

## مقدمه

توربین بخار ماشینی است که انرژی حرارتی بخار را به کار مکانیکی تبدیل می کند. به عبارت دیگر با انبساط بخار در پره های ثابت و متحرک، جهت بخار تغییر یافته و نیروی عکس العمل آن گشتاوری را در شافت ایجاد می کند که نتیجه عمل تولید کار خواهد بود.

توربین بخار ذاتاً ماشینی با سرعت بالاست که با یک ژنراتور کوپل شده است، در کشور آمریکا دور توربین های روی  $1800 \text{ rpm}$  و  $3600 \text{ rpm}$  جهت فرکانس  $60 \text{ HZ}$  می باشد. در کشورهای اروپایی دور توربین  $1500 \text{ rpm}$  و  $3000 \text{ rpm}$  جهت فرکانس های  $50 \text{ HZ}$  است.

توربین های بخار صنعتی با دور  $20000 \text{ rpm}$  و با ترکیب کوچکتري (روتور با قطر کوچک) کار می کنند و اغلب به عنوان محرک فنها، کمپرسورها، و دیگر ماشین ها به کار می رود. همچنین از توربین های کوچک و بزرگ همراه با گیربکس های کاهنده در صنایع دریانوردی استفاده شده است.

## تاریخچه پیدایش توربین های بخار

تاریخچه توربین بخار در حدود ۱۲۰ سال قبل از میلاد مسیح (ع) است. هنگامی که هروآلکساندر یک نمونه توربین را که براساس قانون عمل و عکس العمل کار می کرد ساخت.

پس از چند قرن در سال ۱۶۲۹ برانسا یک نمونه از توربین های ضربه ای را ساخت. بین سال های ۱۸۱۳-۱۸۰۶ یک مخترع روسی تعدادی از مدل های توربین بخار را در کارخانه ساخت. همه این ها به نام ماشین های اسباب بازی نامیده می شد.

در سال ۱۸۹۴ پارسون موفق به ساخت توربین عکس العملی جهت کاربرد در امور دریانوردی گردید. کورتیس موفق شد توربین های ضربه ای را تا دو مرحله در سال ۱۸۹۶ توسعه دهد.

راتیو در سال ۱۸۹۸ توربین های ضربه ای فشار متغیر را ساخت.

ژانگسترم در سال ۱۹۱۰ به خاطر ساخت توربین ضربه ای جریان شعاعی دو طرفه به شهرت رسید.

در سال ۱۹۲۰ از توربین های بخار در نیروگاه های حرارتی به عنوان محرک مورد استفاده قرار گرفت.

اکثر واحدهایی که ساخته شده بودند در فشار ۲۰۰ psi با حرارت ۵۵۰ فارنهایت و با خروجی‌های متغیر در محدوده ۵۰۰ الی ۳۰۰۰ کیلووات بود.

در سال ۱۹۳۰ شرایط ترمودینامیکی بخار یعنی فشار و دمای آن به میزان ۷۰۰ psi و ۷۵۰ فارنهایت افزایش یافت و در بعضی واحدها تا فشار ۱۲۰۰ psi بالا رفت. واحدهای تک سیلندر ۱۵۰۰۰kw در دوره‌های ۳۶۰۰ rpm و واحدهای ۷۵۰۰۰ kw در دوره‌های ۱۸۰۰ rpm کار می‌کردند. در سال ۱۹۴۰ توربین‌های با فشار بالای ۱۲۰۰ psi و ۹۵۰ فارنهایت ساخته شد.

در طول جنگ جهانی دوم توسعه و پیشرفت توربین‌های بخار متوقف و بعد از جنگ سیکل‌های دارای رهنیت نیز به جمع توربین‌ها پیوست.

در سال ۱۹۵۷ اولین واحد فوق بحرانی تجارتي ساخته شد. اولین توربین‌ها در شرایط ۴۵۰۰psi و دمای متغیر ۱۱۵۰، ۱۰۵۰ و ۱۰۰۰۰ فارنهایت کار می‌کردند. خروجی این واحدها ۱۲۵ mw بود.

پس از چند سال واحدهایی با توان خروجی بالاتری از موارد گفته شده ساخته شدند. میزان خروجی این واحدها ۴۵۰ mw و فشار آن‌ها تا محدوده‌ی ۳۶۰۰ psi را در بر گرفت.

## تامین ابزارآلات، مکانیزم های مونتاژ، ماتریال های فرعی برای مونتاژ توربین ها

یکی از مهم ترین شرایط تامین کیفیت بالای کارها در موقع مونتاژ تجهیزات سالن توربین وجود ابزارآلات مکانیکی، مونتاژ و اندازه گیری و همچنین ماتریال های کمکی می باشد.

فهرست و تعداد ابزارآلات و ماتریال ها در طرحهای انجام کارها و کارتهای تکنولوژی برای مونتاژ تجهیزات پیش بینی شده اند. این اطلاعات براساس تجربه انجام کارهای مونتاژ با محاسبه مدت خدمت شکل های جداگانه ابزارآلات و تیپ دستگاه توربین کسب گردیده اند.

وسایل مخصوصی که برای عملیات حمل و نقل لازم هستند و ابزارآلات مخصوص نصب و دموونتاژ اتصالات رزوه ای غیر استاندارد به وسیله کارخانجات سازنده همزمان با توربین، ژنراتور و پمپهای تغذیه ارسال می گردند. اقلام زیر جز چنین وسایل و ابزارآلات می باشند:

- تراورس های مخصوص بانضمام سیم بکسلها جهت بلند کردن و جابه جایی روتورها و درپوش سیلندرهای توربین توسط جرثقیل در سالن توربین؛

- وسیله مخصوص بلند کردن و جابه جایی دیافراگم ها؛

- وسیله مخصوص (جک بولت) برای بلند کردن روتورها تا ارتفاع کم در موقع درآوردن نیمه پایینی یاتاقان های توربو ژنراتور؛

- یاتاقان آویزان برای کنترل بازی سر جلوئی روتور فشار قوی در موقع نصب کوپلینگ سخت (ری جید کوپلینگ) روتورهای فشار قوی و فشار متوسط توربین ها؛

- آچارهای تخت تقویت شده تیپ 3le3gorka به معنی ستاره کوچک، برای محکم کردن فلنجهای (دو نیمه توربین) سیلندرها؛

- آچارهای مخصوص برای مونتاژ و تنظیم سیستم حفاظت توربین (اوراسپید) و بعضی دیگر از قسمت های گاورنینگ سیستم؛

- ارابه ها و وسایل مخصوص که برای نصب روتور ژنراتور در استاتور به کار برده می شوند؛

- وسیله مخصوص برای دمونتاز و نصب پمپ های تغذیه چند مرحله ای و دو پوسته ای.

ابزارآلات یاد شده، مکانیزم ها، وسایل مخصوص و ماتریال ها می بایست قبل از شروع مونتاژ تجهیزات آماده شده باشند.

از همان شروع انجام کارها می بایست مراقبت، نگهداری، شمارش، تحویل و تحول ابزارآلات شدیداً مراعات شود. ابزارآلاتی که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند مانند: چکش ها، قلم ها، سوهان ها، آچارهای تخت در اندازه های بزرگ و کوچک و از این قبیل می بایست به گروه ها تحویل داده تا از اتلاف بیهوده کارگران جلوگیری شود.

این ابزارآلات و بیشتر سیم بکسل ها، آی بولت ها و شکل ها که مورد استفاده زیاد دارند معمولاً در جعبه اثاثیه مربوط به گروه که در محل کار گروه قرار می گیرد، نگهداری می شود.

وضعیت و تعداد ابزارآلاتی که در جعبه های گروه ها قرار دارد می بایست به طور متناوب به وسیله ماستر (استاد کار) کنترل گردد.

سیم بکسل ها می بایست برای مدت ۱۰ دقیقه با بار ۱/۲۵ برابر بیشتر از ظرفیت نامی آن ها که می بایست بلند کنند تست شده باشند. روی سیم بکسل ها بایستی اتیکت های فلزی که روی آن تاریخ تست و مقدار بار آزمایشی بلند شده قید گردیده است نصب شده باشد. استفاده از سیم بکسل های تست نشده ممنوع می باشد. ابزارآلات کنترل و اندازه گیری را می بایست در قفسه ای که دارای قفل باشد به صورت جداگانه نگهداری نموده و فقط به دست کارگران متخصص سپرده ابزارآلات فوق الذکر را بایستی روغنکاری نموده و در انبارها به شرح زیر نگهداری کرد:

سطوح خارجی را با وازلین صنعتی و قسمت های گردان را (دورسنج ها و اندیکارها) با روغن استخوان روغنکاری کنید. تحویل ابزارآلات، وسایل، سیم بکسل ها، قطعات کمکی (سطل ها، روغن دان ها) می بایست از روی مارک های ابزارآلات انجام پذیرد.

ماتریال های کمکی می بایست در انبار وسایلی که برای این هدف در نظر گرفته می شوند، نگهداری گردند.

مواد سوختنی مانند: بنزین، نفت، الکل سفید، روغن و از این قبیل مواد بایستی در ظروف فلزی که به صورت آب بندی بسته شوند (چلیک، بشکه) جای داده و در جعبه ای جداگانه که بسته شود نگهداری نمود. مقدار ماتریال هایی که خطر آتش سوزی دارند و در انبار نگهداری می شوند بایستی از مصرف سه شبانه روز فزونی داشته باشند و نسبت به مصرف تجدید گردنده ماتریال های روان (گرافیت، مینیوم یا اکسید سرخ سرب) می بایستی در ظرف های حلبی درپوش دار نگهداری شوند. ماتریال های ورقی (مقوای موتور پیچی، پارانیت، لاستیک و غیره) بایستی در قفسه گذاشته شوند. بریدن و اشتر آلات را با وسایل مخصوص انجام دهید. پارچه های تنظیف (کهنه ها، دورریزهای بافندگی و دوزندگی) را لازم است که در جعبه های فلزی نگهداری نمود که دارای درپوش باشند. بز (نوعی پارچه پرز نشونده) و دستمال های تنظیف در قفسه ای که قفل بشود نگهداری می گردند.

دستمال هایی که مورد استفاده واقع نشده اند، قطعات بز و متقال را بایستی برای تمیزکاری مجدد برای شستن فرستاد. کهنه های آغشته به روغن را بایستی جمع آوری نموده و در جعبه های فلزی بسته شوند که در تعدادی از نقاط سالن توربین قرار دارند و برای این کار در نظر گرفته شده اند ریخته و به طور متناوب به خارج از سالن حمل نمود. اطلاق مخصوص ابزار و سایر انبارها بایستی مرتب بوده و نظافت گردند. وسایل و ابزار آلات مخصوص را به اندازه مورد نیاز در مونتاز بایستی کنسرو کرده، بسته بندی نموده و به انبار قسمت مونتاز تحویل داد.

قبل از شروع مونتاز، ابزار الکتریکی و پنو ماتیکی کاربردهای عمومی: ماشین های سنگ، دریل و سوارخکاری (برقوها) دستگاه های برش لوله و همچنین ابزار مکانیزه شده مخصوص (برقوی مکانیکی، مجموعه ابزار آلات مخصوص برای نصب لوله های کندانسور سطحی، دستگاه قابل حمل برقوزنی سوراخ های فلنچ های گیت والوهای بزرگ و از این قبیل بایستی آماده بوده و تست شده باشند.

استفاده از این مکانیزم ها را می بایست به کارگرانی محول نمود که امتحان مخصوص مربوط به مقررات ایمنی استفاده از آن ها را گذرانیده، ساختمان و بهره برداری آن ها را بدانند. نظارت بر درستی وسایلی که نیمه مکانیزه هستند و تعمیرات آن ها به عهده مهندسی کل مکانیک قسمت مونتاژ می باشد. به منظور فراقت جرثقیل سقفی در موقع انجام کارهای مونتاژ روی توربین، از جرثقیل های کمکی استفاده می گردد. با استفاده از جرثقیل های کمکی کارهای مربوط به دستگاه توربین و تنظیم (آلایمنت) تجهیزات کمکی و بلوک ها یا قطعات لوله ها و همچنین متعلقات توربین ها انجام می شوند. برای توربین های دارای قدرت کم و متوسط از ساده ترین ساختمان جرثقیل یعنی جرثقیل بوم دار که به ستون سالن توربین محکم می گردد و بوم آن دستی به اندازه ۱۷۰-۱۶۰ چرخش می نماید، استفاده می کنند. در موقع مونتاژ توربین های ۵۰ مگاواتی و بیشتر از آن که به صورت عرضی در سالن توربین قرار داشته باشد، جرثقیل بوم دار نمی تواند قطعات عمده تجهیزات را به منطقه کار حمل نماید به همین دلیل برای نصب چنین توربین هایی از جرثقیل هایی که از نظر ساختمانی پیچیده تر هستند مثلاً از جرثقیل بزی دو بازوئی با ظرفیت نامی ۲۹/۴ کیلو نیوتن (۳ تن نیرو) استفاده می کنند که بالای توربین روی ریل هایی که روی فونداسیون محکم گردیده اند، جابه جا می شود. منطقه (زون) عملکرد این جرثقیل دارای عرضی نزدیک به ۲۰ متر و طولی برابر با طول فونداسیون توربین می باشد. قسمت اعظم تجهیزات دستگاه توربین به این منطقه وارد می شوند.

از جرثقیل هایی شبیه به این جرثقیل منتهی از نظر اندازه کوچک تر در مونتاژ پمپ های تغذیه بزرگ استفاده می کنند و به وسیله جرثقیل سقفی از روی فونداسیون یک دستگاه بعد از اتمام مونتاژ آن بر روی فونداسیون دستگاه دیگر منتقل می گردند. به جای این گونه جرثقیل ها، می توان از جرثقیل بازوئی که کاملاً گردش می کند، با ماکزیمم ظرفیت ۲۹/۴ کیلونیوتن (۳ تن نیرو) و دکل ۱۵ متری استفاده نمود. این جرثقیل روی اسکلت های فلزی سایت های سرویس که تقویت گردیده اند، نصب می گردد و از نظر کاری به مراتب از جرثقیل بزی راحت تر می باشد. بوم آن مجهز به محرک مکانیکی بوده

می تواند به اندازه  $360^\circ$  چرخش نماید. تست و بهره برداری از جرثقیل های کمکی مطابق قواعد بررسی فنی دولتی انجام می شوند.

### سازماندهی قسمت انجام دهنده کارها

سازماندهی قسمت انجام دهنده کارها را می بایست از ساختمان دفاتر برای پرسنل فنی، ساختمان های سرویس، اتاق ابزار و انباری نگهداری تجهیزات و ماتریال های کمکی شروع نمود. در موقع انتخاب جا برای ساختمان های اشاره شده و استقرار ترانس های جوش و دستگاه های تراشکاری، برای این کار جاهایی که تجهیزات مورد مونتاژ و لوله ها استقرار خواهند یافت اشغال نشوند، می بایست پروژه انجام کارهای مونتاژ دستگاه های توربین ملاک عمل واقع شود. ساختمان های دفاتر و جاهای نگهداری ابزار می باید در موقع مونتاژ دستگاه ها مورد استفاده واقع گردند.

برای ابزار کنترل و اندازه گیری، یک اشکاف فلزی دارای قفسه و قفل آماده می کنند. انبار نگهداری و حفاظت تجهیزات کوچک و ماتریال های کمکی بایستی به قفسه هایی برای مستقر کردن فلنج های کوچک، والوها، ماتریال ها و غیره مجهز باشد. برای آویزان کردن سیم بکسل ها در ارتفاع  $1/8m - 1/6m$  لازم است یک تیر چوبی یا تیر آهن نصب نمایید. میزهای آهن گری را در نزدیکی نقاط کار نصب کنید.

در محوطه مونتاژ سالن توربین می بایست دستگاه هایی برای دریل کردن سوراخ های تا قطر  $42mm$  نصب شده باشند (در موقع مونتاژ کردن توربین های بزرگ، بهتر است دو دستگاه دریل نصب گردند). همچنین احتیاج به نصب دستگاه ماشین سنگ با دو سنگ که قطر هر کدام تا  $300mm$  برسد، می باشد. همچنین احتیاج به نصب دو دستگاه ترانس با ارتفاع مراکز  $300 - 200$  میلی متر می باشد. کارهای عمده تراشکاری در کارگاه مکانیک انجام می شوند.

مقدار بار مجاز روی کف  $0.00$  معمولاً بیش از  $29/4$  کیلونیوتن ( $3$  تن نیرو بر مترمربع) می باشد و به همین دلیل جا دادن تجهیزات سنگین وزن روی این گونه کف ها امکان پذیر نمی باشد. آماده سازی

تجهیزات سنگین وزن برای مونتاژ، در سایت مونتاژ و محوطه سرویس توسط جرثقیل‌های سقفی انجام می شوند.

لازم است که توجه زیادی به روشنایی سالن توربین و محل های کار نمود. کافی نبودن روشنایی باعث پایین آمدن راندمان کار، کیفیت کارها و اتفاقات ناگوار می گردد.

معمولاً در ابتدای کارهای مربوط به مونتاژ، روشنایی دائمی وجود ندارد. به همین دلیل سیم کشی موقت انجام می شود که به آن پریژکتورهایی که روشنایی آن ها پخش می گردد و لامپ هایی که شمای تامین برق موقت برای سالن توربین و محل های نصب چراغ ها و پست های تقسیم است. تامین برق موقت برای کارگاه از پست ترانس به قدرت  $750 \text{ kv.A}$ ،  $4/0$ ،  $6/0$ ،  $23 \text{ kw}$  انجام می شود. تغذیه جرثقیل های سقفی، چنان که باید و شاید، از طریق ترولی های مستقیم انجام می گردد. به طور استثنا تغذیه جرثقیل ها از طریق کابل الاستیک مجاز می باشد.

به جز کابل های قدرت روشنایی با ولتاژ  $380$  و  $220\text{V}$  در سالن توربین می بایست سه تا چهار ترانس کاهنده  $220/12\text{V}$  نصب نموده انشعاب به وجود آورده و چندین گروه پریز برای وصل لامپ های سیار  $12$  ولتی نصب نمود.

به منظور احتراز از حوادث ناگوار، استفاده از لامپ های  $220$  ولتی به منظور لامپ سیار اکیداً ممنوع می باشد. روی پریزهای پست های تقسیم بایستی مشخصه های  $12$  ولت و  $220$  ولت دقیقاً نوشته شده باشد.

در مورد استفاده از برق می بایست با به عهده برقکار کارگاه گذاشتن انجام کلیه اتصالات برق دیسیپلین شدیدی را حاکم گردانید. برقکار کارگاه موظف است هر روزه از وضعیت ابزار برقی کلیه کابل های برق کارگاه، لامپ های سیار و روشنایی ها کنترل به عمل آورد.



برای انجام کارهای جوش و برش احتیاج جوش و برش احتیاج به گازهای اکسیژن و استیلن می‌باشد. برای محرکه ماشین های پنوماتیکی (دریل ها و چکش های هوایی) هواگیری لوله‌ها و قطعات تجهیزات هوای فشرده و برای تست های هیدرولیکی آب مورد احتیاج می باشد.

از طریق لوله های موقت به محوطه مونتاز سالن توربین اکسیژن، استیلن، هوای فشرده و آب می‌رسانند. قبل از لوله گذاری بایستی آن ها را از کثافت تمیز کرده و با هوای فشرده پرژ نمود. لوله‌ها و والوهای مربوط به لوله های اکسیژن را به منظور چربی زدایی بایستی به صورت اضافی با دی‌کلروراتیلن شسته و مستقیماً قبل از در سرویس قرار دادن با بخار پرژ نمود. فشار تست هیدرولیکی برای لوله های اکسیژن  $2/45$  مگاپاسکال ( $25 \text{ kgf/cm}^2$ ) و برای لوله های استیلن  $2/156$  مگاپاسکال ( $22 \text{ kgf/cm}^2$ ) می باشد. روی لوله های اکسیژن می بایست از واشرهای مسی و برای لوله استیلن از واشرهای آلومینیمی استفاده نمود. نصب واشر یا قطعات مسی روی لوله‌های استیلن مجاز نمی باشد. فاصله بین لوله استیلن و اکسیژن می بایست حداقل  $250 \text{ mm}$  باشد.

### سازماندهی حفاظت و نگهداری تجهیزات

تجهیزات دستگاه توربین که به ساختمان نیروگاه وارد می شوند را در انبار مطابق با طرح انجام کارها نگهداری می نمایند.

کلیه تجهیزات را بنا به طریقه نگهداری آن ها به چهار دسته تقسیم می نمایند:

**دسته اول:** آن هایی که در مقابل بارندگی ها احتیاج به محافظت ندارند (قطعات بدنه کندانسور، هیترها، لوله ها). تجهیزات مذکور را در انبارهای رو باز نگهداری می کنند.

**دسته دوم:** آن هایی که در مقابل بارندگی مستقیم احتیاج به حفاظت دارند (قطعات، سیلندرها، روتورها در بسته بندی کارخانه‌ای، فریم های فونداسیونی). تجهیزات مذکور را در سایت‌های رو باز که دارای سایه‌بان محلی یا عمومی باشند، نگهداری می نمایند.

دسته سوم: تجهیزاتی که نسبت به نوسانات درجه حرارت هوای محیط حساس نیستند ولیکن در مقابل رطوبت احتیاج به محافظت دارند (قسمت هایی از گاورنینگ سیستم و کنترل والوها، دستگاه های حفاظتی و وسایل مخصوص)، تجهیزات مذکور را در انباری که دارای سیستم گرمایش نباشد، نگهداری می نمایند.

دسته چهارم: تجهیزاتی که احتیاج به محافظت در مقابل درجه حرارت دارند (دستگاه های الکتروآتوماتیک، دستگاه های کنترل و اندازه گیری، لوله های کوچک کندانسور).  
تجهیزات نامبرده را در انبارهای دارای سیستم گرمایش نگهداری می نمایند.  
فهرست کلی تجهیزات که از روی گروه های نگهداری تنظیم شده است در طرح انجام کارها آورده می شود.

تجهیزاتی که در سایت روباز نگهداری می شوند بر روی زیرسری های چوبی طوری قرار می گیرند که تجهیزات با زمین تماس نداشته باشند و دفرمه نشوند. به منظور امکان سرکشی برای نظارت بر وضعیت تجهیزات و راحتی انجام کارهای مربوط به حمل و نقل آن ها، بین قطعات و قسمت های تجهیزات می بایست راه عبور باقی گذاشت.

در این مورد، وقتی که مبدل های حرارتی در انبار قرار داشته باشند، در زمانی که هوا سرد است بایستی لوله های سیستم را از آب تخلیه و خالی بودن آن ها را کنترل نمود. آب بایستی به وسیله ی هوای فشرده خارج گردد. روی لوله های ارتباطی مبدل های حرارتی (ساب کولرها) و سایر تجهیزاتی که به شکل جمع شده می رسند، می بایست درپوش های فولادی کارخانه با واشرآلات مربوطه نصب شده باشند.

استاتور ژنراتور که به وسیله حمل و نقل مخصوص از طریق راه آهن رسیده است، به سالن توربین برده می شود و به وسیله جرثقیل های سقفی پیاده شده و روی فونداسیون مربوطه گذاشته می شود.