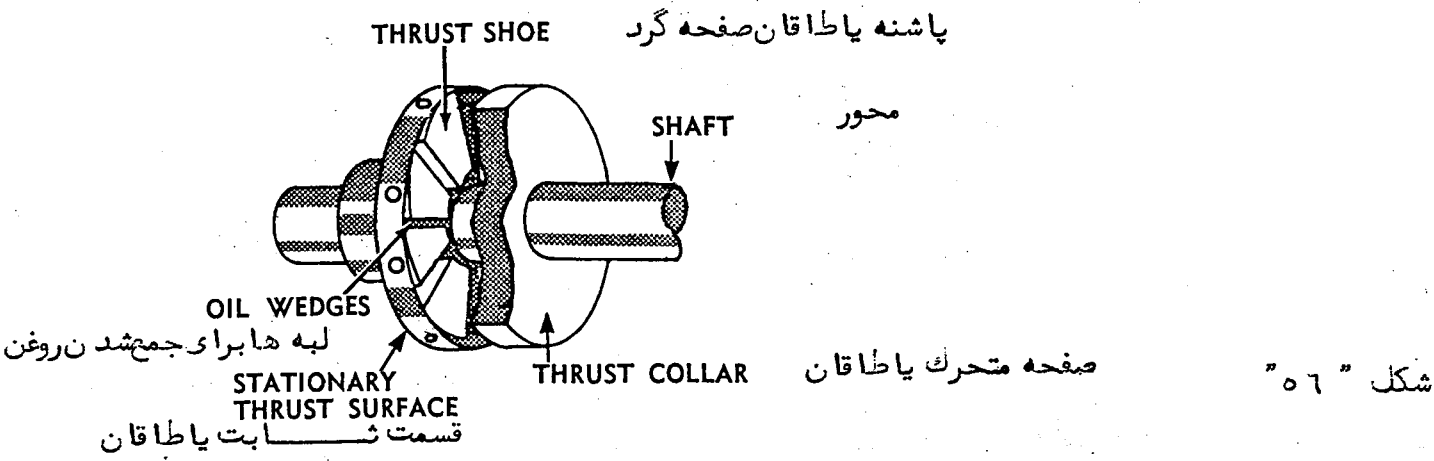


شکل (۵۵)

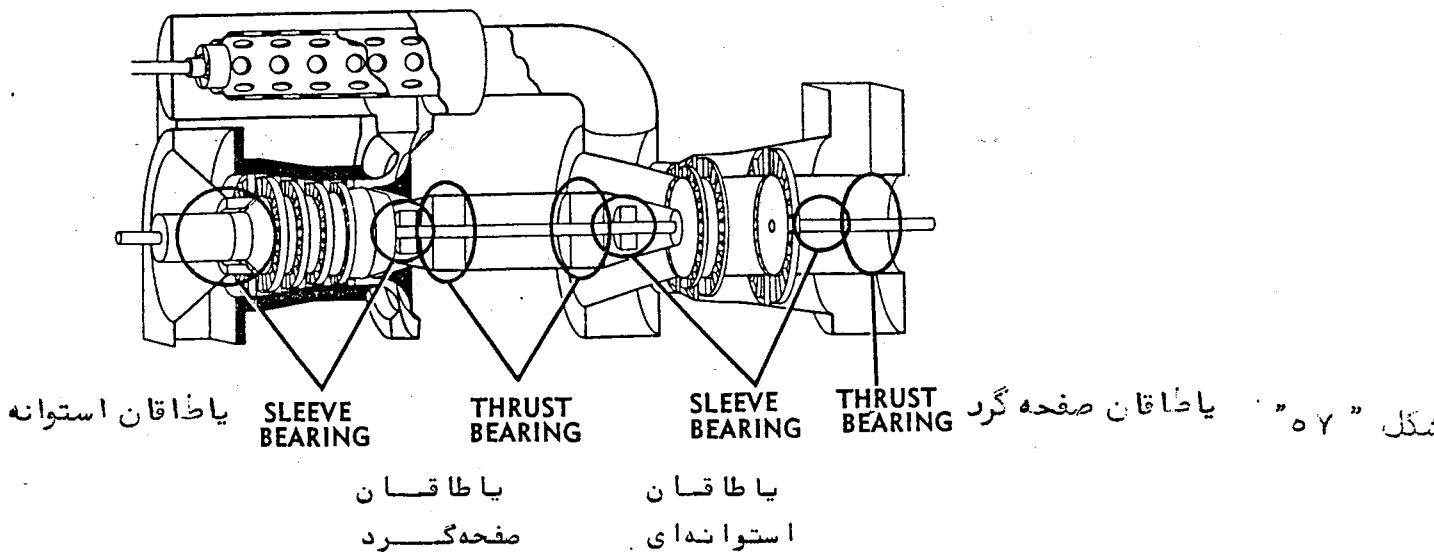
یک باطاقان صفحه گرد شامل یک تکیه گاه ثابت (THRUST) که قطعات پاشنه ای مانند بابت اندود شده بطور شعاعی روی آن قرار گرفته اند و یک صفحه محوری (COLLAR THRUST) که روی محور قرار دارد و با محور میچرخد.

روغن با فشار به باطاقان صفحه گرد وارد میشود (THRUST BEARING) و قتی که محور در هر جهت در امتداد طولی حرکت میکند، صفحه محوری متحرک (MOVING THRUST COLLAR) و قطعات پاشنه ای ثابت (STATIONARY THRUST PADS) به هم فشرده میشوند، روغنی که بین این دو سطح قرار گرفته مانع از اصطکاک و تماس مستقیم آنها میشود.

در بعضی از توربینهای گازی، قسمت ثابت یا طاقان صفحه گرداز قطعاتی تشکیل شده که در وقتی که محور میچرخد آن قطعات کمی کج شده و شیارهایی بوجود میآورند و این شیارها از روغن پرفشار پر شده و مانع از خروج روغن بین قسمت های ثابت و متحرک میگردند. (شکل ۵۶)



شکل (۵۷) نمونه ای از محل قرار گرفتن یا طاقانها در یک توربین گازی میباشد.



یا طاقان های استوانه‌ای از (SLEEVE BEARINGS) وزن کمپرسور، کمپرسور توربین و توربین با ریا نیرو را تحمل کرده و حرکت شعاعی آنرا کنترل میکنند (یعنی محور زیاد با لایپا ئین نمی تواند بشود).

یا طاقان صفحه گرد (THRUST BEARING) حرکت افقی محور کمپرسور توربین، کمپرسور و توربین با ریا محدود میکند.

دستگاه گردش روغن THE OIL CIRCULATION SYSTEM

در دستگاه روغنکاری روغن با فشار برای یا طاقانها تامین میشود، هرگاه فشار روغن کم شود یا طاقانها روغنکاری نمی شوند.

اغلب دستگاههای کنترل سرعت و حرارت توربین از دستگاههای تقویتی هیدرولیکی استفاده میکنند.

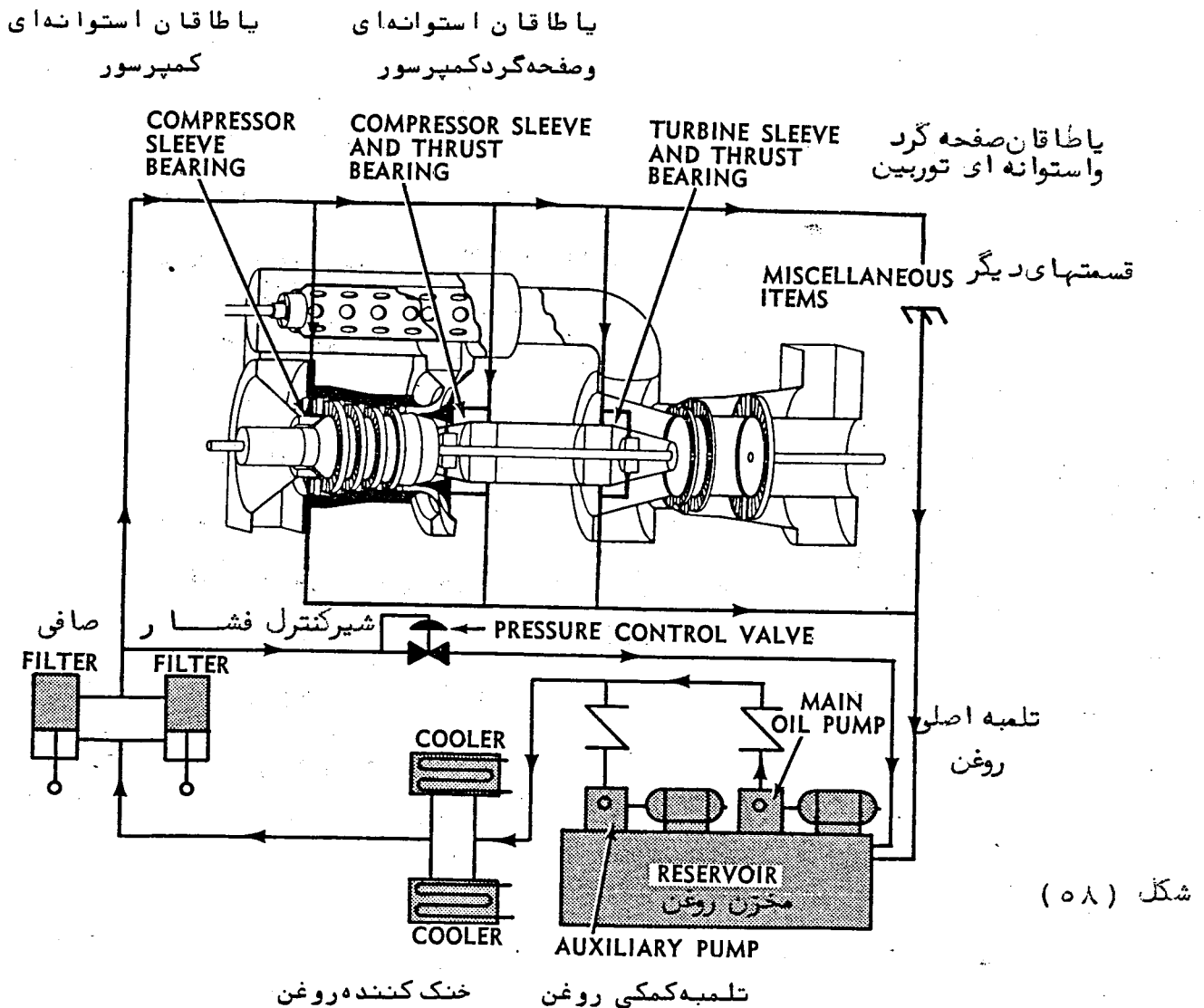
دستگاهها و رنرا احتیاج به روغن پرفشار برای حرکت گاو رنر و لود دارد.

پس روغن در توربینها به دو منظور بکار میرود :

۱ - روغنکاری یا طاقانها

۲ - برای کنترل توربین

شکل (۵۸) نمونه‌ای از دستگاه گردش روغن می باشد :



شکل (۵۸)

روغن در مخزن بزرگی ذخیره می‌شود و بوسیله پمپ اصلی روغن (MAIN OIL PUMP) از مخزن کشیده شده و با فشار به یا طاقان‌ها و دستگاه‌های کنترل هیدرولیکی می‌رود. هرگاه حرارت روغن زیاد شود، خاصیت روغن‌کاری ریش از بین می‌رود (تجزیه می‌شود) و دیگری قشری از روغن بین قطعات فلزی تشکیل نمی‌شود، بنابراین روغن باید خنک باشد تا بتواند یا طاقان‌ها را خنک کند، برای سرد کردن روغن آنرا از دستگاه خنک کننده COOLER عبور می‌دهند. همچنین هرگاه روغن خیلی سرد باشد غلیظ شده و روغن غلیظ به خوبی در یا طاقان‌ها جریان پیدا نمی‌کند و یا طاقان‌ها کاملاً "روغن‌کاری نمی‌شوند".

روغن پس از عبور از دستگا ه خنک کننده از یک صافی گذشته و ذرات کثیف و ناخالصیهای آن گرفته میشود، هرگاه دستگا ه روغنکاری نتواند روغن به یاطاقانها برساند آسیب شدید را شش اصطکاک و حرارت به آنها وارد شده و ممکن است ذوب یا سوخته شوند، بنا براین تا وقتی که توربین کار میکند باید روغن در یاطاقانها با فشار معین جریان داشته باشد، اگر فیلتر یا دستگا ه خنک کننده روغن گرفته شود یا تلمبه روغن خراب شود و جریان روغن قطع گردد، توربین به احتمال قوی با ید بسته شود، پس در چنین وضع اضطراری یک صافی و دستگا ه خنک کننده روغن تلمبه کمکی باید وجود داشته باشد تا جریان روغن را در این حالت برقرار کنند.

از آنجا که هرگاه دستگا ه روغن دچار اشکال شود باید توربین بسته شود. اغلب توربینهای گازی دارای دو عدد تلمبه روغن میباشند.

پمپ اصلی روغن در وقتی که توربین کار میکند روغن مورد لزوم را تامین میکند و در مواقع اضطراری تلمبه کمکی روغن بکار افتاده و جریان روغن را در دستگا ه برقرار میکند.

تلمبه اصلی روغن بوسیله محور توربین میچرخد، در وقت بکار انداختن توربین چون محور توربین سرعت ندارد:

پمپ اصلی روغن کار نمی کند، در چنین وقتی، تلمبه کمکی روغن بوسیله دستگا ه جداگانه دیگری مستقل از توربین کار می افتد.

در وقت بکار انداختن توربین روغن مورد لزوم برای یاطاقانها بوسیله تلمبه کمکی روغن تامین میشود تا زمانی که سرعت توربین به اندازه عادی برسد و همچنین وقتی که توربین از کار می افتد، تلمبه اصلی روغن هم کار نمی کند در این هنگام دوباره تلمبه کمکی روغن بکار افتاده و روغن به یاطاقانها جریان پیدا میکند.

همچنین دو عدد صافی روغن (فیلتر) و دستگا ه خنک کننده روغن در دستگا ه گردش روغن وجود دارند.

هرگاه فشار روغن روغنکاری کم شود بعضی از توربینها ممکن است بوسیله دستگا ه هیدرولیکی از کار بیفتند و دستگا ه خودکار بوسیله شیر تخلیه، روغن هیدرولیک را به مخزن تخلیه کرده و سبب از کار افتادن توربین میگردد، بعضی از توربینها مجهز به دستگا ه اعلام خطر فشار کم روغنکاری میباشند و همچنین دستگا ه اطلاع دهنده که حرارت زیاد روغن را نشان داده یا بوسیله صوت مسئول مربوطه خبر میشود، بنا براین دستگا ه خبر کننده هرگاه فشار روغن کم شده یا حرارت روغن زیاد شود مسئول دستگا ه را مطلع می سازد.

یک توربین احتراقی گازی در وقت کار کردن چگونه کنترل میشود

کنترل توربین در وقت کار کردن :

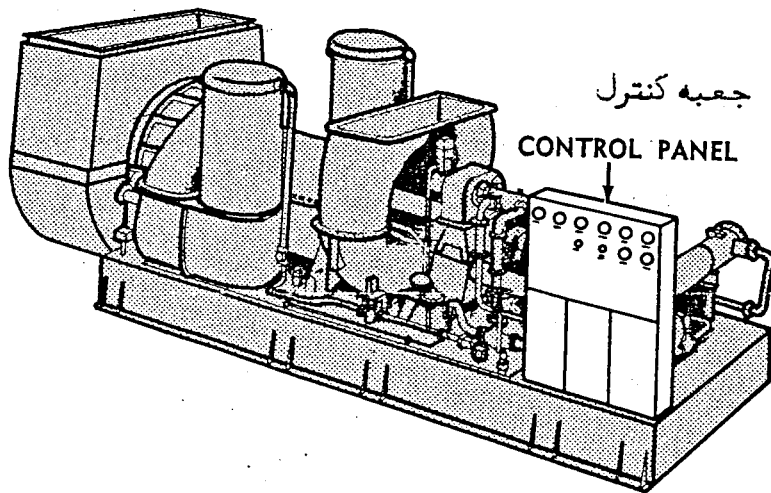
برای کنترل اتوماتیک توربینهای احتراقی گازی، دستگاههایی از ابزار دقیق پیچیده کنترل بوجود آمده است .

دستگاههای کنترل اطلاعات کافی از چگونگی کار توربین به شخص مسئول میدهند .

بیشتر کارها بطور خودکار در دستگاه کنترل و توربین انجام میگردد، برای مثال سرعت توربین بوسیله گاز و برتر تنظیم میشود و یا اگر سرعت توربین زیاد شود، بوسیله دستگاه از کار انداختن توربین در دور بیش از حد توربین از کار میافتد .

بکار انداختن، کار کردن عادی و از کار انداختن توربین اغلب بطور خودکار انجام میشود .

جعبه کنترل (INSTRUMENT PANEL) عملیات این مراحل را انجام میدهد .



شکل (۵۱)

مسئول توربین در حقیقت خودش عملیات بکار انداختن توربین را انجام نمی‌دهد، به هر حال جعبه کنترل نمی‌تواند درباره اطلاعاتی که کسب می‌کند فکریا چاره اندیشی کند. چاره اندیشی فقط بوسیله مسئول توربین انجام می‌گردد. مسئول یک ناظر است که بطور مداوم توربین را با زرسی میکند. در مواقع اضطراری مسئول باید کنترل توربین را در دست بگیرد، اگر توربین صدای زیاد غیرعادی یا لرزش شدید بکند، در این هنگام معمولاً "مسئول دستگاهاست که توربین را از کار می‌اندازد در روی جعبه کنترل چراغها خاموش و روشن شده و دستگاهاها را خطا بصدایا می‌یابد تا مسئول توربین از وضع غیرعادی توربین اطلاع حاصل کند. کارکردن بی خطر توربین یکی از وظایف مسئول توربین می‌باشد.

TEMPERATURE CONTROL

کنترل حرارت

راندمان حرارتی :

همه قدرتی که از توربین گرفته می‌شود از سوختن مواد سوختنی بوجود می‌آید، هوا با فشار زیاد از کمپرسور و حجم خیلی زیاد از محفظه احتراق در اثر انرژی حرارتی مواد سوخت، سبب چرخش می‌گردد. به هر حال مقدار زیادی از انرژی برای کارکردن توربین هدر می‌شود.

در کمپرسور مقدار زیادی از انرژی توربین صرف فشردن هوا می‌گردد.

در ادامه کردن توربین کنترل حرارت امری بسیار ضروری و مهم می‌باشد. با یک درجه حرارت هوای ورودی به کمپرسور پائین نگه داشته تا مقدار انرژی مصرفی بوسیله کمپرسور کاهش داد.

مقدار نیرو برای کمپرسور دو برابر مقدار نیروئی است که صرف چرخاندن دستگاهاها دیگر از قبیل تلمبه نفت یا ژنراتور می‌گردد.

اگر یک توربینی پنج هزار اسب بخار قدرت برای چرخاندن یک تلمبه نفت داشته باشد کمپرسور هوا دو برابر این مقدار یعنی ده هزار اسب قدرت لازم دارد، تا گازها را غمور دلیزوم توربین را تامین کند.

پس برای اینکه پنج هزار اسب قدرت برای چرخاندن تلمبه داشته باشیم، توربین احتیاج داریم که دارای پانزده هزار اسب قدرت باشد، فقط یک سوم نیروی کل توربین برای چرخاندن تلمبه یا دستگاه دیگر مورد استفاده قرار میگیرد.

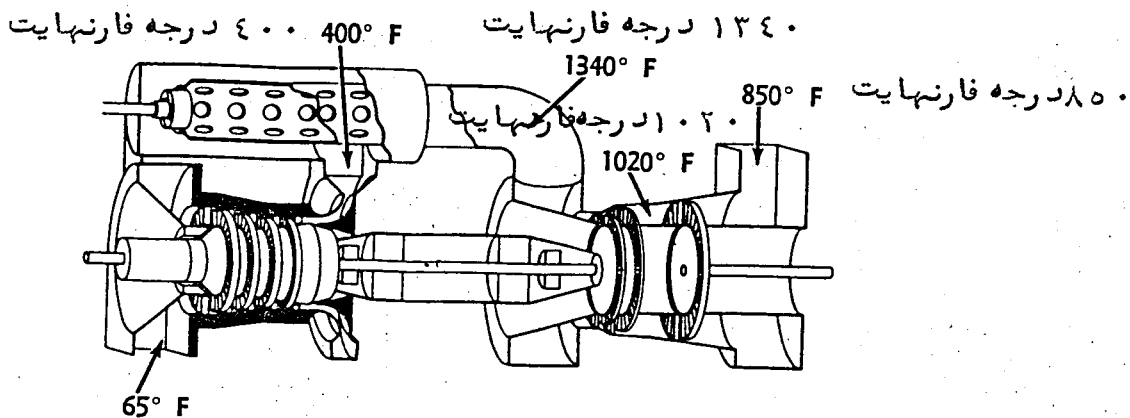
برای مثال :

اگر یک تلمبه نفت سه هزار اسب قدرت لازم داشته باشد با یک توربینی که نه هزار ۹۰۰۰ اسب قدرت دارد آنرا بچرخاند که دو سوم این مقدار یعنی شش هزار اسب قدرت فقط برای کمپرسور مصرف میشود و یک سوم آن یعنی سه هزار اسب آن جهت تلمبه بکار میرود.

مقدار زیادی از حرارت با گاز خروجی از توربین خارج میشود و این گاز داغ ممکن است بعنوان منبع حرارتی مورد استفاده قرار گیرد، در وقتی که توربین بدون بار کار میکند، مقدار زیادی سوخت مصرف میشود، اگر توربین بدون بار کار نکند، راندمان ندارد و راندمان حرارتی ممکن است با افزایش درجه حرارت در محفظه احتراق بالا رود، حرارت بیشتر حجم هوا را بیشتر میکند، زیاد کردن حرارت در محفظه احتراق باعث میشود که توربین سریعتر بچرخد و حرارت بیشتر در محفظه احتراق راندمان حرارتی را بالا ببرد اما درجه حرارت زیاد ممکن است باعث تغییر حالت دادن فلز گردد.

راندمان توربین با درجه حرارتی که فلزات داخلی توربین میتوانند تحمل کنند محدود میشود، حرارت های توربین باید اندازه گیری شده و کنترل گردند.

شکل (۶۰) درجه حرارت قسمتهای مختلف یک توربین گازی احتراقی را نشان میدهد.



شکل (۶۰)

حداکثر حرارت گاز یک توربین احتراقی گازی در محلی است که گاز داغ از محفظه احتراق به طرف محور چرخنده توربین جریان مییابد، تیغه‌های توربین نباید در معرض حرارت فوق العاده قرار بگیرند.

در قسمت ورودی محور چرخنده توربین گاز حداکثر حرارت را دارا مییابد و حرارت باید کنترل گردد درجه حرارت گاز داغ در اثر انبساط در محور چرخنده توربین کم میشود، بنابراین درجه حرارت گاز خروجی از توربین کمتر از درجه حرارت گاز ورودی به محور چرخنده مییابد، از آنجا که اندازه‌گیری درجه حرارت کمتر آسانتر از درجه حرارت بالاست، پس اندازه‌گیری درجه حرارت گاز خروجی توربین آسانتر مییابد.

افت درجه حرارت در توربین را میشود محاسبه کرد.

هوا از قسمت خروجی توربین بهتر از قسمت ورودی آن مخلوط میشود بنابراین حرارت در قسمت خروجی توربین یکنواخت‌تر است.

اندازه‌گیری درجه حرارت گاز خروجی، جلوگیری از اثر تغییر حرارت‌های سریع و زیاده‌روی دستگا‌های کنترل حرارتی مینماید، در اغلب توربین‌ها مبنای دستگا‌ه کنترل حرارتی بر حسب گاز خروجی توربین می‌باشد.

یک ترموکاپل (THERMO COUPLE) وسیله‌ایست که در اثر حرارت زیاد، مقدار بسیار ضعیفی برق تولید می‌کند.

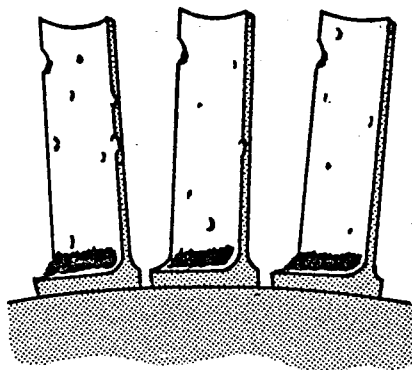
اغلب توربین‌ها دارای دو ترموکاپل یا بیشتر در قسمت خروجی گاز داغ یا وسیله دیگری انتقال درجه حرارت می‌باشند، ترموکاپل‌ها را طوری می‌توان میزان کرده که هرگاه ۱۰۰ درجه فارنهایت حرارت گاز خروجی از مقدار تعیین شده قبلی، زیادتر شود یک دستگا‌ه خطا را کننده را بصدادرت آورده تا مسئول توربین از آن زیاد درجه حرارت اطلاع حاصل کند، یا مثلاً در ۲۰۰ درجه فارنهایت بیش از حد اکثر حرارت، روی دستگا‌ه سوخت عمل موشی انجام دهد، بدین معنی که ترموکاپل در درجه حرارت بالا دستگا‌هی را بطور اتوماتیک بکلرا نداخته و بوسیله آن دستگا‌ه را سوخت به توربین را قطع می‌کند.

به منظور بازرسی و کنترل حرارت گاز داغ خروجی توربین دستگا‌ه ثبات حرارت روی جعبه کنترل قرار داده شده است.

اشارات حرارت فوق العاده

سوختن قطرات سوخت مایع نزدیک به تیغه‌های توربین یا ورود خاکسترهای داغ سوخت جامد از محفظه احتراق به توربین ممکن است باعث خال زدگی تیغه‌ها در اثر حرارت زیاد گردند.

شکل ۶۱



(شکل ۶۱)

مواد داغ ممکن است که قسمت کوچکی از تیغه‌ها را با اندازه نقطه ذوب فلز گرم کرده و در نتیجه حفره‌های کوچکی روی تیغه باقی می‌گذارند، حتی اگر درجه حرارت تیغه‌های فلزی به نقطه ذوب نرسد، آنها در حرارت زیاد ضعیف میشوند و هرچه درجه حرارت بیشتر گردد، فلز نیز بیشتر ضعیف میگردد.

همانطور که محور چرخنده دور میزند، در اثر نیروی گریز از مرکز تیغه‌ها کمی کش می‌آیند. در حرارت پائین نیروی گریز از مرکز چندان تاثیری روی تیغه‌ها ندارد اما در حرارت بالا و سرعت توربین، تیغه‌ها ضعیف شده یا کش می‌آیند (بطول آنها کمی افزوده میشود). قطعات فلزی در اثر حرارت منبسط و در سرما منقبض میشوند، قسمتهای فلزی که در حرارت زیاد به آنها تغییر شکل داده شود، وقتی که دوباره سردشان کنیم بحالت اولیه باز نمیگردند.

CREEP بمرورکش آمدن یا خزیدن

حالتی از ضعیف شدن یا بمرورکش آمدن قطعات فلزی تحت نیروی کش میباشد. معمولاً در گرما فلزات منبسط شده و وقتی که سرد شوند دوباره منقبض گشته و بحالت اولیه برمیگردند اما تغییرات (بمرورکش آمدن) همیشگی است.

تیغه‌های توربین در اثر چرخش و حرارت مداوم بمرورکش می‌آورند، تیغه‌های توربین ممکن است بخدی کش آیند که بشکنند.

CREEP بمرورکش آمدن در سه مرحله انجام میگردد :

- ۱ - PRIMARY CREEP بمرورکش آمدن اولیه
- ۲ - SECONDARY CREEP بمرورکش آمدن ثانویه
- ۳ - TERTIARY CREEP بمرورکش آمدن حالت سوم

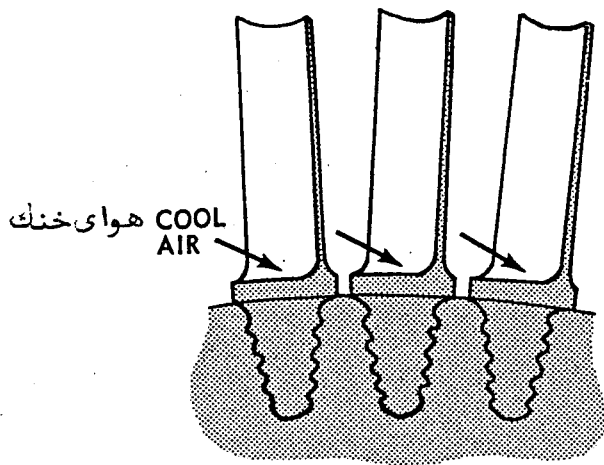
وقتی که تیغه نودرتوربین بکار برده شود سریعاً "خیلی کم بطولش افزوده میشود که حالت CREEP PRIMARY است و پس از مدت زمان دیگر حالت دوم بمرورکش آمدن تیغه CREEP SECONDARY صورت میگیرد که در مدت زمان طولانی و بکندی این عمل انجام میشود در حالت SECONDARY CREEP ممکن است بمرورکش آمدن تیغه، بحدی آنرا ضعیف کند که تیغه کاملاً "از دیسک کنده شود و این حالت را که سبب آسیب زدن کلی به توربین میگردد دو حالت سوم یا TERTIARY CREEP گویند.

تیغه های توربین نباید به نقطه شکستی برسند. تیغه های دیسک محور چرخنده قبل از رسیدن به TERTIARY CREEP نقطه شکستن باید عوض بشوند. بمرورکش آمدن تیغه با حرارت زیاد نسبت مستقیم دارد. کمپرسور توربین چون در معرض اختلاف حرارت قرار میگیرد، بمرورکش آمدن تیغه های آن نسبت به توربین باریشتر و پراشکال تر است.

با آلیاژهای از قبیل اینکونل ۱۰۰ (INCONEL 100) و نیمونیک ۱۵۵ (NIMONIC 155) تا درجه حرارت ۱۴۰۰ درجه فارنهایت (هزار و چهارصد) بمرورکش آمدن را میتوان تقلیل داد.

این آلیاژها بعمرمحور چرخنده میافزایند. در بعضی از توربین ها جریان هوای خنک به ریشه تیغه ها برخورد می کند. شکل ۶۲.

از آنجا که نیروی اصلی کش آمدن تیغه ها بر روی ریشه های آنها اثر می کند، طول عمر تیغه ها را میتوان افزایش داد هرگاه تا آنجا که ممکن است ریشه های آنها را خنک نگاه داشت. هوای خنک کننده برای ریشه تیغه ها را میتوان از کمپرسور هوا تامین کرد، هوا از قسمت وسط کمپرسور قبل از اینکه بدرجه حرارت بیشتر رسد، خارج میشود، برای اینکه بمرورکش آمدن فلز (CREEP) را در حد معینی نگهداریم، درجه حرارت ورودی توربین نباید خیلی زیاد باشد.



شکل (۶۲)

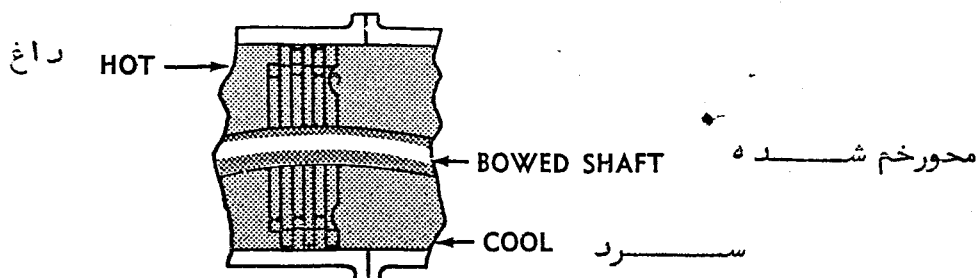
هرگاه درجه حرارت از حد مشروط بیشتر گردد قطعات فلزی خیلی سریع به نقطه (بمروزش، آمدن برسند).

اثرات حرارت غیریکنواخت

قطعات فلزی توربین باید بطور یکنواخت سرد یا گرم شوند، حرارت غیر یکنواخت باعث تغییر شکل و فشار روی تیغه‌ها میگردد، هوای خروجی از محفظه احتراق با حرارت نسبتاً زیادی وارد تیغه‌های توربین میگردد.

در هنگام بکار انداختن توربین خنک است، قطعات فلزی وقتی که به آنها حرارت دهیم منبسط میشوند.

قطعات فلزی که در مرحله اول حرارت می‌بینند سریعاً "منبسط میشوند". اگر همه قطعات بطور یکنواخت حرارت داده نشوند، قسمت‌هایی که سریعتر منبسط شده اند ممکن است تحت انبساط زیاد ترو تغییر یکنواخت گنج شوند.



شکل "۶۳"

درجه حرارت ورودی توربین در وقت بکار انداختن نباید در هر دقیقه بیش از ۲۵ درجه فارنهایت فزونی یابد، تا اینکه دچا را انبساط غیریکنواخت نشده و از فشار و بار سنگین روی تیغه ها جلوگیری گردد.

بالا رفتن سریع درجه حرارت مثلاً ۵۰ درجه فارنهایت در هر دقیقه ممکن است عمر توربین را کوتاه کند، دستگا ههای کنترل توربین روی جعبه کنترل طوری میزان شده اند که هر دستگا ه با زمانی معین کار خود را انجام دهد.

قسمتهای فلزی در اثر سرما منقبض یا چروکیده میشوند.

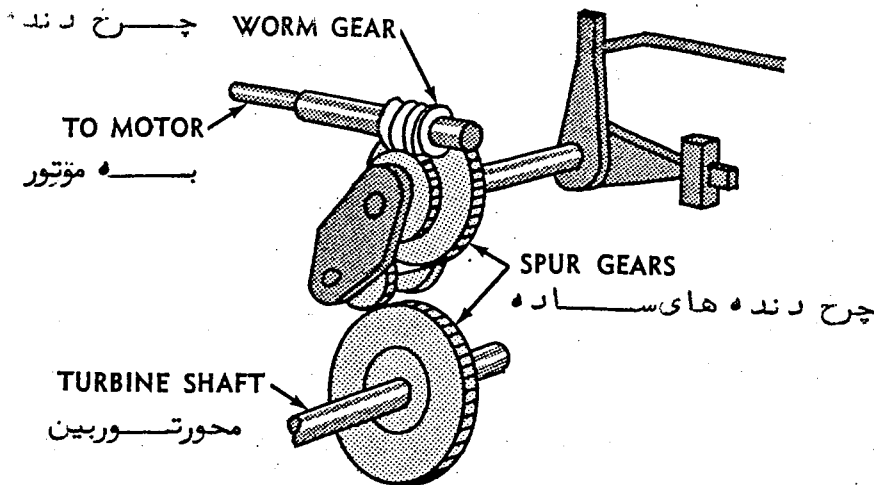
در زمان ازکار انداختن توربین محور چرخنده سرد و منقبض میشود. وقتی که توربین ازکار بیفتد، هوای داغ داخل بدنه شروع به سرد شدن میکند، هوای سرد و سنگین مآلاً در قسمت پائین بدنه جمع میشود و محور توربین در قسمت پائین سریعتر سرد میشود و محور ممکن است در اثر سرد شدن غیریکنواخت یا سریع خمیده گردد، بقیه محور بتدریج روبه سردی می رود تا اینکه محور بطور کامل بیک درجه حرارت برسد. خمیدگی محور در زمان کوتاهی که توربین ازکار رمی افتد و اختلاف درجه حرارت توربین خیلی زیاد است به حد اکثر میرسد. چون صفحات یا دیسک ها بطرز محکمی روی محور قرار گرفته اند، محور حتی پس از خنک شدن بهمان حالت خمیده باقی میماند.

باید دستگا هی داشته باشیم که از این خم شدن محور جلوگیری کنند و الا "در وقت بکار انداختن توربین، محور خمیده لرزش بسیار شدید ایجاد کرده و سبب اختلال در دستگا ههای اتوماتیک بکار انداختن توربین میگردد.

برای جلوگیری از سرد و گرم شدن غیریکنواخت در وقت بستن توربین، توربین های بزرگ به دستگا ه چرخاندن توربین TURNING GEAR مجهز هستند. شکل ۶۴

دستگاه چرخاندن محورتوربین

TURBINE GEAR



شکل (۶۴)

TURNING GEAR محورتوربین پس از خاموش شدن توربین میچرخاند، تا اینکه محور توربین بطوریکه نواخت خنک شود، بنا بر این دستگاه چرخاندن محورتوربین ——— TURNING GEAR محورا میچرخاند و با این عمل از خم شدن محورها اثر سرد شدن غیر یکنواخت جلوگیری میشود.

یک موتور برقی کوچک دارای قدرت ۱ یا ۲ اسبیک چرخ دنده مارپیچ را میچرخاند. و این چرخ دنده مارپیچ چرخ دنده ای ساده دیگر را بحرکت درمی آورد و TURNING GEAR بوسیله دست یا اتوماتیک پس از اینکه توربین از کار افتاد به محورتوربین متصل میشود.

زمان اتصال (TURNING GEAR) به محورتوربین بوسیله مسئول توربین تعیین میشود. (در دستگاه های جدید بطور خودکار انجام میگردد).

VIBRATION

لرزش

قطعات توربین در وقت کار کردن لرزش دارند.

برای تقلیل مقدار سائیدگی قسمتهای توربین، این لرزش باید حداقل کم باشد.

لرزش دو حالت مشخصه جدا از هم دارد.

۱ - فرکانس FREQUENCY

۲ - دامنه نوسان AMPLITUDE

فرکانس دفعات لرزش در دقیقه و دامنه نوسان مقدار لرزش یا حرکات را تعیین میکند.

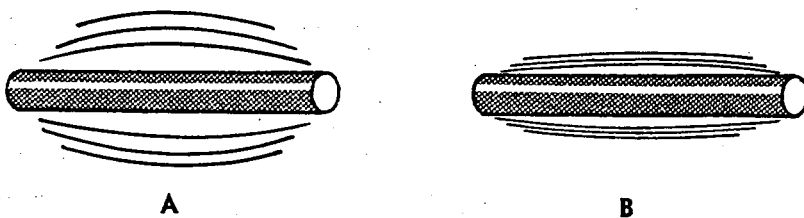
یک لرزش کامل را یک سیکل (CYCLE) نامند.

هرگاه یک محور در هر دقیقه ۱۰۰ بار لرزش داشته باشد لرزش آن با فرکانس ۱۰۰ سیکل در دقیقه می باشد.

همانطور که گفته شد فرکانس تعداد لرزشها در دقیقه و دامنه نوسان مقدار لرزش را تعیین میکند.

فرکانس وجه مشترکی با دامنه نوسان ندارد.

زیاد شدن فرکانس احتیاجی به زیاد شدن مقدار حرکت محوری طاقان ندارد.



شکل (۶۵)

شکل ۶۵ فرکانس لرزش دو محوری کسان است ولی دامنه نوسان لرزش محور A بیشتر از محور B می باشد.

واحدها دامنه نوسان مقدار فاصله به میلز (MILS) است (هر MIL $\frac{1}{1000}$ اینچ

می باشد) لرزش یک محور که ۱۰ میل ($\frac{1}{100}$ یا $\frac{1}{1000}$ اینچ) باشد بیشتر از لرزش محوری

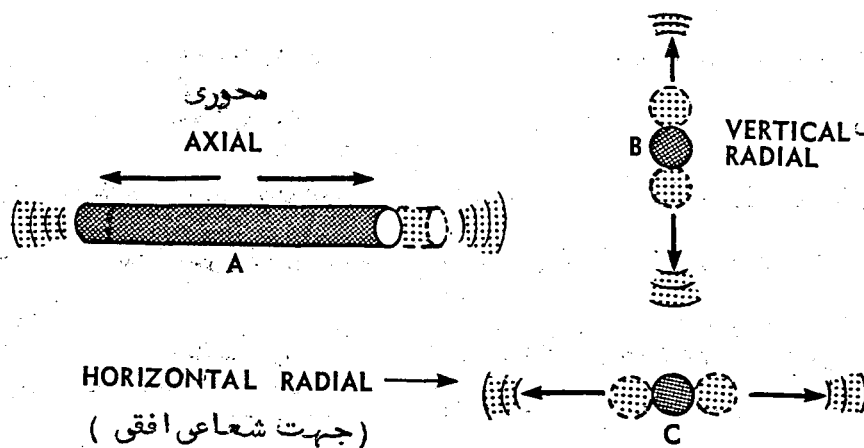
است که مقدار لرزش آن ۴ میل ($\frac{4}{1000}$ یا $\frac{1}{250}$ اینچ) است.

پس دامنه نوسان با ۱۰ میل بیشتر از دامنه نوسان با ۴ میل است. دامنه نوسان

(AMPLITUDE) در سه جهت اندازه گیری میشود.

- ۱ - حرکت محوری AXIAL DIRECTION
- ۲ - درجهت حرکت شعاعی RAKIAL DIRECTION که جهت حرکت شعاعی دو نوع میباشد.

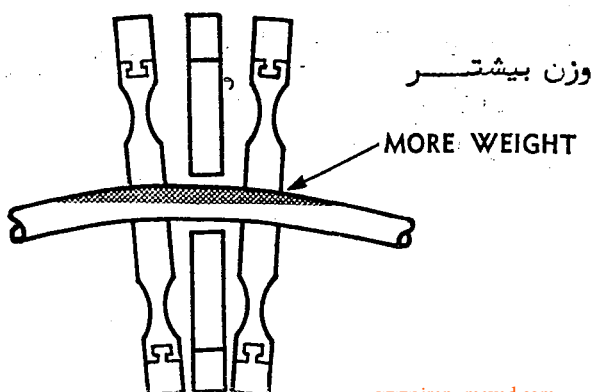
الف (VERTICAL RADIAL حرکت شعاعی عمودی)
 ب (HORIZONTAL RADIAL حرکت شعاعی افقی)



شکل (۶۵)

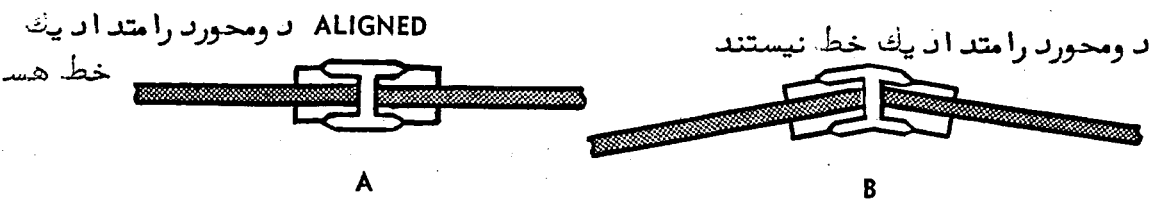
محور A دارای حرکت محوری در امتداد خط مرکزی میباشد و محور B دارای حرکت شعاعی در امتداد عمودی و محور C دارای حرکت شعاعی در امتداد افقی است.
 تحت شرایط معمولی که رکوردن توربین دامنه نوسان لرزش کم است، دامنه نوسان زیاد شده دلیل بروتع غیرعادی است که باید چاره جوئی گردد.

هرگاه محور چرخنده نامتعادل (OUT OF BLANANCE) باشد، دامنه نوسان زیاد میشود.



طبق شکل ۶۶ وقتی که یک محور خم می‌شود، مرکز تعادل آن تغییر کرده و حرکت چرخشی غیر یکنواخت محور خمیده باعث ازدیاد دما منهنوسان می‌گردد.

اتصال دهنده (COUPLING) کاپلینگ بین توربین و تلمبه ممکن است که در یک خط نباشند مطابق شکل (۶۷).



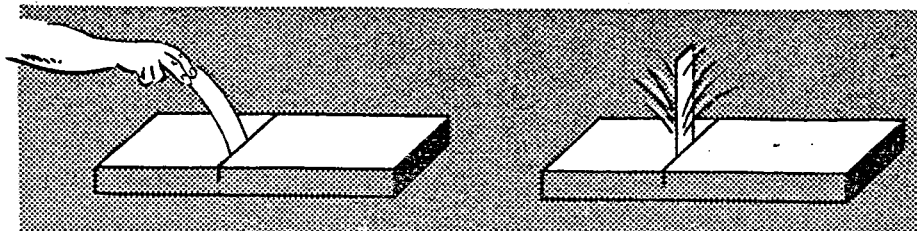
شکل (۶۷)

کاپلینگ‌هایی که در امتداد یک خط نباشند متعادل نیستند و دما منهنوسان لرزش آنها زیادتر از حالتی است که در یک خط هستند.

هرچه که نامیزانی آنها بیشتر باشد، لرزش دارای دما منهنوسان بیشتری است یک توربین با تیغه شکسته لرزش زیاد تولید می‌کند، برای جلوگیری از لرزش باید توربین بسته شده و تیغه شکسته عوض گردد.

لرزش شدید باعث خوردگی زیاد قطعاتی که دارای لرزش هستند، می‌گردد و یا طاقانها حرکت محوری و شعاعی را محدود کرده و بنا بر این مقدار لرزش را تقلیل می‌دهند.

یک یا طاقان سائیده شده که باعث لرزش زیاد می‌شود باید تعویض گردد. هرگاه یک نوار نازک از فولادی که قابلیت فنری داشته باشد مطابق شکل ۶۸ در شیار محکم کرده، سپس کشیده و رها سازیم، لرزش آن دارای یک فرکانس طبیعی است (NATURAL FREQUENCY).



شکل (۶۸)

فرکانس طبیعی نوار فولادی بستگی به دامنه نوسان آن ندارد.

هرگاه به یک میله معلق ضربه بزنید، همیشه به یک نسبت مساوی لرزش خواهد داشت، زیرا لرزش میله

معلق مورد آزمایش همیشه دارای یک فرکانس معین است.

لرزش محور توربین مانند نوار فولادی دارای یک فرکانس طبیعی است.

محورها ئی که دارای قطر ها و طول های مختلف هستند، فرکانس طبیعی آنها هم مختلف است، یک

محور با طول و خاصیت انعطاف پذیری بیشتر دارای فرکانس طبیعی کمتری است نسبت به محوری

که دارای طول کمتر و قطر برابر باشد. برای آزمایش می توانید یک خط کش را روی لبه میز طوری

قرار دهید که هر دفعه طول معینی از خط کش از لبه میز بیرون باشد و ملاحظه می شود که با طول بیشتر

فرکانس لرزش آن کمتر است.

دو محور دارای طول برابر ولی قطر مختلف، فرکانس طبیعی لرزش آنها فرق دارد.

هر چه قطر محور بیشتر و محور سنگین تر باشد دارای فرکانس طبیعی بیشتری است محور که می چرخد،

لرزشی نسبت به سرعتش ایجاد می کند که این لرزش بستگی به فرکانس طبیعی ندارد.

یک محور که با ۱۰۰۰ دور در دقیقه می چرخد، فرکانس لرزش آن ۱۰۰۰ سیکل در دقیقه می باشد.

(CRITICAL SPEED) سرعت بحرانی، سرعتی از توربین می باشد که در آن دور به خصوص لرزش محور

به فرکانس طبیعی میرسد.

در سرعت بحرانی (CRITICAL SPEED)، لرزش حرکت دورانی برابر با فرکانس طبیعی می شود

در اغلب دور ها، لرزش چرخشی با فرکانس طبیعی فرق میکند.

در سرعت های غیر از سرعت بحرانی (CRITICAL SPEED) دامنه نوسان کم است. و در سرعت

بحرانی دامنه نوسان زیاد می شود.

توربین های گازی یا دوزیاد، سرعت کار کردن عادی آنها بالاتر از سرعت بحرانی می باشد.

در وقت بکار انداختن یک توربین گازی بزرگ که سرعت آن در هر لحظه زیاد می شود، توربین باید

از سرعت بحرانی گذشته و به سرعت عادی برسد.

بخاطر جلوگیری از آسیب زدن به یاتاقانها حدا لامکان باید کوشش شود که توربین در سرعت

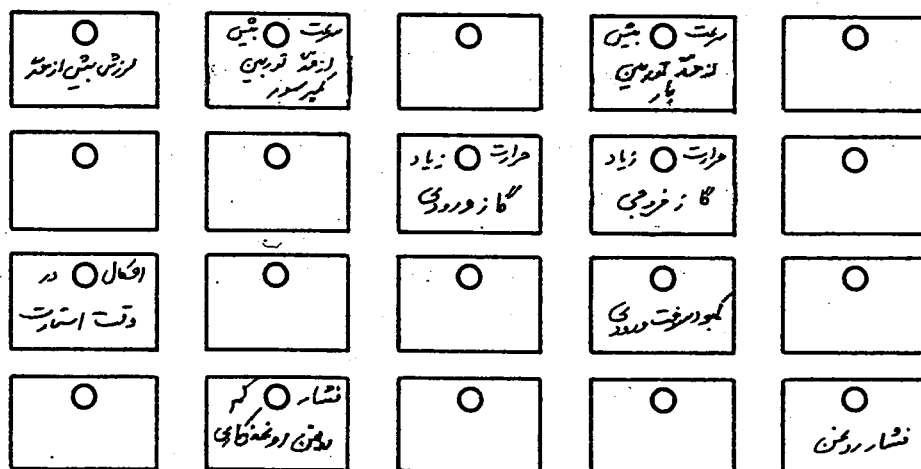
بحرانی حتی برای زمان کوتاهی که رن کند، زیرا حرکت محور بوسیله یاتاقانها محدود می شود

و لرزش زیاد محور یاتاقان آسیب میرساند.

هرگاه محور توربین خمیده باشد، زمانیکه به سرعت بحرانی میرسد، نیروی لرزشی آن بیشتر است. لرزش توربین بوسیله دستگاه اندازه گیری لرزش سنجیده میشود.

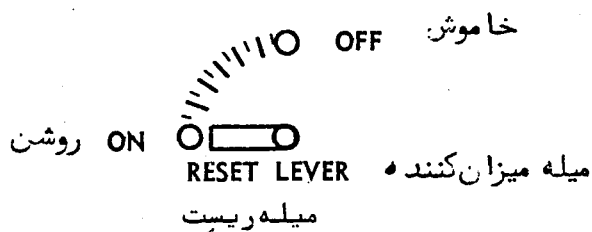
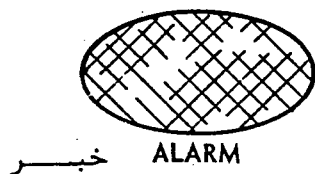
بکار انداختن و کار کردن توربین

قبل از بکار انداختن، دستگاههای مختلف توربین باید بوسیله مسئول آن با زرسی گردند. دستگاههای کنترلی خودکار، مخصوصاً "دستگاههای ایمنی باید در وضع کار خوب و آماده باشند. برای اطمینان از کار کردن بی خطر، مسئول توربین، دستگاهها را بکار انداختن توربین در دور بیش از حد را باید امتحان کند. روی توربینهای که دارای دو محور میباشند، دستگاهها را بکار انداختن در دور بیش از حد روی توربین کمپرسور و توربین با ربا باید آزمایش گردند و اطمینان حاصل شود که بنحوی صحیح کار خود را انجام میدهند.



ANNUNCIATOR PANEL

معبه اطلاع دهند از وضع توربین



کل (۶۹)

مطابق شکل (۶۹) (ANNUNCIATOR) دستگاها اطلاع دهنده شامل چراغهای که خاموش و روشن شده و بوقهای که بصدا درمیاندهنگامی که دستگاها در حالت غیرعادی میباشد.

یک چراغ کوچک مثلاً "حرارت بیش از حد را نشان میدهد" (RESET).

هرچراغ روی دستگاها اطلاع دهنده علامت یک حالت غیرعادی توربین است.

چراغهای دستگاها اطلاع دهنده حتی بعد از اینکه عیب دستگاها برطرف شده روشن میمانند، تا اینکه مسئول دستگاها دکمه ریست (دوباره میزان کردن) را فشار دهد.

جعبه کنترل مجهز به دستگاها هشات، روی یک کاغذگرافهای نمودار کارتوربین را رسم میکند.

برای اطمینان از کار دستگاها هشات (RECORDER) باید کاغذگراف با اندازه کافی موجود بوده و دستگاها بخوبی کار خود را انجام دهد و قبل از بکار انداختن توربین دستگاها هشات را بکار انداخته و از صحیح کار کردن آن اطمینان حاصل شود.

بکار انداختن توربین در واقع بطور اتوماتیک انجام میگردد.

مسئول توربین ممکن است بعضی از حالات را با انداختن توربین را با دست انجام دهد اما کار اصلی او، مواظبت از دستگاها در حالات غیرعادی است.

هرگاه بکار انداختن توربین بطرز صحیح انجام نشود، چراغهای اطلاع دهنده خاموش میشوند.

زمانیکه همه دستگاها آماده باشند، چراغ آماده برای استارت (READY TO START) روی جعبه کنترل روشن میشود.

در وقت بکار انداختن توربین، در حله نخست نباید سوخت به محفظه احتراق برود و شیرهای خودکار اصلی سوخت باید در حالت بسته باشند.

روی خط لوله سوخت به توربین، شیرهای قطع سوخت تعبیه شده اند که در هنگامی که دستگاها کار نمیکنند از نشت گاز به توربین جلوگیری شود.

در وقت بکار انداختن توربین این شیرهای قطع سوخت (BLOCK VALVES) باید باز شوند تا گاز و روغن بطور خودکار مقدار سوخت لازم جهت توربین را تنظیم کند.

تلمبه اصلی روغن در وقتیکه توربین سرعت ندارد کار نمیکنند زیرا به محور چرخنده وصل است.

قبل از اینکه توربین سرعت بگیرد، یک تلمبه کمکی روغن برای تهیه روغن پرفشار جهت روغنکار یا طاقانها بکار میافتد.

تلمبه کمکی روغن ما را مطمئن میسازد که یا طاقانها روغنکاری میشوند.

روغن روغنکاری باید در وقت کار کردن توربین خنک باشد. اگر خنک کننده های روغن (OIL COOLERS) با آب خنک میشوند باید شیر ورودی آب سرد به آنها در وقت بکار انداختن توربین باز شود.

در وقت بکار انداختن چون کمپرسور حرکتی ندارد، استارت موتور آنرا میچرخانند تا هوای فشرده لازم جهت تمیز کردن قسمت های داخلی محفظه احتراق و توربین تولید کنند و با فشار از محفظه احتراق و توربین عبور کرده و این قسمت ها را از گاز سوخت و مواد سوختنی پاک میکند. مدت زمان لازم برای پاک کردن قسمت های داخلی توربین بوسیله دستگا ه کنترل معین میشود. مرحله تمیز کردن قسمت های داخلی باید حداقل بمدت ۵ الی ۱۰ دقیقه طول بکشد. ممکن است در مدت زمان کمتر از ۵ دقیقه همه گاز جمع شده در توربین، بیرون رانده نشود.

شیرهای اصلی سوخت معمولاً "و قبل از بکار انداختن توربین بسته هستند. هرگاه در وقت بکار انداختن توربین مشاهده شد که شیرهای اصلی قبلاً باز بوده اند باید مدت پاک کردن داخلی توربین (PURGING) را طولانی تر کرد. پس از اینکه دستگا ه از گازهای سوخته نشده پاک شد، شعله راهنما را (PILOT FLAME) روشن میکنند.

دستگا ه اتوما تیک شعله راهنما را بوسیله شمع جرقه زن (SPARKING PLUG) که مدت ۱۵ ثانیه برق در آن جریان دارد، روشن میکند.

شعله راهنما برای روشن ساختن مشعل اصلی (MAIN BURNER) بکار میرود. بنابراین شعله راهنما باید قبل از مشعل اصلی روشن شود.

بوسیله حرارت سنج یا دیدن شعله، از روشن بودن شعله راهنما مطمئن گشته و سپس دستگا ه کنترل اتوما تیک راه سوخت به مشعل اصلی را باز میکند.

هرگاه مشعل اصلی روشن نشود، گاز سوخته نشده به محفظه احتراق و توربین جریان پیدا میکند و در چنین وضعی باید شیر ورودی سوخت بسته شده و حالت پاک کردن داخل توربین (PURGE) دوباره تکرار شود تا همه گاز سوخته نشده را از داخل توربین خارج سازد و برای بار دوم عمل روشن شدن شعله را انجام دهیم.

شعله راهنما روشن شده و مشعل اصلی هم بوسیله شعله راهنما روشن میشود.

در توربینهای بزرگ که دارای دو محور هستند بعد از خاموش شدن شعله باید (TURNING GEAR) را بکارانند تا محور توربین را به آهستگی بچرخانند و در نتیجه محور بطور غیر یکنواخت سرد نشود.

استارت موتور تقریباً "تا سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه محور توربین را میچرخانند و زمانیکه مشعل اصلی روشن شد، سرعت توربین بتدریج شروع به افزایش میکند و در دور معین استارت موتور بطور خودکار از محور توربین جدا شده و از کار میافتد.

زمان گرم شدن توربین (WARM UP PERIOD) قبل از رسیدن به سرعت عادی باید در حدود نیم ساعت باشد.

در بیشتر دستگاها ی کنترل، سرعت توربین بوسیله گاز و رتر تنظیم میشود.

گاورنر ممکن است بطور اتوماتیک یا غیر اتوماتیک بکار واداشته شود مسئول توربین هرگاه لرزش یا صدای غیر عادی تشخیص داد باید دستگاها را از کار ببندد.

یک توربین در سرعت بدون بار 70 IDLE درصد سوخت نسبت به بار کامل مصرف میکند.

کار کردن یک توربین بدون بار یا بار کم مفید نیست.

بعضی از توربینها دارای دستگاها خودکار هستند که از ویه بین تیغه های ثابت توربین را تغییر داده و راندمان توربین را در وقتیکه بار کمی دارد بالا میبرد.

برای اینکه توربین حداکثر راندمان را داشته باشد باید در حالت بار کامل (FULL LOAD) کار کند.

از کار انداختن توربین دارای مراحل تدریجی است.

سرعت توربین را با دست کم کرده تا به حداقل سرعتی که میتوان آنرا نگهداشت برسد درجه حرارت نباید در هر دقیقه بیش از ۲۵ درجه فارنهایت کاهش یابد، تقلیل سریع درجه حرارت باعث سرد شدن غیر یکنواخت میگردد.

در توربینهای بزرگ زمانیکه سرعت بخداقل دور در دقیقه رسیدد گما از کار انداختن توربین در حالت اضطراری (EMERGENCY STOP BUTTON) را فشار داده تا بوسیله آن شیر اصلی سوخت راه سوخت به محفظه احتراق را قطع کند.

با قطع شدن سوخت عمل احتراق در محفظه احتراق انجام نمیگیرد، سرعت محور چرخنده به آهستگی کم میشود و (TURNING GEAR) (دستگاه چرخاننده محور) بکار افتاده و محور را به آهستگی میچرخاند تا بطوریکه نواخت خنک شود.

از کار انداختن توربین در شرایط اضطراری باید سریعتر از حالت بستن توربین در وضع عادی انجام گردد.

هرگاه وضع غیرعادی که سبب آسیب رساندن به توربین میگردد، پیش آید در آن لحظه بستن توربین در حالت اضطراری بطور اتوماتیک موثر است.

دستگاههای مختلف اتوماتیک ممکن است عیب را تشخیص داده و توربین را از کار ببنداند. کمبود سوخت ورودی، درجه حرارت بیش از حد گاز داغ ورودی یا درجه حرارت بیش از حد گاز داغ خروجی باعث از کار افتادن توربین میشوند، همچنین فشار کم روغن روغنکاری یا سرعت بیش از حد محور باعث بسته شدن توربین میگردد.

لرزش بیش از حد یا صدای غیرعادی ممکن است ایجاب کند که توربین بسته گردد.

در وقت بکار انداختن توربین هرگاه شعله را هنوز روشن نشود باید توربین را بسته و عمل پاک کردن قسمت های داخلی توربین (PURGING) دوباره انجام شود، همچنین هرگاه یکی از دستگاه های ایمنی بکار نیفتد توربین را میتوان بطور غیر خودکار از کار انداخت برای این کار مسئول توربین با فشار دادن دگمه از کار انداختن در حالت اضطراری توربین را میبندد، یا اینکه یکی از میله های از کار انداختن توربین در دور بیش از حد آزاد ساخته و توربین را از کار ببنداند، یا اینکه کنترل سرعت را روی سرعت صفر میزبان کند تا توربین از کار بیفتد.