

✓ کاربردی

فرآیند دمونتاژ، نقشه کشی از قطعات، ساخت داخلی نمودن قطعات به روش مهندسی معکوس و مونتاژ نمودن دمنده (بلوور) BL-1601 واحد اسید سولفوریک منطقه ۳ شرکت پالایش نفت آبادان

موسی قاسمی *

^۱ کارشناس ارشد ماشین آلات دوار، اداره نگهداری و تعمیرات شرکت پالایش نفت آبادان، آبادان، ایران
دریافت: ۹۳/۸/۲۴ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱

چکیده

پیرو جلسه صبحگاهی مدیران شرکت پالایش نفت آبادان در شهریور ماه ۱۳۹۳، با توجه به از سرویس خارج بودن واحد تولید اسید سولفوریک (SARP) منطقه ۳ به دلیل تعمیرات اساسی، با هوشیاری مدیر عامل محترم و روشنفکری ریاست محترم اداره نگهداری و تعمیرات مقرر شد که قلب تپنده این واحد یعنی بلوور BL-1601 باز و اقدامات لازم جهت فرآیند نقشه کشی و ساخت قطعات اصلی و حساس آن به روش مهندسی معکوس انجام گردد. این بلوور ساخته شده در سال ۱۹۷۵ میلادی توسط شرکت پارسونز (PARSONS) کشور انگلستان می باشد که به دلیل قدیمی بودن و تحریم های اعمال شده هیچ کدام از قطعات یدکی آن وجود نداشت. این موضوع بدان معنا بود که اگر یکی از قطعات این بلوور حین سرویس آسیب می دید منجر به اختلال در راهبری و حتی از سرویس خارج شدن واحد اسید سولفوریک می شد. در همین راستا اداره نگهداری و تعمیرات ماشین آلات دوار اقدام به عملیات بررسی، مطالعه، دمونتاژ، انجام مراحل نقشه کشی و ساخت داخلی قطعات، مونتاژ و آماده سازی این بلوور نمود.

کلمات کلیدی: مهندسی معکوس، دمنده، واحد اسید سولفوریک، تعمیرات اساسی، قطعات یدکی

مقدمه

در دهه ۱۹۳۰ میلادی گروهی از محققان شرکت UOP کشف کردند که ایزوآلکان ها در حضور اسیدهای قوی در شرایط نسبتاً متوسط و ملایم با آلکن ها واکنش می دهند و هیدروکربن های اشباع شده به وجود می آورند. اولین بار واحد صنعتی آلکیلایون در سال ۱۹۳۸ تاسیس شد. آلکیلایون یعنی افزایش یک گروه آلکیل به یک ماده آلی ولی در اصطلاح پالایش نفت آلکیلایون عبارتست از واکنش یک اولفین سبک

* moosa.ghasemi25@gmail.com



با یک ایزوپارافین در دما و فشار بالا. آلکیلاسیون می‌تواند بدون کاتالیزور صورت گیرد ولی فرآورده‌های صنعتی آلکیلاسیون در دمای پایین و در حضور کاتالیزور انجام می‌شوند و فرآورده آن بنزین با عدد اکتان بالا است که الکیلپت نام دارد.

از ایزو بوتان و اولفین‌های سبک به عنوان خوراک آلکیلاسیون استفاده می‌شود. فرآورده‌های آلکیلاسیون عبارتند از بنزین الکیلپت، پروپان و نرمال بوتان و قطران که ماده غلیظ و قهوه‌ای‌رنگی حاوی مخلوطی از سیکلوپنتادین‌های مزدوج با زنجیره‌ای جانبی است. کاتالیزورهای آن اسیدهای مختلف مانند اسیدهای پروتونی (H_2SO_4 , HF) و یا اسیدهای لوئیس (BF_3 , AlCl_3) می‌باشند.

در آلکیلاسیون منطقه ۳ پالایشگاه آبادان از اسید سولفوریک به عنوان کاتالیزور استفاده می‌گردد که این اسید توسط واحد SARP تولید می‌شود.

واحد تولید اسید سولفوریک و نقش بلور مکنده BL-1601

فرآیند واحد تولید اسید سولفوریک (SARP) طراحی پارسونز (parsons) بوده و برای تولید اسید با غلظت بالا است. واحد اسید سولفوریک برای کارکرد ۳۵۰ روز در سال طراحی شده است که ۱۵ روز در سال دوره سالیانه تعمیراتی خواهد داشت.

جهت تولید گاز SO_2 مخلوط تار اسید (ADA) در کوره تجزیه می‌شود و گوگرد مذاب نیز با هوا می‌سوزد تا گاز SO_2 تولید شود. گاز تولید شده بعد از سرد شدن و تصفیه شدن رطوبت‌گیری و خشک می‌شود سپس گاز بعد از عبور از مبدل حرارتی وارد کانورتور می‌شود که شامل بستر کاتالیست است و SO_2 را به SO_3 تبدیل می‌نماید.

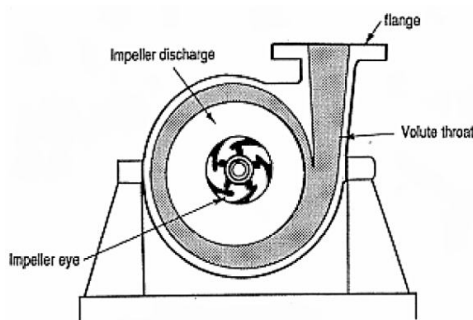
علاوه بر مخلوط تار اسید (ADA) که تجزیه می‌شود گوگرد مذاب نیز در کوره با هوا می‌سوزد دما در حدود 1950°F می‌باشد. گاز تولیدی در حدود ۷٪ حجمی SO_2 است و بیشتر حرارت مورد نیاز به وسیله سوختن گاز (Fuel Gas) پالایشگاه تامین می‌شود. هنگامی که تار اسید (ADA) در دسترس نیست می‌توان تا حد اکثر ۴۰ تن در روز گوگرد مایع به کوره تزریق کرد و با این مقدار گوگرد ۱۲۰ تن اسید تولید می‌شود.

گاز فرآیندی شامل SO_2 و O_2 بوسیله بلور مکنده BL-1601 به سمت کانورتور و مبدل‌های پیش‌گرم‌کن هدایت می‌شود در مسیر ورودی این بلور مکنده یک عدد جریان نگار جهت ثبت میزان جریان نصب شده است. بلور طوری تنظیم می‌شود که جریان خروجی از کوره ۲/۵ درصد اکسیژن داشته باشد. همچنین در خروجی بلور نیز یک عدد آنالایزر (AT-16005/6) جهت ثبت مقدار درصد گاز SO_2 و O_2 نصب شده است. برای جلوگیری از ورود گاز مرطوب به مبدل‌ها و کانورتور قبل از راه‌اندازی دمنده اصلی گاز؛ باید اسید گردشی برای برج های خشک کن و برج جذب بر قرار شده باشد. دقت ثبت مقدار SO_2 و O_2 هر چند مدت یک بار بوسیله آزمایشگاه تست می‌شود. بلور BL-1601 هوا و بخارات اسیدی را از کوره اسید مکش نموده سپس به برج جذب هدایت می‌نماید. این بلور قلب تپنده واحد SARP می‌باشد که از سرویس خارج شدن مساوی است با خاموش شدن کل واحد.

کلیات بلوور BL-1601

در انتقال یا جابجایی حجم زیادی از سیال گازی با نسبت تراکم پایین از دستگاهی بنام بلوور (دمنده/مکنده) استفاده می‌شود. در واقع همین نسبت تراکم کم عامل جابجایی سیال می‌باشد که با چرخش پره‌ها (Blades) و تولید فشاری ناچیز این امر تحقق می‌یابد. به عبارتی دیگر بلوورها نوع خاصی از کمپرسورها (Compressors) هستند که فشار (Pressure) نسبتاً کم و دبی (Flow) نسبتاً زیادی دارند.

بلوورها با فشار کم و دبی زیاد از نوع دینامیکی (Dynamic) جریان شعاعی (Centrifugal) یا جریان محوری (Axial flow) ساخته می‌شوند زیرا ساخت بلوورها از نوع تناوبی (رفت و برگشتی) عملاً منتفی است و از عوامل تعیین‌کننده‌ای که در طراحی بلوور دخالت دارند می‌توان به دبی و فشار مطلوب اشاره کرد. در بلوور BL-1601 عمل جابجا کردن و مکیدن سیال با استفاده از نیروی گریز از مرکز انجام می‌پذیرد. این بلوور دارای یک پروانه (Impeller) است که در محفظه حلزونی (Volute Casing) مانند شکل ۱ به کمک یک ماشین محرک (الکتروموتور) می‌چرخد.



شکل ۱. محفظه حلزونی بلوور

جهت انتقال دور از الکتروموتور به بلوور از یک جعبه دنده (Gear Box) افزاینده استفاده شده است که سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه موتور را به ۵۰۰۰ دور بر دقیقه تبدیل و به بلوور منتقل می‌نماید. سیال در جهت محور (Shaft) و از طریق نازل ورودی بلوور وارد چشمه پروانه (Impeller Eye) شده و بوسیله حرکت دورانی پروانه سرعت زیادی پیدا می‌کند در امتداد شعاع به حاشیه نوک پروانه‌ها می‌رسد و به کمک نیروی گریز از مرکز با سرعت مماسی زیادی از لبه پره‌ها جدا می‌شود و وارد محفظه (حلزونی) می‌شود. به علت خلاء حاصل از پرتاب شدن سیال از نوک پروانه ذرات قبلی جای ذرات خارج شده را می‌گیرند و با تکرار این عمل یک جریان یکنواختی به بلوور وارد و پس از دریافت انرژی از آن خارج می‌شود.

بلوور BL-1601 از نوع گریز از مرکز (Centrifugal) بوده و مدل آن SFL9A می‌باشد و دارای یک مرحله مکانیکی (یک پروانه برای تراکم گاز) است. آرایش این بلوور ساده و بدین صورت که دو نازل، یک ورودی و یک خروجی دارد. گاز از نازل ورودی وارد کمپرسور شده و پس از عبور از یک پروانه از نازل خروجی خارج می‌شود.

جدول ۱. مشخصات فنی بلوور

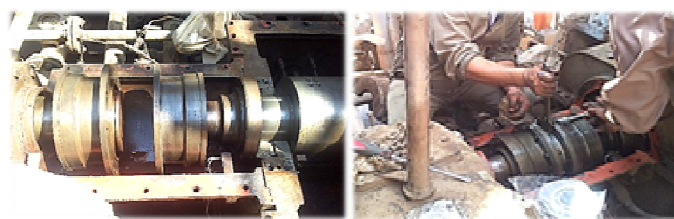
واحد	مقدار	طراحی
m ³ /h	۶۳۷۲۰	ظرفیت بلوور
bar	۰/۹۱۰ / ۱/۳۶۵	فشار گاز ورودی / خروجی
°C	۴۶	دمای گاز ورودی
kw	۹۰۰	توان
rpm	۵۰۰۰	سرعت عملیاتی
m/sec	۲۳۶	حداکثر سرعت (تریپ)
rpm	۷۵۰۰	سرعت بحرانی

روش مهندسی معکوس برای ساخت قطعات بلوور BL-1601

در راستای ساخت قطعات اصلی و حیاتی این بلوور به روش مهندسی معکوس ابتدا شناسایی، هماهنگی و دعوت از شرکت‌های معتبر نقشه کشی و سازنده قطعات توسط دفتر فنی اداره نگهداری و تعمیرات انجام گردید و سپس اقداماتی به شرح مراحل زیر به صورت تخصصی و با دقت فراوان انجام شد:

۱- جدا کردن (Dis Coupling) محور بلوور از محور گیربکس

برای انجام مراحل باز نمودن بلوور و دیگر تجهیزات، لازم بود که ابتدا کوپلینگ (Coupling) متصل کننده محور بلوور و جعبه دنده (گیربکس) باز و محور بلوور از گیربکس جدا شود (شکل ۲). کوپلینگ این بلوور از نوع دنده‌ای (Gear type) می‌باشد و به دلیل اینکه باید دائماً روغن کاری شود یک مسیر از سیستم روغن در محفظه کوپلینگ تعبیه شده است.



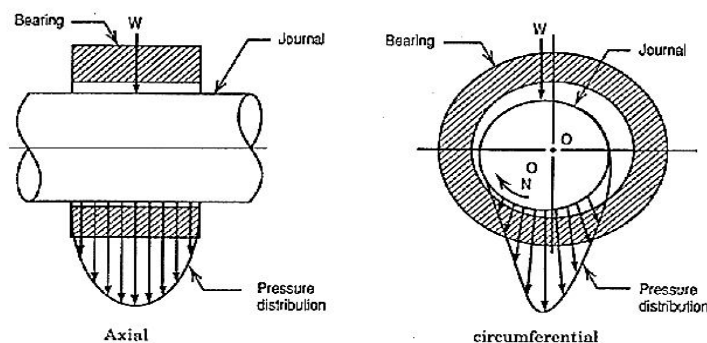
شکل ۲. جدا کردن محور بلور از محور گیربکس

۲- باز نمودن مسیرهای سیستم روغن

یکی از مسائل مهم در بلوور و گیربکس BL-1601 که بسیار حائز اهمیت است وضعیت روغنکاری می‌باشد. زیرا کلیه یاتاقان‌های (Bearings) آنها از نوع لغزشی (Sleeve) بوده و با توجه به ماهیت این نوع یاتاقان‌ها می‌بایست دائماً فیلمی از روغن (شکل ۳) در آنها (مابین شفت و یاتاقان) جاری باشد.

روش روانکاری این بلور به صورت روانکاری اجباری (Force Feed Type) طبق استاندارد جهانی API 617 است. روغن توسط پمپ روغن اصلی (Main oil pump) که در گیربکس تعبیه شده و با چرخش گیربکس، از مخزن با فشار به سمت یاتاقان‌ها فرستاده می‌شود. این روغن قبل از ورود به فضای یاتاقان‌ها در کولر خنک شده و با عبور از فیلتر تمیز می‌شود. همچنین بر روی مخزن روغن یک پمپ کمکی (Auxiliary oil pump) تعبیه شده که پس از خاموش شدن دستگاه و یا در ابتدای امر راه اندازی که گیربکس به دورنامی خود نرسیده و پمپ اصلی نمی‌تواند فشار لازم را تأمین نماید در سرویس قرار می‌گیرد.

به منظور جلوگیری از ورود اجسام خارجی به مسیرهای روغن، مسیر روغن ورودی به پمپ اصلی روغن و مسیر تخلیه روغن از محفظه کوپلینگ باز گردیدند.



شکل ۳. تشکیل فیلم روغن در یاتاقان‌های لغزشی

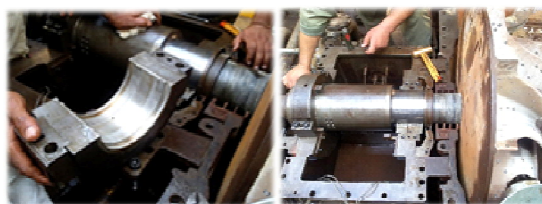
۳- باز نمودن کاور محفظه یاتاقان‌ها

بلور BL-1601 از لحاظ قرار گیری پروانه روی محور به صورت یک طرفه (Over Hung) بوده و همانطور که گفته شد یاتاقان‌های مورد استفاده در این بلور از نوع لغزشی می‌باشند. در این نوع یاتاقان‌ها که به شکل نیمه‌استوانه‌ای با لایه داخلی فلز نرم بابیت (Babbitt) ساخته شده اند محور روی فیلم نازکی از روغن داخل یاتاقان حرکت می‌کند. یاتاقان‌های لغزشی مورد استفاده در این بلور به شرح زیر می‌باشند:

الف- یک عدد یاتاقان شعاعی (Journal Bearing) که برای مهار نمودن نیروها و حرکت‌های شعاعی به کار می‌رود.

ب- یک عدد یاتاقان محوری (Thrust Bearing) که برای کنترل و خنثی نمودن نیروهای محوری به کار می‌رود.

به منظور در آوردن مجموعه روتور (Rotor) از محل خود ابتدا کاور محفظه یاتاقان‌ها باز و سپس نیمه بالایی یاتاقان‌ها باز گردیدند (شکل ۴).



شکل ۴. باز نمودن نیمه بالایی یاتاقان‌های شعاعی و محوری

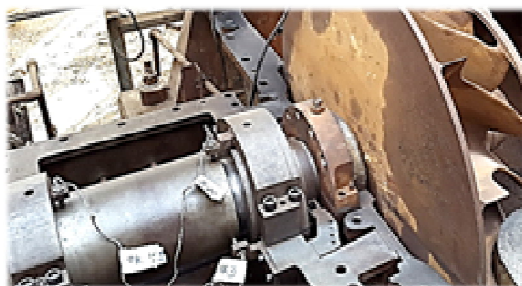
۴- باز نمودن حسگرهای (Sensors)

بلوور BL-1601 قدیمی و فاقد هرگونه حسگر حرکت محوری (ZT) و ارتعاش سنج (VT) بود. در ابتدای اجرای پروژه فاز ۳ پالایشگاه آبادان، پیمانکار مربوطه با جانمایی و ایجاد محل‌هایی در محفظه یاتاقان‌ها، حسگرهای مورد نیاز تعبیه و نصب گردیدند اما این طرح دارای مشکلاتی نظیر فقدان لقمه نگهدارنده متحرک و غیرقابل تنظیم بودن حسگرها بود که مشکلات ذکر شده توسط تیم تعمیرات ابزار دقیق با تغییرات، اصلاحات و تنظیمات لازم مرتفع گردید. برای جلوگیری از وارد شدن صدمات، حسگرها باز شدند (شکل ۵).

۵- باز نمودن تکه فوقانی محفظه (Casing) بلوور

محفظه بلوور به منظور راحت بازکردن و بستن، به صورت دو تکه افقی (Horizontally Split Casing) ساخته شده است که جنس آن از چدن (Cast Iron) می‌باشد. پس از باز نمودن نیمه بالایی یاتاقان‌ها و حسگرها، تکه فوقانی محفظه بلوور باز گردید.

۶- باز نمودن کاور آب بند (Seal)

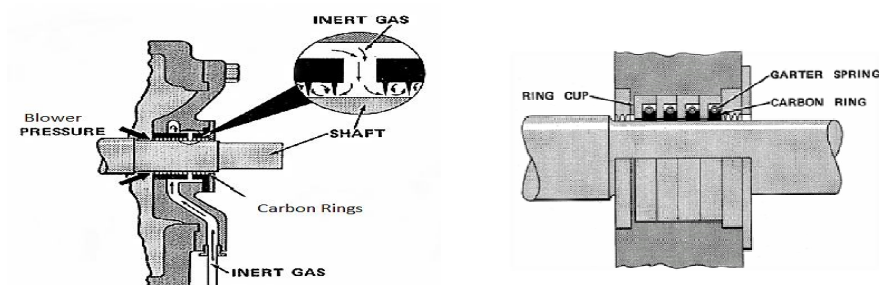


شکل ۵. باز نمودن حسگرها

با توجه به اسیدی بودن سیال این بلوور یکی از مهمترین قطعات آن، آب بند است. در قسمتی که شفت وارد محفظه می‌شود به هیچوجه حتی به مقدار کم نباید بخارات اسیدی از داخل محفظه به بیرون نشت پیدا کند. عدم آببندی علاوه بر احتمال آسیب دیدگی، بازدهی آنها را نیز کاهش

می‌دهد. آب‌بندها قطعاتی هستند که برای جلوگیری از خروج گاز متراکم شده بین قطعات ثابت و متحرک قرار می‌گیرند و میزان نشتی را به حداقل می‌رسانند.

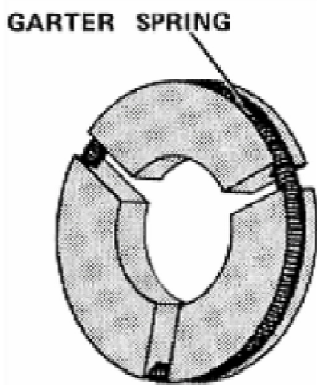
آب بند بلوور BL-1601 از نوع حلقه های ذغالی (Carbon Rings) می‌باشد که دارای سه ردیف حلقه ذغال است (شکل ۶). این حلقه‌ها معمولاً بسته به نوع شرایط عملیاتی از کربن با گریدهای مختلف ساخته می‌شوند و به دلیل اصطکاک کمی که در مقابل حرکت چرخشی محور ایجاد می‌کنند به‌صورت موثر در فشار پایین مورد استفاده قرار می‌گیرند.



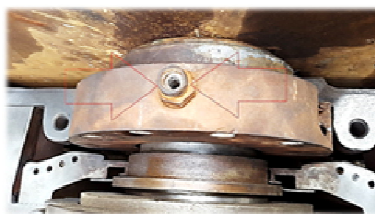
شکل ۶. حلقه های ذغال در محفظه آب بندی

این سه حلقه ذغال هر کدام از سه تکه تشکیل شده‌اند که روی هر کدام از آنها علامت‌هایی جهت نصب صحیح از لحاظ قرارگیری در کنار هم، حک شده است و توسط یک فنر (Garter spring) که روی آنها قرار می‌گیرد روی محور نصب می‌شوند (شکل ۷). کاور محفظه آب بندی باز و سه ردیف حلقه ذغالی آب بند کننده نیز به طور کامل از محل خود در آورده شدند.

به دلیل وجود نشتی جزئی که در این نوع آب بند وجود دارد یک مسیر گاز بی اثر ازت (Nitrogen) از یک منبع خارجی گرفته شده و در محفظه آب بندی تعبیه گردیده است. نیتروژن آب بند کننده با فشار مناسب (حدود 1 bar) به درون بلوور راه یافته و از نشت بخارات اسیدی به سمت بیرون ممانعت می‌نماید (شکل ۸).



شکل ۷. حلقه ذغال سه تکه



شکل ۸. محل ورود مسیر نیتروژن به محفظه آب بند و نحوه آب بندی

در ابتدای راه اندازی و یا خاموش شدن بلوور، نیتروژن آب بند کننده برای جلوگیری از نشت بخارات اسیدی به بیرون بلوور و نفوذ به محفظه بیرینگ‌ها، قبل از راه اندازی سیستم روغن حتماً می‌بایست سیستم در سرویس قرار داده شود و پس از خاموش نمودن بلوور نیز تا زمانی که سیستم روغن کاری در سرویس است باید سیستم آب بندی با نیتروژن در سرویس باشد.

۷- در آوردن مجموعه روتور

به دلیل مناسب نبودن شرایط محیط واحد عملیاتی اسید سولفوریک، مجموعه روتور پس از باز شدن جهت انجام فرآیند نقشه کشی به انبار نگهداری ماشین آلات دوار ارسال گردید و در آنجا شرکت‌های معتبر نقشه کش و سازنده قطعات، به صورت مهندسی از روتور نقشه برداری نمودند (شکل ۹).



شکل ۹. نقشه برداری از روتور بلوور BL-1601 توسط کارشناسان شرکت های داخلی

مطابق با شکل شماره ۹، مجموعه روتور بلوور BL-1601 شامل:

➤ حلقه فرسایشی (Wearing Ring)

با توجه به اجتناب ناپذیر بودن مسائل اصطکاکی و سایشی به دلیل نفوذ ذرات جامد و ... لبه بیرونی چشمه پروانه و بدنه بعد از مدتی در اثر ساییدگی پروانه و بدنه باید تعویض یا مورد جوشکاری و

بازسازی قرار گیرند که تعویض پروانه یا تعمیرات آنها گران تمام می‌شود و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

بدین منظور دو حلقه رینگ یکی روی پروانه (Impeller Wearing Ring) و یکی روی بدنه (Casing Wearing Ring) نصب می‌شود که بین دو رینگ فاصله بسیار کمی وجود دارد در صورتی که ذرات جامد وارد بلوور شود بین این حلقه‌ها گیر می‌افتد موجب سایش و افزایش کلرانس منجر به کم شدن جریان و فشار می‌شود، این حلقه‌ها به راحتی و با هزینه کمی قابل تعویض بوده و نیازی به تعویض پروانه یا ترمیم بدنه نیست.

➤ پروانه

پروانه این بلوور از دسته پروانه‌های گریز از مرکز و از نوع باز (Open) با قطر ۹۰۰ میلی متر است که فقط دارای تعدادی تیغه بوده و هر دو سمت جلو و عقب تیغه‌ها بدون صفحه می‌باشد و برای انتقال حجم زیاد سیال مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین بر حسب زاویه تیغه‌ها، این پروانه به صورت منحنی روبه عقب (Backward) می‌باشد.

➤ استوانه متعادل کننده (Balancing Piston)

در بلوور BL-1601 برای متعادل کردن حرکت محوری علاوه بر یاتاقان محوری از استوانه متعادل کننده نیز استفاده می‌گردد. این استوانه در پشت یاتاقان محوری قرار می‌گیرد و علاوه بر موازنه نیروی محوری، فشار جعبه آب‌بندی را هم تقلیل می‌دهد.

➤ محور

میله‌ای توپر از جنس استیل (Steel) است که بخش چرخنده بلوور روی آن نصب می‌شود. عملیات صیقل کاری روی شفت، دقت بالا در حفظ تلرانس و هم‌مرکز بودن تمام قسمت‌های محور نسبت به یاتاقان‌های آن، اهمیت زیادی بر عملکرد و تعادل دینامیکی روتور دارد. محور در حقیقت فونداسیونی برای روتور به منظور عملکرد مکانیکی خوب محسوب می‌شود.

۸- در آوردن نیمه پایینی یاتاقان‌ها

پس از باز نمودن نیمه بالایی یاتاقان‌های لغزشی و تکه فوقانی محفظه بلوور و در آوردن روتور، نیمه پایینی یاتاقان‌ها نیز جهت نقشه‌کشی و ساخت باز شدند. به منظور جلوگیری از ورود ناگهانی اجسام خارجی به محل ادوات باز شده، تمهیدات لازم جهت پوشش این محل‌ها انجام گردید (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. پوشش با پلاستیک ضخیم

۹- پاک‌سازی کلیه تجهیزات با کف برس

با توجه به اینکه سیال ورودی به بلوور مکنده BL-1601 بخارات اسیدی بود بنابراین محفظه بلوور و پروانه و دیگر قطعات دچار رسوب گرفتگی شده بودند که با استفاده از کف برس این رسوبات اسیدی پاک‌سازی شدند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. پاک‌سازی رسوبات اسیدی

۱۰- نصب نیمه پایینی یاتاقان‌ها

پس از نقشه کشی و ساخت یاتاقان‌ها توسط شرکت سازنده معتبر داخلی، نیمه زیرین یاتاقان‌های شعاعی و محوری در محل نصب گردیدند.

۱۱- نصب مجموعه روتور

پس از اتمام کار نقشه کشی، مجموعه روتور به واحد منتقل شد. یکی از پارامترهای مهم در نصب محور بر روی یاتاقان‌های نوع لغزشی، لقی یا همان کلرانس (Clearance) است که باید اندازه گیری و در حد مجاز باشد. اگر این لقی بیشتر از حد مجاز باشد موجب افزایش حرکت شعاعی، ارتعاش و لرزش می‌گردد و می‌تواند به دیگر قطعات خسارت وارد نماید. زیاد شدن لقی باعث تخلیه شدن روغن از بین این فواصل شده و منجر به تماس سایشی بین قطعات می‌گردد.

همچنین کم شدن لقی نیز باعث اختلال در سیستم روغن کاری شده و در صورت عدم نفوذ و حرکت روغن بین قطعات ثابت و متحرک موجب افزایش اصطکاک و سوختن آنها می‌شود. تنظیم لقی باید با دقت زیاد و طبق توصیه‌های سازنده یا جداول استاندارد انجام پذیرد.

➤ قرارگیری صحیح محور در مرکز جایگاه خود

با استفاده از نوعی رنگ مخصوص (Blue Check) و مالش آن بر روی سطح محور، روتور در محل خود نصب و پس از چرخش محور، روتور از محل خود بلند گردید. با مشخص شدن اثرات رنگ بر روی سطح نیمه پایینی یاتاقان شعاعی و محوری، از صحیح و یکنواخت قرار گرفتن محور بر روی یاتاقان‌ها اطمینان حاصل شد. پس از انجام این بررسی، روتور مجدداً در جایگاه خود نصب گردید.

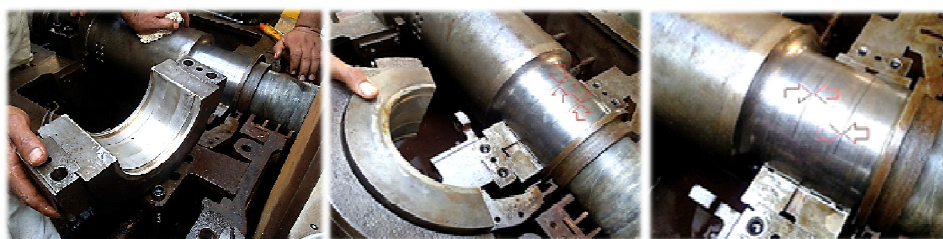
۱۲- نصب نیمه بالایی یاتاقان‌ها

پس از قرار گرفتن روتور در محل خود، نیمه بالایی یاتاقان‌های شعاعی و محوری بر روی نیمه پایینی خود نصب شدند. برای بررسی اینکه لقی یاتاقان‌های شعاعی و محوری با سطح محور طبق استاندارد است می‌بایست با توجه به شرایط محل نصب، یکی از روش‌های زیر استفاده می‌شد:

الف) اندازه گیری قطر داخلی یاتاقان و قطر بیرونی محور در محل نصب یاتاقان، اختلاف این دو عدد میزان لقی را نشان می‌دهد.

ب) استفاده از فیلر لقی‌سنج (Filer Gauge) که دارای تیغه‌هایی با ضخامت‌های استاندارد است و ضخامت هر تیغه روی خودش درج شده است. با عبور دادن تیغه‌ای که ضخامتش با میزان لقی برابر است کلرانس اندازه گیری می‌شود.

پ) استفاده از رشته سیم‌های نازک و نرم سربی (Lead Wire) که این سیم‌ها با ضخامت کمی بیشتر از کلرانس یاتاقان در قسمت بالایی بین محور و یاتاقان قرار داده شده و پیچ‌های یاتاقان سفت می‌گردد. مجدداً یاتاقان باز و سیم‌های لهیده شده درآورده می‌شوند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. قرار دادن رشته سیم‌های سربی ما بین محور و نیمه بالایی یاتاقان

بنابراین ضخامت رشته سیم‌های سربی لهیده شده که با میکرومتر (Micro Meter) اندازه گیری می‌شوند (شکل ۱۳) همان مقدار لقی بین محور و یاتاقان است.



شکل ۱۳. اندازه گیری رشته سیم‌های سربی لهیده شده با میکرومتر

استفاده از پلاستیک لقی سنج (Plastic Gauge) که رشته سیم‌های پلاستیکی با اندازه‌های استاندارد و بسیار دقیق هستند. این رشته سیم‌های پلاستیکی بین محور و یاتاقان قرار می‌گیرند و همانند روش قبلی (استفاده از رشته سیم‌های سربی) بین محور و یاتاقان لهیده می‌شوند اما تفاوتش با روش قبلی این است که برای اندازه‌گیری ضخامت رشته سیم‌های لهیده شده نیازی به میکرومتر نیست و ضخامت آنها در کنار جدولی (شکل ۱۴) که همراه با بسته پلاستیک لقی سنج استقرار گرفته و با هر کدام از خطوطی که هم‌سایز باشد میزان لقی در کنار شکل خوانده می‌شود. مزیت این روش نسبت به روش قبلی این است که رشته سیم‌های پلاستیکی باعث خرابی محور نمی‌شوند به‌خصوص وقتی که محور از جنس نرم باشد.



شکل ۱۴. اندازه‌گیری رشته سیم‌های پلاستیکی لهیده شده بصورت مطابقت دادن با جدول

با استفاده از روش‌های پ و ت لقی بین محور و یاتاقان‌های بلور BL-1601 طبق مقادیر زیر تنظیم گردید.

➤ فواصل مجاز طبق مدارک سازنده

یاتاقان شعاعی :	Max: 0.255mm	Min : 0.210mm
یاتاقان محوری :	Max: 0.325mm	Min : 0.280mm

➤ فواصل تنظیم شده برای یاتاقان‌های شعاعی و محوری با سطح محور

یاتاقان شعاعی :	0.170mm
یاتاقان محوری :	0.240mm

در یاتاقان‌های بزرگ بسته به نوع طراحی، با استفاده از شیمزهای تنظیم‌کننده که بین دو کفه یاتاقان قرار داده می‌شود با کم و زیاد کردن ضخامت آنها، کلرانس در محدوده مجاز تنظیم می‌شود. یکی از مسائل مهم که در یاتاقان‌های لغزشی مطرح است اطمینان پیدا کردن از تماس کامل قسمت پشت یاتاقان (قطر بیرونی) با محلی است که پوسته یاتاقان (قطر داخلی محل قرارگیری یاتاقان) در آن قرار دارد چون اگر بین آنها فاصله بیفتد در حین کار، یاتاقان حرکت می‌کند و باعث ارتعاش زیاد

می‌شود. همچنین وجود هوا بین آنها موجب تشکیل یک فیلم حرارتی شده و از انتقال حرارت از یاتاقان به پوسته جلوگیری می‌نماید.

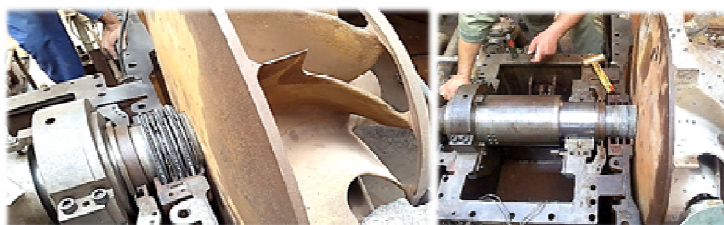
با قرار دادن رشته سیم‌های سربی در قسمت پشتی یاتاقان بین پوسته بیرونی یاتاقان و پوسته داخلی کاور در محل قرارگیری یاتاقان، این فاصله که به آن اصطلاحاً بک پرس (Back Press) می‌گویند اندازه‌گیری می‌شود و ضخامت رشته سیم لهیده شده مبین این فاصله است که با قرار دادن شیمز با اندازه مناسب این فاصله تنظیم می‌شود.

۱۳- نصب حلقه‌های ذغالی

پس از نصب کامل روتور و یاتاقان‌ها، سه ردیف حلقه ذغالی پشت سر هم به‌صورت پلکانی طبق مقادیر زیر روی محور بلوور نصب شدند (شکل ۱۵) که هرکدام از آنها مقداری افت فشار و ممانعت در مسیر سیال ایجاد می‌کنند.

➤ لقی تنظیم شده برای حلقه‌های ذغالی با سطح محور

0.762mm	: فاصله حلقه اول (از سمت پروانه به سمت یاتاقان)
0.508mm	: فاصله حلقه دوم (از سمت پروانه به سمت یاتاقان):
0.254mm	: فاصله حلقه سوم (از سمت پروانه به سمت یاتاقان)



شکل ۱۵. نصب سه ردیف حلقه ذغال سه تکه در محفظه آب بندی بر روی محور

۱۴- نصب کاور ذغال ها و تکه فوقانی محفظه بلوور

پس از نصب سه ردیف حلقه ذغالی به‌صورت پلکانی با رعایت کلرانس مجاز با سطح محور در محل خود، کاور محفظه آب بندی بسته شد (شکل ۱۶).

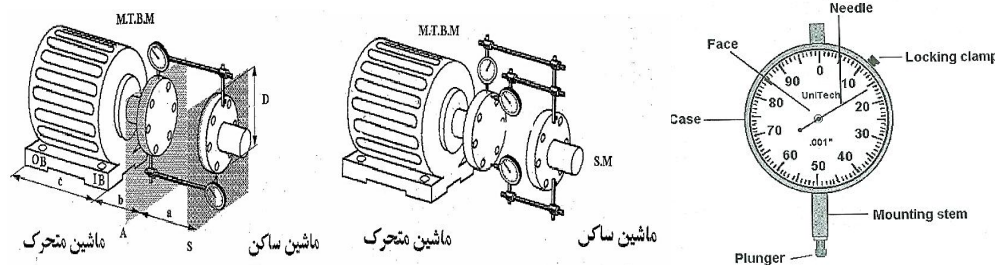


شکل ۱۶. بستن کاور محفظه آب بند

۱۵- هم محوری (Alignment)

پس از اتمام مراحل ذکر شده، هم محوری نمودن گیربکس با بلور انجام گردید. با توجه به اینکه بلور دارای حرکت آزاد محوری (Axial Movement) بود تنظیمات هم محور کردن می‌بایست از طریق یکی از روش‌های زیر انجام می‌گردید:

الف) هم‌محوری از روش لبه و دو پیشانی (Rim And Two Face) با استفاده از سه ساعت اندیکاتور که دو ساعت بر روی پیشانی و یک ساعت بر روی لبه نصب می‌شود.
هم‌محوری از روش معکوس (Reversed Dial) با دو ساعت دقیق اندازه‌گیری
پ) هم‌محوری با استفاده از دستگاه هم‌محورکننده لیزری (Laser Alignment)



شکل ۱۷. ساعت اندیکاتور - روش‌های لبه و دو پیشانی و معکوس برای هم محوری

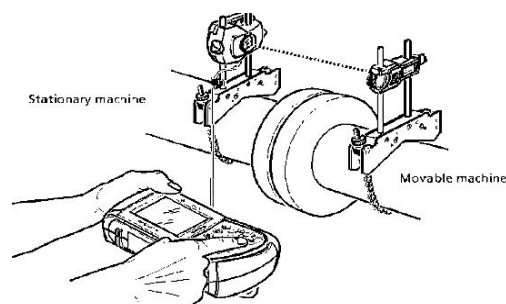
با در دسترس بودن دستگاه هم‌محورکننده لیزری و با توجه به اینکه هم محوری نمودن با این دستگاه بسیار دقیق‌تر از دیگر روش‌هاست عملیات هم محور کردن بلور با استفاده از این دستگاه طبق مدارک فنی سازنده انجام گردید.

نامحوری زاویه ای افقی: 0.0mm

نامحوری زاویه ای عمودی: 0.0mm

نامحوری موازی افقی: 0.0mm

نامحوری موازی عمودی: 0.0mm



شکل ۱۸. دستگاه هم محور کننده لیزری

۱۶- در مرکز قرار دادن محور

با توجه به لغزشی بودن یاتاقان محوری بلوور BL-1601 طبق دستور سازنده این بلوور دارای مقداری حرکت محوری (Axial Movement) می باشد تا روغن بتواند بین یاتاقان و دیسک نفوذ کند و فیلم روغن تشکیل شود. با توجه به این حرکت آزاد طولی به منظور جلوگیری از برخورد قطعات ثابت و متحرک با یکدیگر، می بایست محور در مرکز محل خود قرار داده می شد که برای اندازه گیری میزان این حرکت محوری دو روش زیر قابل استفاده بود:

الف) با استفاده از فیلر فاصله سنج، لقی بین دو طرف یاتاقان و دیسک اندازه گیری و محاسبه می شد که مجموع فیلر عبوری دو طرف مبین حرکت محوری بود.

ب) با استفاده از ساعت اندیکاتور بدین صورت که ابتدا با قراردادن پلانجر (Plunger) ساعت در جهت محوری روی کوپلینگ یا نقطه مناسب دیگری، محور کاملاً به یک طرف (سمت پروانه) رانده می شود و ساعت روی صفر تنظیم می گردد و سپس محور کاملاً به طرف مقابل (سمت کوپلینگ) حرکت داده و کشانده می شود. عددی را که ساعت نشان می دهد کل حرکت محوری (کل لقی) می باشد (شکل ۱۹). مقدار به دست آمده را تقسیم بر دو نموده و محور طبق عدد به دست آمده در مرکز محل خود قرار داده شد.

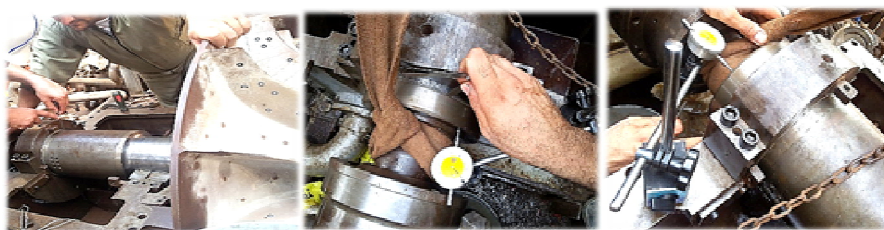
با استفاده از روش های الف و ب حرکت محوری بلوور BL-1601 طبق مقادیر زیر تنظیم گردید.

➤ فاصله مجاز طبق مدارک سازنده

Max: 0.322mm Min: 0.280mm

➤ فاصله تنظیم شده برای حرکت محوری

کل حرکت آزاد بدست آمده از محور : 0.320mm
فاصله تنظیم شده برای در مرکز قرار دادن محور : 0.160mm



شکل ۱۹. در مرکز قرار دادن محور با استفاده از ساعت اندیکاتور و فیلر فاصله سنج

همچنین برای کم و زیاد کردن حرکت محوری از روش های زیر می توان استفاده نمود:

الف) اگر کلرانس کم باشد می توان با اسکراب نمودن یا ماشین کردن، ضخامت بابیت را کم کرد و در صورتی که شیمز وجود داشته باشد ضخامت شیمز کم گردد.

ب) اگر کلرانس زیاد باشد می‌توان از طریق بابت‌ریزی جدید و یا شیمزگذاری فاصله را در حد مجاز تنظیم نمود.

۱۷- نصب حسگرها

برای جلوگیری از عملکرد نادرست و خطا نشان دادن حسگرهای حس کننده حرکت طولی محور، پس از در مرکز قرار دادن محور، این حسگرها بر اساس قرار گیری در نقطه جدید، تنظیم شده و نصب گردیدند.

۱۸- متصل کردن (Coupling) محور بلوور با محور گیربکس

پس از هم محوری نمودن بلوور با گیربکس و در مرکز قرار دادن محور بلوور، بلوور با گیربکس متصل و کوپل شدند.

۱۹- بستن کاور کوپلینگ

پس از متصل کردن محور بلوور با محور گیربکس، کاور کوپلینگ بسته شد و کلیه مسیرهای باز شده مجدداً نصب گردیدند.

۲۰- آماده سازی جهت راه اندازی

کلیه متعلقات بلوور نصب شدند و سپس سیستم روغن با پمپ کمکی روغن در سرویس قرار داده شد و بلوور آماده راه‌اندازی عملیاتی گردید.

نتایج و بحث

مراحل نقشه‌برداری و ساخت قطعات بلوور با رعایت موارد زیر به اتمام رسید:

- ۱- استفاده از شرکت‌های معتبر داخلی
- ۲- باز نمودن قطعات بلوور با دقت فراوان توسط متخصصین مجرب
- ۳- تمهیدات لازم جهت پوشش و نگهداشت تجهیزات باز شده
- ۴- بستن تجهیزات با مطالعه دقیق مدارک سازنده و دیگر منابع مشابه
- ۵- آماده سازی بلوور جهت راه اندازی عملیاتی

نتیجه گیری

فرآیند نقشه برداری از قطعات زیر با موفقیت کامل انجام گردید:

- ۱- حلقه سایشی
- ۲- استوانه متعادل کننده حرکت محوری
- ۳- محور
- ۴- حلقه های ذغالی آب بند
- ۵- یاتاقان لغزشی شعاعی
- ۶- یاتاقان لغزشی محوری

این قطعات هم اکنون در دست ساخت به روش مهندسی معکوس توسط شرکت های معتبر داخلی می باشند که این امر علاوه بر توانمند نمودن شرکت های خصوصی، خودکفایی و عدم نیاز به سازندگان خارجی، راهبری واحد عملیاتی اسید سولفوریک (SARP) که وابسته به این بلوور بود را ایمن نگاه داشت.

منابع

1. V.M Cherakasky, Pumps, Fans, Compressprs Mir Publishers Moscow, Second printing, 1985.
2. Heinzp. Bloch, Joseph A. Cameron, Frank M. Danowski. JR. Ralph Jakies, JR. Judsons. Swearingen, Mariln. Weightman, Compressors and expanders, Marcel Dekker, INC, 1982.
3. Ronald P. Laonina, estimating centrifugal compressors performance gulf publishing CO. 1982.
4. Royce N. Barown, Compressors Selecting Sizing gulf publish TIMC, 1990 Second print.
5. Pierre Pichot, Compressors APP. Engineering gulf PUB, 1986.
6. M. Schobeiri, "Turbo machinery Flow Physics and Dynamic Performance", Texas A & M University, Department of Mechanical Engineering, 2003.