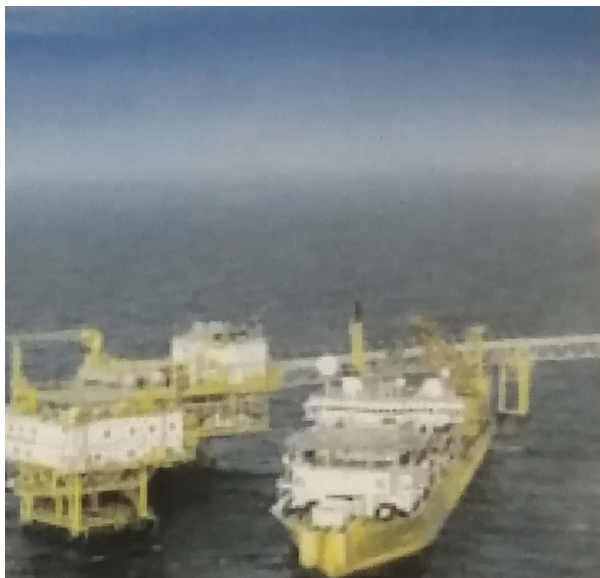


۳-۳- توربین گازی در تولید انرژی الکتریکی

توربین گازی به طور گسترده ای او در تولید انرژی الکتریکی به ویژه در زمان اوج مصرف و همچنین در بار پایه و ثانیه به عنوان واحد پشتیبان واحدهای بزرگ بخار، در مواقع اضطراری به کار می رود. در آمریکا و انگلستان از این سیستم ها فقط در اوج مصرف استفاده می شود، در حالی که در عربستان سعودی، به دلیل فراوانی سوخت، در بار پایه نیز بهره برداری قرار می گیرد. علت دیگر این موضوع، نیاز نداشتن به آب برای سیستم های خنک کننده است که در مناطق صحرایی و کم آب، موجب بهره برداری راحت می گردد. در انگلستان، نوعی از این واحدها با سیستم موتور هوایی که مجهز به توربین های توان بالا بوده و در مدت دو دقیقه، به قابلیت تولید صد درصد بار می رسد، استفاده می شود. اگر چه این قابلیت حائز اهمیت است، اما به دلیل تنش های حرارتی عمر مفید بین تعمیرات اساسی را کوتاه

می کند، بدین جهت لازم است فقط در شرایط اضطراری از این توربین ها استفاده شود. خاموشی بزرگی که در سال ۱۹۶۵ در آمریکا رخ داد سازندگان توربین گازی را بر آن داشت که توربین های گازی را با قابلیت راه اندازی مستقل و بدون استفاده از منبع الکتریکی دیگر طراحی کنند. این نوع توربین های گازی در اغلب کشورهای دارای شبکه مطمئن تولید برق، نصب شده و در حال بهره برداری است. از این نوع سیکل های توربین گازی باید در شرایط اضطراری برای تولید برق اصلی و فقط در مدت چند ساعت استفاده شود. در این رابطه، توربین های گازی با طرح تک محوری، می توانند توانی در حدود ۱۳۰ تا ۱۵۰ مگاوات تولید کنند، که البته هرروزه مدل های جدیدی با توان تولیدی بالاتر ساخته می شود. لازم به ذکر است که حد تولید بالاتر، ناشی از حداکثر ابعادی است که به دلیل حمل و نقل با راه آهن، باید در نظر گرفته شود. در کنار واحدهای الکتریکی



شکل ۱۳- توربین های گازی مورد استفاده در سکوهای نفتی

گازی برای تولید الکتریسیته با کارایی در حدود ۵۰ درصد است که برای استفاده در بار پایه در نظر گرفته می شود. در کشورهایی که از منابع نفتی محدودی برخوردارند، استفاده از واحدهای ترکیبی بهینه سازی شده با کارایی حرارتی بالاتر، اقتصادی تر از واحدهای بخاری یا دیزلی است. هدف از سیکل های ترکیبی، استفاده از حداکثر انرژی حاصل از سوخت است. برای این منظور، توربین گازی، ژنراتور تولید برق را به حرکت درآورده و انرژی حرارتی موجود در دود خارج شده

با توان بالا، واحدهای کوچک توربین گازی قابل حمل نیز، برای مناطقی که دسترسی به انرژی الکتریکی میسر نیست، ساخته می شوند.

۳-۴- توربین های گازی با تولید محدود انرژی الکتریکی

بیشترین کاربرد این نوع توربین های گازی در سکوهای دریایی است که بار پایه را برای بخش های مصرف کننده اصلی تأمین می کنند. (شکل ۱۳) سطح تولید این واحدها معمولاً حدود ۳ تا ۴ مگاوات است. در بعضی از سکوهای نفتی که مصرف انرژی الکتریکی به ۱۲۵ مگاوات می رسد. استفاده از واحدهایی با توان تولیدی بالاتر ضروری است. در این صورت به دلیل محدودیت سطح و فضای سکو، در انتخاب توربین گازی، توجه به ویژگی های سطح و حجم در اولویت قرار می گیرند.

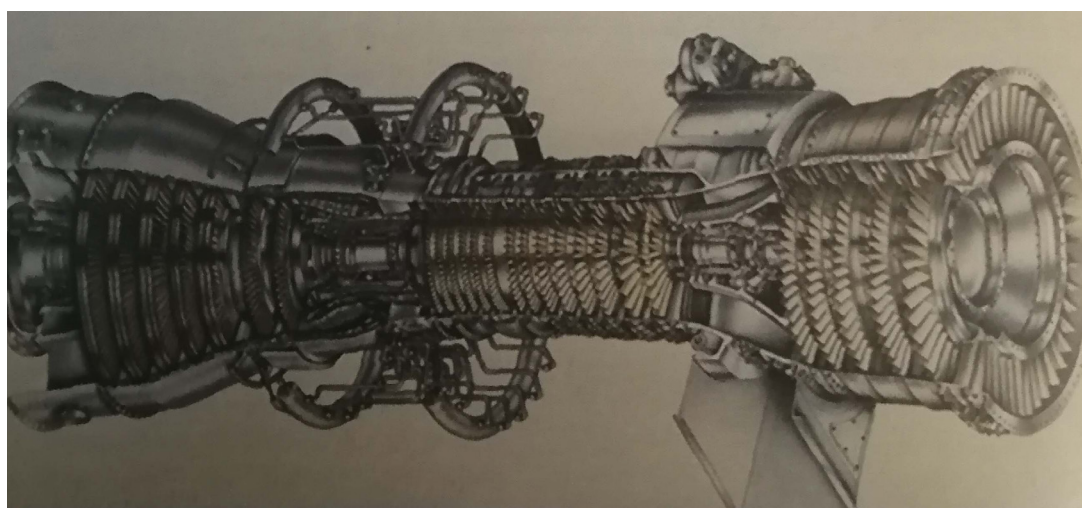
۳-۵- توربین گازی در سیکل های ترکیبی

سیکل های ترکیبی نوع دیگری از واحدهای

در این نوع سیستم ها معمولاً از چند واحد توربین گازی به منظور پایداری یا افزایش اطمینان از کارایی سیستم استفاده می شود. دود خروجی از این توربین ها نیز، سیستم بویلر بازیاب را تغذیه می کند. در صورت بروز اشکال فنی در یکی از واحدهای توربین گازی و خارج شدن آن از مدار، بهره برداری از سیکل ترکیبی ادامه یافته و تولید در بقیه مجموعه توربین های گازی انجام می شود. در بعضی از کشورها، از انرژی حرارتی دود خروجی از اگزوز توربین گازی در مبدل های حرارتی استفاده شده و انرژی حرارتی، به صورت قابل مصرف در محیط های شهری و صنعتی مانند مدارس، اداره ها،

از اگزوز توربین، برای مصارف دیگری استفاده می شود. موارد مصرف به سرعت و درجه حرارت دود خروجی بستگی دارد و می تواند انرژی محدوده وسیعی از مصرف کنندگان را تأمین نماید. به عنوان مثال از آن می توان برای واکنش های مختلف در مناطق صنعتی، یا گرم کردن محیط های مسکونی و شهری استفاده کرد. در بعضی از نیروگاه ها، دود حاصل از توربین گازی، از داخل بویلر بازیاب می گذرد و حرارت دود خروجی توربین گازی، به سیکل آب و بخار منتقل می شود.

بخار خروجی توربین فشار ضعیف را برای مصارف صنعتی و خانگی می توان استفاده کرد.



شکل ۱۴

محفظه احتراق که درجه حرارت بالاتری دارد جریان پیدا کرده و پس از تصفیه و جدا شدن ذرات موجود در دود توسط صافی، با هوای خروجی از مبدل مخلوط و وارد توربین گازی می شود. در این صنعت، مسائل خوردگی فیزیکی هنوز مطرح است، اما در صورت برطرف شدن مشکلات، استفاده از زغال سنگ یا سوخت های سنگین، امکان پذیر خواهد شد. در این فن آوری، به جای استفاده از سوخت های سنگین در محفظه احتراق با بستر متخلخل، از زباله های غیرفلزی که درجه حرارت کافی را برای توربین گازی تولید می کند می توان استفاده کرد. البته لازم است دود حاصل از احتراق از صافی های مناسبی عبور کند تا موجب فرسایش فیزیکی توربین نشود. در این فن آوری، آلودگی محیط زیست از موارد مهمی است که باید بر طبق استانداردهای مربوط آن جلوگیری شود.

روش دیگر، تبدیل سوخت های سنگین به سوخت های گازی تمیز، از طریق واکنش تبدیل به گاز است. در این روش نیز

ساختمان های عمومی، بیمارستان ها، آزمایشگاه ها و غیره به صورت آب گرم یا هوای گرم توزیع می شود. به این روش، افزایش کارایی حرارتی توربین گازی تا حدود ۶۰ درصد امکان پذیر است.

۳-۶- کاربردهای احتمالی توربین گازی در آینده

افزایش قیمت سوخت های فسیلی تمیز، ضرورت استفاده از سوخت های فسیلی سنگین را مطرح کرده است. اگر چه از این نوع سوخت ها در واحدهای بخاری که هزینه های تعمیراتی سنگینی دارند استفاده می شود، اما تا به حال از آن ها در توربین های گازی به صورت عملی استفاده نشده است. یکی از روش های عملی، به کارگیری محفظه های احتراق با بسترهای متخلخل است. در این روش، قسمتی از هوای خروجی کمپرسور از مبدلی که در داخل محفظه احتراق با بستر متخلخل قرار گرفته و ضریب انتقال حرارت بالایی دارد عبور می کند. قسمت باقی مانده هوای خروجی، از طریق خود

۲- محفظه احتراق: که به وسیله آن هوا در فشار ثابت گرم می شود.

۳- توربین: یکی از قسمت های اصلی توربین گازی است که با منبسط کردن گازی که در کمپرسور فشارش و در محفظه احتراق دمایش افزایش یافته، قدرتی برای به حرکت درآوردن کمپرسور و اجزاء متحرک دستگاه ایجاد می نماید. (شکل ۱۵)

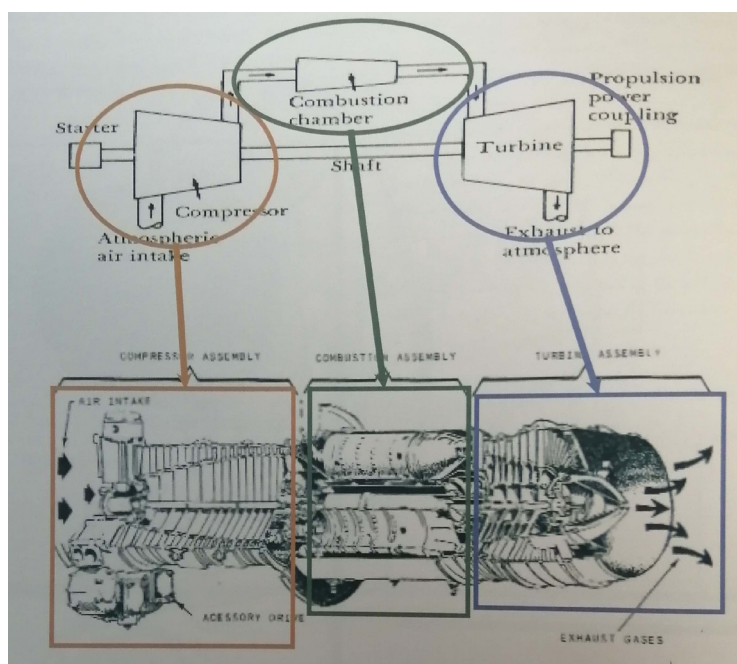
یکی از نکاتی که در توربین های گازی وجود دارد این است که قدرتی که برای فشرده کردن گاز در کمپرسور مورد نیاز است تقریباً بین ۴۰-۶۰، کلی توانی است که به وسیله توربین تولید می شود.

ناخالصی های حاصل از احتراق مانند سدیم و وانادیم، برای جلوگیری از خوردگی توربین گازی، باید تصفیه شود. علت دیگر تصفیه گازهای حاصل از احتراق همراه با ترکیبات گوگرد، خوردگی مسیرهای دود خروجی است که علاوه بر آسیب رساندن به دستگاه، موجب آلودگی محیط زیست می شود.

۴- قسمت های اصلی توربین گازی

به طور کلی در یک سیکل ساده توربین گازی تشکیل شده است از:

۱- کمپرسور: که وظیفه فشرده کردن هوا را بر عهده دارد و خود ممکن است به صورت کمپرسور محوری و یا سانتریفوژ باشد.



شکل ۱۵- بخش های اصلی یک توربین

۴-۱- کمپرسور

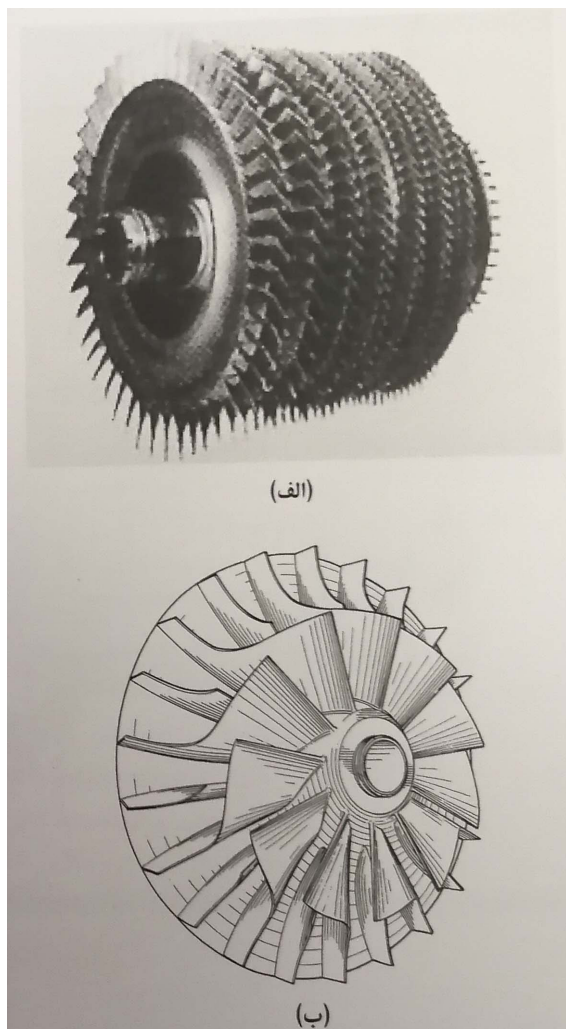
بیش از ۹۵٪ از کمپرسورهایی که در توربین گازی مورد استفاده قرار می گیرند از نوع کمپرسورهای محوری هستند در این نوع کمپرسورها، جریان گاز هم در ورود و هم در خروج در جهت محور می باشد. کار کمپرسورها بالا بردن فشار گاز در این نوع کمپرسورها، جریان گاز هم در ورود و هم در خروج در جهت محور می باشد. کار کمپرسورها بالا بردن فشار گاز در توربین گازی می باشد و برای این ابتدا هوا را به وسیله اجزاء مشخصی شتاب داده و سپس دیفیوزر می نمایند و با این عمل ابتدا هوا را فشرده کرده و باعث افزایش فشار در آن می گردند.

شتاب دادن هوا در این نوع کمپرسورها به وسیله یک ردیف از ایرفویل های دوار یا یک سری از پره های متحرک (روتور) و عمل دیفیوزر کردن به وسیله یک سری از پره های استاتور افزایش سرعت حاصل شده در روتور را به یک افزایش فشار تبدیل می نماید.

هر طبقه (Stage) از کمپرسور تشکیل گشته است از یک سری پره های متحرک (روتور) و

یک سری پره های ثابت (استاتور) که تعداد طبقات (Stage) در کمپرسورها در توربین های گازی معمولاً بین ۱۷-۱۰ عدد می باشد. معمولاً در این نوع کمپرسورها در ورودی کمپرسور یک ردیف پره ثابت وجود دارد که برای حصول اطمینان از ورود هوا به پره های مرحله اول در یک زاویه مناسب تعبیه شده همچنین در خروجی کمپرسور یک دیفیوزر اضافی وجود دارد که هوا را بیشتر دیفیوز کرده تا سرعت آن را در هنگام ورود به محفظه احتراق کنترل نماید. در کمپرسورهای محوری (شکل ۱۶) فشار هوا پس از عبور از یک طبقه (Stage) و وارد شدن به مرحله بعدی کمی افزایش می یابد.

نکته ای که باید در رابطه با این نوع کمپرسورها مورد توجه قرار گیرد این است که در مواقعی که افزایش فشار نسبتاً پائین، حدوداً بین تا مدنظر باشد می توان راندمان ۹۰ - ۸۵٪ به دست آورد؛ اما امروزه با استفاده از کمپرسورهای چند طبقه افزایش فشار تا نسبت نیز در کمپرسور ایجاد کرده اند. محدوده یا رنج کاری کمپرسورهای محوری خیلی کوچک است.



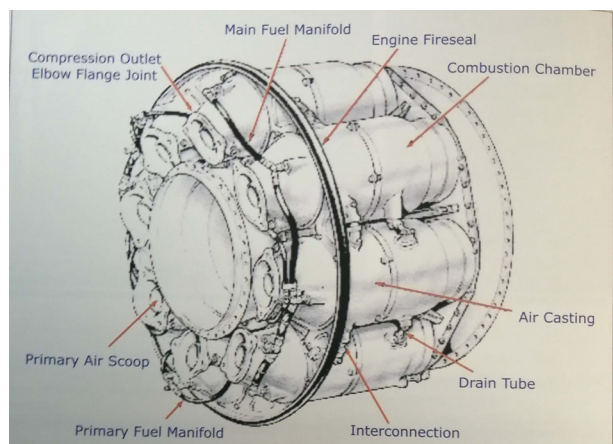
شکل ۱۶- شماتیک دو نوع کمپرسور (الف)
کمپرسور جریان محوری (ب) کمپرسور
جریان شعاعی

محدوده کار این کمپرسورها بین نقطه Surge و نقطه stone Wall می باشد. نقطه Surge به نقطه ای می گویند که کمپرسور با حداقل جریان در حال تعادل باشد و برعکس آن stone Wall به نقطه ای گفته می شود که کمپرسور با حداکثر جریان در حالت تعادل قرار گیرد.

(شکل ۱۷) لذا چنانچه کمپرسور خارج از این دو محدوده مورد بهره برداری قرار گیرد از حالت تعادل خارج شده ایجاد لرزش و صدا می کند و اگر به صورت طولانی در هریک از این دو محدوده کار کند صدمات زیادی به کمپرسور وارد می شود.

۴-۲- محفظه احتراق

محفظه احتراق در تمام توربین های گازی کار یکسانی انجام می دهد. وظیفه محفظه احتراق افزایش درجه حرارت گاز ورودی در فشار ثابت است. (شکل ۱۸) در پروسه احتراق که در محفظه صورت می گیرد تنها ۱۵٪ از کل هوایی که از بیرون جذب می شود صرف عمل احتراق می گردد و بقیه آن صرف خنک کاری مخلوط می گردد. هوایی که از طرف کمپرسور وارد محفظه احتراق می گردد، ابتدا



باید دیفیوزر شده سپس وارد محفظه گردد. به طوری که سرعت هوا در خروجی کمپرسور معمولاً بین $(400 - 500 \text{ Ft / Sec})$ $(140 - 130 \text{ m / Sec})$ می باشد، در حالی که سرعت هوا در محفظه احتراق باید حدود $10 - 30 \text{ Ft / Sec}$ نگه داشته شود.

شکل ۱۸- محفظه احتراق

۴-۳- توربین

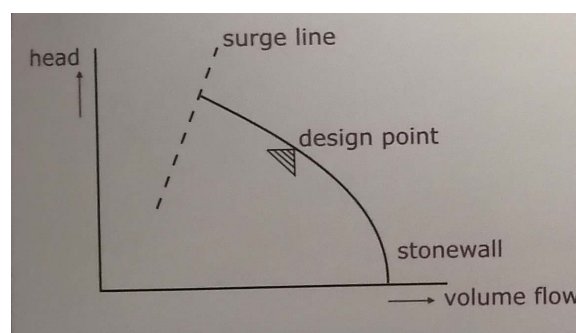
توربین هایی که در توربین های گازی مورد استفاده قرار می گیرند از نظر شکل هندسی به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- توربین های جریان محوری (Axial Flow Turbines)

۲- توربین های جریان شعاعی (Radial Flow Turbines)

بیشترین استفاده را در توربین های گازی، توربین های نوع اول یعنی توربین های جریان محوری دارند. (شکل ۱۹) در این توربین ها همانند کمپرسورهای جریان محوری، جریان

یکی از نکاتی که در محفظه احتراق باید مورد توجه قرار گیرد این است که شعله به قسمت پائین دست جریان نفوذ کنند و برای رسیدن به این هدف یک بفل (Baffle) قرار داده است که باعث ایجاد گردابه های کوچک می شود و شعله را پایدار می نماید و همچنین باعث می شود عمل احتراق پیوسته گردد.



شکل ۱۷



شکل ۱۹- بخش های مختلف توربین جریان محوری

(Reaction Type Turbines)

۳- ترکیبی از توربین های ضربه ای و واکنشی در توربین های جریان محوری ضربه ای کل افت پتانسیلی در هر طبقه در نازل ایجاد می گردد و به همین دلیل گاز با سرعت بالایی وارد روتور می شود به طوری که سرعت گاز در ورود به روتور تقریباً دو برابر سرعت چرخ است؛ اما در توربین های جریان محوری واکنش افت آنتالپی در دو ناحیه ایجاد می گردد:

۱- در نازل

۲- در روتور

در حقیقت، توربین های جریان محوری ضربه ای

هوم در ورود و هم در خروج در جهت محوری حرکت می کنند این نوع توربین ها از پر مصرف ترین توربین های هستند که از سیال مترکم استفاده می نمایند و از نظر راندمان نیز نسبت به توربین های شعاعی بهتر می باشند.

راندمان توربین های جریان محوری در حدود ۸۸ تا ۹۲ درصد بوده حال آنکه راندمان توربین های جریان شعاعی پائین تر است. توربین های جریان محوری خود به سه دسته تقسیم می شوند:

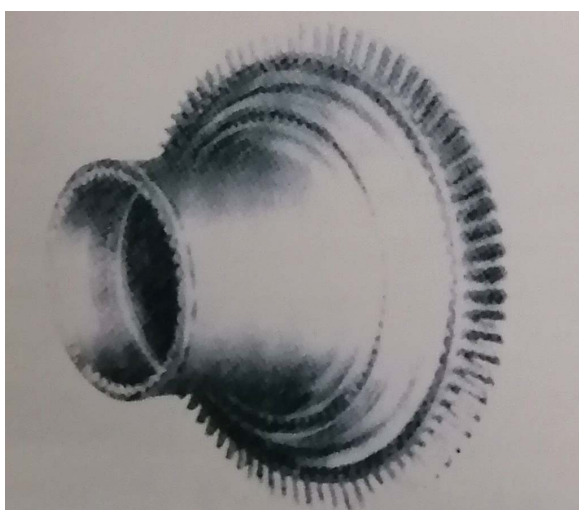
۱- توربین های جریان محوری ضربه ای

(Impulse Type Turbines)

۲- توربین های جریان محوری واکنشی

آشنایی با توربین های گازی-بخش دوم

همان گونه که در شکل مشاهده می گردد مقدار راندمان با افزایش نسبت U/V از صفر تا ۰,۹۴، U/V ، افزایش یافته و از آن به بعد با افزایش نسبت U/V راندمان کاهش یافته تا در ۰,۹۱ U/V راندمان به صفر می رسد.

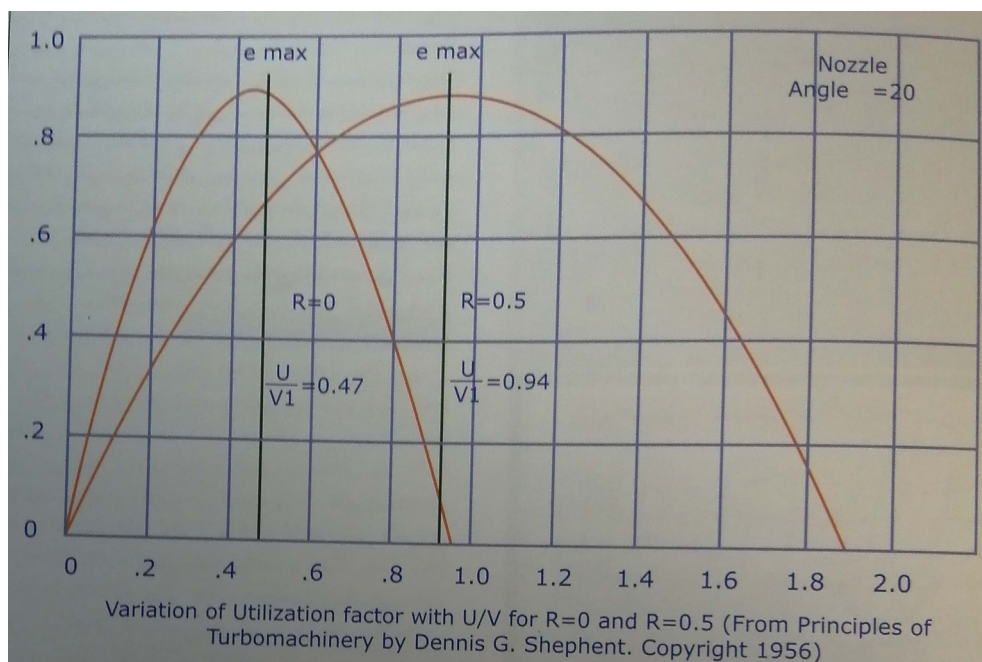


شکل ۲۰

را می توان توربین واکنشی صفر درصد به حساب آورد. در شکل (شکل ۲۱) اثر نسبت سرعت چرخ (U) به سرعت گاز ورودی (V) در راندمان را در هر دو مدل توربین مشاهده می نمایید

همان گونه که در شکل مشخص است در توربین های جریان محوری ضربه ای راندمان توربین با افزایش نسبت U/V از صفر تا ۰,۴۷، U/V ، مقدار راندمان ماکزیمم شده و به حدود ۰,۹۲ می رسد و از آن به بعد با افزایش نسبت U/V راندمان کاهش می یابد.

در توربین های جریان محوری واکنشی

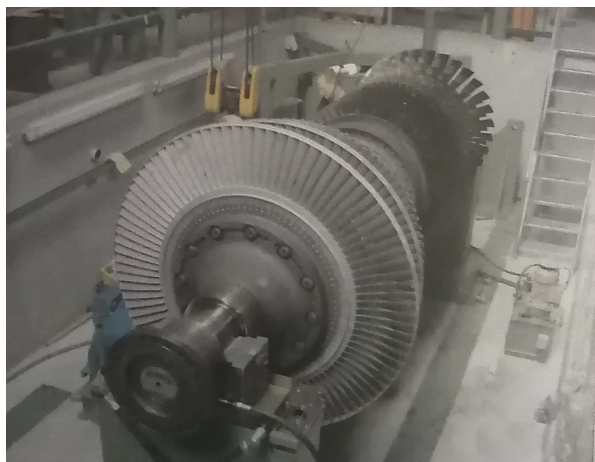


شکل ۲۱

۴-۴- روتور (Rotor)

بخشی از توربین که پره های متحرک و دیسک ها روی آن نصب می شوند و وظیفه انتقال کار و انرژی مکانیکی بین قسمت های مختلف توربین را بر عهده دارند روتور نامیده می شود. (شکل ۲۲ و ۲۳) همان طور که گفته شد یک توربین گازی دارای سه ناحیه اصلی می باشد. ناحیه کمپرسور که وظیفه آن تراکم سیال است، ناحیه احتراق که وظیفه آن بالا بردن دمای سیال است و ناحیه توربین که وظیفه آن ایجاد توان می باشد. در توربین ها یک مسیر برای عبور گازها تعبیه شده است که گازها در حین عبور از این مسیر در ناحیه کمپرسور متراکم شده و به وسیله سوخت در ناحیه احتراق می سوزند. بدین ترتیب انرژی آن ها بالا می رود. گاز داغ و پرفشار در توربین منبسط شده و ایجاد کار می نمایند. از کار مفید تولید شده قسمتی به ناحیه کمپرسور انتقال پیدا کرده و صرف راه اندازی آن

می گردد و بقیه آن به عنوان کار خروجی مورد استفاده قرار می گیرد. روتور از یک شفت تشکیل شده که دارای یک محور دوران می باشد و به صورت طولی در توربین گازی از ناحیه کمپرسور تا ناحیه توربین امتداد یافته است. روتور کمپرسورها معمولاً به صورت دیسکی یا استوانه ای است. البته نوع استوانه ای آن به علت وزن زیاد، بیشتر در توربین های صنعتی (زمینی) بکار گرفته می شود. فضای بین روتور و پوسته که ارتفاع پره ها را تشکیل می دهد، به طرف انتهای پرفشار کمپرسور کاهش می یابد و این کاهندگی حتی اگر کمپرسور بر پایه سرعت محوری ثابت هم طراحی شده باشد، صادق است. کمپرسور از تعدادی طبقه تشکیل شده است که فشار هوای ورودی در عبور از هر یک از طبقات به تدریج افزایش می یابد. طبقاتی که در ابتدای ورودی هوا قرار دارند و هوای ورودی در آن ها دارای فشار کمتری است،

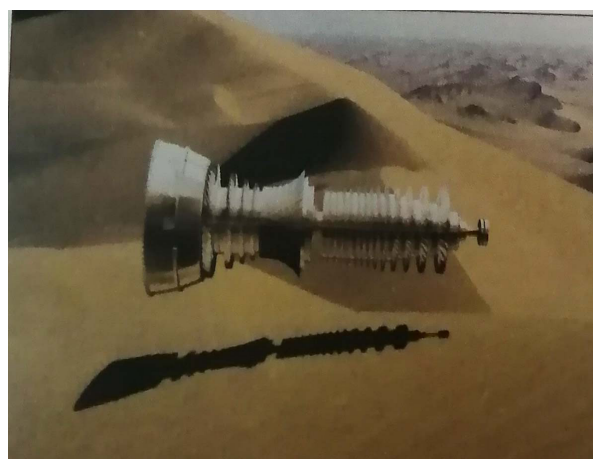


شکل ۲۳- تصویر یک روتور کامل

۴-۵- پره توربین (Blade)

پره ها از سه قسمت اصلی تشکیل شده اند. قسمت ریشه که قسمت پایین پره را تشکیل می دهند و برای اتصال به پره به دیسک می باشند. قسمت میانی پره که برای اتصال پایه به ایرفول می باشد و ناحیه بالایی آن به شکل ایروفویل می باشد. (شکل ۲۴) ناحیه ایروفویل جهت بهینه کردن خواص جریان هوا و خواص استحکامی می باشد. جنس این پره ها از فولاد ضد رنگ حاوی ۱۲ درصد کرم و دیگر آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت می باشد که تحت عملیات حرارتی

کمپرسور فشار پایین (LP) و طبقاتی را که در انتهای کمپرسور واقع هستند و فشار هوا بالطبع در آن ها بیشتر است، کمپرسور فشار بالا (HP) می گویند. روتور و شفت در کمپرسورها طوری طراحی می شوند که تنش های گریز از مرکز و بار چرخشی پره روی شفت حداقل باشد، یعنی دقت ساخت و همگن بودن مواد باید طوری باشد که مرکز جرم مجموعه تقریباً روی محور باشد، و نیروهای گریز از مرکز که در دورهای بالا مخرب هستند و ناشی از انحراف مرکز جرم شفت از محور آن است حداقل شود.



شکل ۲۲- نمای کامل روتور یک توربین

گازی

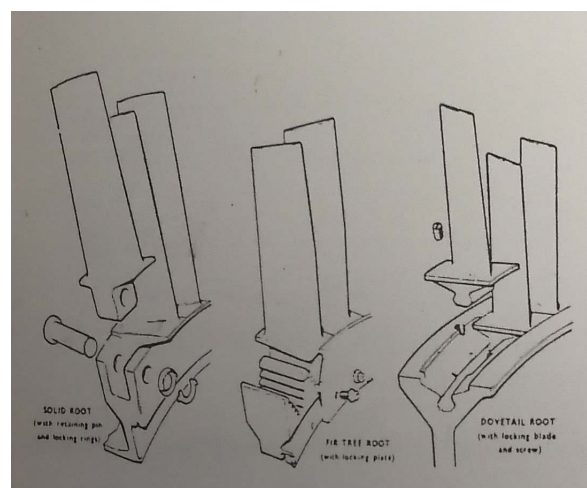
قرار گرفته است.



شکل ۲۵- پره های نصب شده

بر روی استاتور

جهت پوشش پره های ثابت و متحرک محدودیت تکنولوژیکی وجود دارد؛ اما در صورت استفاده از آلیاژ GTD-۴۰۵ در پره های ثابت و متحرک نیازی به پوشش دهی نخواهد بود. در مجموعه های توربین گازی، محور و یا شفت توربین و کمپرسور به صورت پیوسته است یعنی در یک طرف این محور روتور کمپرسور و در طرف دیگر آن روتور توربین نصب شده است، که در روی روتور کمپرسور و روتور توربین، دیسک ها و بر روی آنها پره های متحرک نصب می گردند و در



شکل ۲۴-انواع پره توربین و انواع جفت

شدن آن ها بر روی دیسک

پره های ثابت و متحرک، اصلی ترین بخش توربین های گازی را تشکیل می دهند که در ناحیه کمپرسور، وظیفه آنها تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی پتانسیل است و باعث افزایش فشار گاز در طول مسیر کمپرسور می شوند.

۴-۵-۱- پره های ثابت

در زمینه جوشکاری پره های ثابت (شکل ۲۵) نیز با توجه به امکانات داخلی، محدودیتی احساس نمی شود.

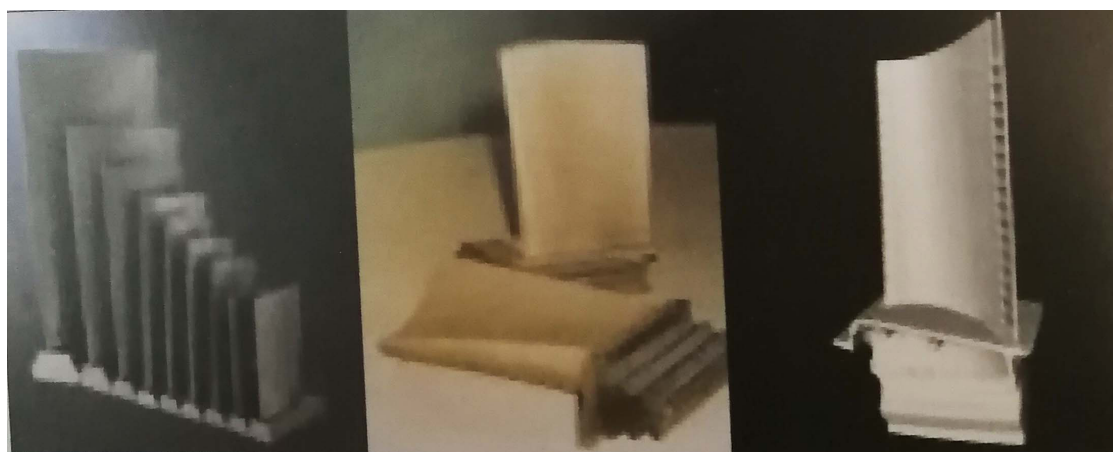
در ساخت پره های متحرک توربین گازی می باشند. پیچیدگی این سوپر آلیاژها به دلیل وجود عناصر مختلف در آنهاست. برخی از عناصر اضافی در این آلیاژها نظیر سلنیم، بیسموت و سرب باید در حداقل مقدار ممکن باشند. همچنین عناصر مضر نظیر فسفر، گوگرد، اکسیژن و نیتروژن نیز باید در مرحله ذوب، به حداقل مقدار خود کاهش یابند. در شکل ۲۴ قسمت های مختلف یک پره که در بالا به آنها اشاره شد نشان داده شده است.

روی پوسته این قسمت ها که Vane نامیده می شوند پره های ثابت نصب می شوند.

۴-۵-۲- پره های متحرک

از آنجایی که پره های متحرک توربین تحت بارهای دینامیکی و حرارتی بسیار بالایی قرار دارند، لذا از اساسی ترین قطعات توربین به شمار می رود. مناطق پره را می توان به ایرفویل، شانک، ریشه، شرود و سوراخ ها یا کانال های خنک کاری تقسیم نمود.

سوپر آلیاژهای پایه نیکل، پیچیده ترین و پرمصرف ترین آلیاژهای مورد استفاده



شکل ۲۶- انواع دیگر پره توربین ها

۵- مشخصات فنی توربین

طراحی هر موتور توربین گازی باید دربرگیرنده معیارهای اساسی بر اساس ملاحظات بهره‌برداری باشد که بعضی از این معیارها عبارت‌اند از:

۱- راندمان بالا

۲- قابلیت اطمینان بالا

۳- سهولت سرویس

۴- سهولت نصب و راه‌اندازی و تست

۵- تطابق با استانداردهای مربوط به شرایط محیط

۶- ترکیب سیستم‌های کمکی و کنترل

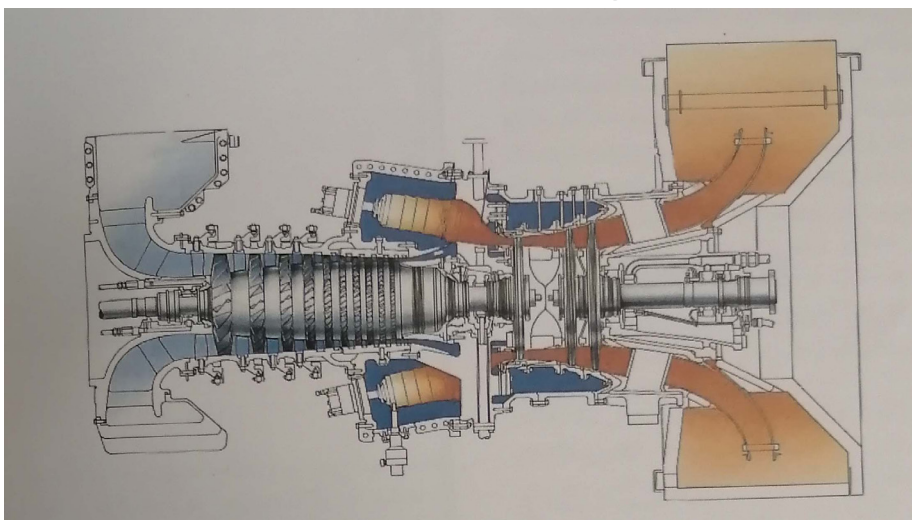
۷- قابلیت تطابق با انواع مختلفی از سرویس و نوع سوخت

با توجه به موارد فوق، برای تولید انرژی به سه جزء اصلی یعنی کمپرسور، محفظه احتراق و توربین، که در یک سیکل قرار می‌گیرند، نیاز است. در عمل به دلیل وجود اصطکاک و تلفات در کمپرسور و توربین، کار تلف شده در محور افزایش یافته و

مقدار انرژی تولیدی و همچنین کارایی سیستم کاهش می‌یابد. با افزایش مصرف سوخت، اگر چه انرژی تولیدی خالص در خروجی توربین افزایش می‌یابد، اما این افزایش انرژی تولیدی، دارای محدودیتی است که به نسبت هوا / سوخت که تعیین‌کننده دمای کارکرد ورودی توربین است، بستگی دارد. از طرفی کارکرد دما نباید از حد بحرانی دمای استحکام خزشی که مقدار معینی است، تجاوز کند زیرا تأثیرات نامطلوب بسزایی در ساختمان و طول عمر توربین می‌گذارد؛ اما در حال حاضر با روش‌های جدید خنک‌کاری و پیشرفت‌های چشمگیر در زمینه متالورژی پره‌ها، امکان کار توربین‌ها در دماهای بالاتر فراهم شده است؛ بنابراین دو عامل اصلی در افزایش کارایی توربین‌های گازی مؤثر است، یکی نسبت درجه حرارت به فشار و دیگری عملکرد اجزای متشکله

جمله می توان از سیکل ترکیبی توربین گازی توربین بخار در نیروگاه های برق نام برد. مهم ترین عامل مؤثر در راندمان توربین نسبت دما به فشار می باشد که در این بین درجه حرارت از اهمیت مضاعفی برخوردار است. به طور مثال هر افزایش دما باعث افزایش درصدی راندمان می شود.

آن در بدو تولد توربین های گازی، به دلیل استفاده از اجزاء و مواد نامناسب، تنها کار انجام شده می توانست محور را بچرخاند و توان اضافی قابل توجهی تولید نمی گردید؛ اما با گذشت زمان و توسعه علوم دینامیک و مواد، شرکت های سازنده موفق به ساخت توربین هایی پیشرفته شدند و امروزه توربین های گازی با نسبت فشار ۱:۳۵، در محدوده دمایی و در حال کار و بهره برداری است. ضمن آنکه امکان بهبود راندمان و کاهش اتلاف حرارتی در توربین های صنعتی با استفاده از بازیاب نیز فراهم شده است، که از آن



شکل ۲۷- شماتیک کلی اجزاء

یک توربین گازی

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به آموزشگاه کاشانه می باشد و هر گونه کپی، برداشت و انتشار آن پیگرد قانونی دارد.