

# مهندسی معکوس، ساخت، مونتاژ، نصب و راه اندازی پمپ گوگرد مذاب عمودی واحد SRU مجتمع گاز پارس جنوبی

## چکیده

مهندسی معکوس بر اساس دانش چگونگی، چیرستی و چرایی محکوم به موفقیت است. این شرکت با برخورداری از تخصص بالا در این خصوص اقدام به مهندسی معکوس علمی، ساخت و مونتاژ پمپ عمودی گوگرد مذاب با دمای  $145^{\circ}\text{C}$  توسط متخصصان داخلی نمود. استخراج تفرانس ها، تاثیر انبساط غیر متقارن اجزا غیر هم جنس در دمای کارکرد از موارد بسیار مهم می باشند. با لحاظ نمودن کلیه موارد، ساخت اجزاء، مونتاژ اولیه، مونتاژ نهایی و کنترل کیفیت بازرسی های لازم حین ساخت صورت گرفت که پس از تایید، پمپ در واحد SRU نصب و راه اندازی گردید و توسط تیم مربوطه به لحاظ میزان ارتعاش، دمای برینگ ها و عملکرد کنترل و تایید گردید.

## کلمات کلیدی

پمپ، عمودی، گوگرد، سولفور، مذاب، SRU

## نکات برجسته

- مهندسی معکوس پمپ عمودی با طول بیش از ۲۰۰۰ از روی نمونه خارجی
- مطالعات گسترده و نهایتاً بومی سازی دانش فنی ساخت پمپ های گوگرد مذاب
- تهیه و ساخت پمپ کامل در داخل کشور برای اولین بار

## ۱- مقدمه

گوگرد عنصری از گروه ۶A جدول تناوبی با عدد اتمی 16 و نقطه ذوب 115 و نقطه جوش 444 درجه سانتی گراد می باشد. چگالی مذاب آن  $1.819 \text{ gr.cm}^{-3}$  می باشد. در سال های اخیر تولید سولفور بطور سالانه رشد یکنواختی داشته است و به طبع آن نیاز به پمپ برای انتقال این حجم سولفور افزایش یافته است. کلیه این پمپ ها توسط شرکت های خارجی بطور انحصاری ساخته می شوند. در کشور ما تاکنون این پمپ ها بصورت کامل ساخته نشده بود، که این امر با تلاش مجدانه متخصصین داخلی عملی گردید.

برای مخزن های زیر زمینی استفاده از پمپ های سانتریفیوژ عمودی یک کار معمول می باشد. جهت انتقال گوگرد برای عمق های بیشتر از 2000mm پمپ های دارای شافت بلند با برینگ های میانی مناسب می باشند. شافت عمودی در بالای تانک با تکیه بر بلبرینگ ها گرفته شده است و برینگ های میانی توسط سولفور مذاب روان کاری می گردند.

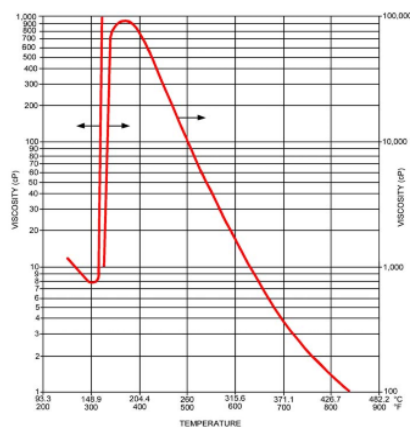
به طور معمول ماکزیمم سرعت دوران این مدل پمپ ها برای فرکانس 50 هرتز 1500، و فرکانس 60 هرتز 1800 دور در دقیقه می باشد. در غیر اینصورت خطر افزایش دما به طبع آن افزایش گران روی در برینگ ها و افزایش لرزش پمپ وجود دارد.

جهت مخزن های نصب شده روی سطح زمین، پمپ های عمودی و افقی هر دو قابل استفاده می باشند که به نظر مصرف کننده و میزان سرمایه گذاری بستگی دارد.

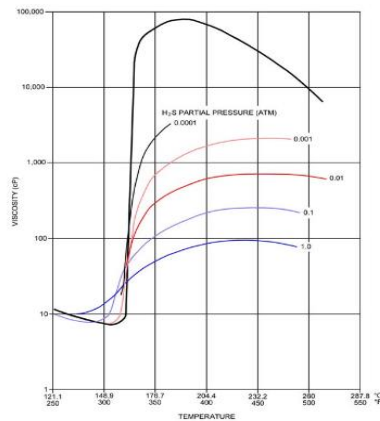
نظر به گوگرد موجود در گاز برداشتی از منابع زیر زمینی در بعضی از پالایشگاههای گاز از پمپ های مذکور استفاده می گردد. در بهار سال ۹۳ این شرکت اقدام به مطالعه، مهندسی معکوس، ساخت، مونتاژ و نصب و راه اندازی پمپ سولفور مذاب عمودی سه محفظه ای نمود. بلندترین پمپ عمودی با طول هفده متر توسط شرکت فریاتک برای کشور سوئد ساخته و بهره برداری شده است در کشور ایران پمپ عمودی با طول ۴/۳ متر به طور مشترک با همکاری پارس جنوبی و شرکت آراپاد ساخته و بهره برداری گردید.

## ۲- مطالعه و طراحی

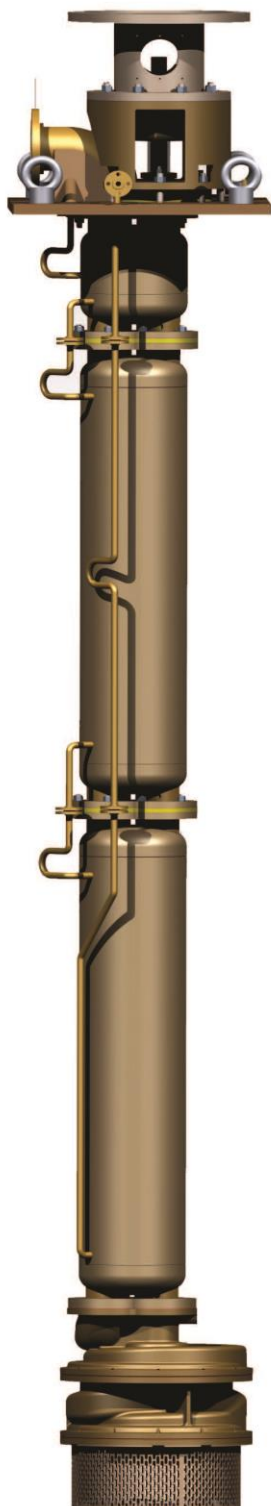
هنگام طراحی یک پمپ برای گوگرد مذاب، خواص مهم گوگرد باید مورد توجه قرار گیرد. به دلیل تغییرات غیر نرمال ویسکوزیته با دما، گوگرد می تواند دمای ۱۳۵ تا ۱۵۵ درجه سانتی گراد به طور رضایت بخشی پمپ گردد. ( شکل شماره ۱ )



شکل شماره ۱



شکل شماره ۲



شکل شماره ۳

وجود  $H_2S$  مستقیماً بر دامنه دمای فوق الذکر تاثیر گذار می باشد، زیرا باعث تغییرات ویسکوزیته می گردد. ( شکل شماره ۲ ) ، هر چه میزان  $H_2S$  موجود در گوگرد مذاب بیشتر باشد دامنه تغییرات ویسکوزیته کاهش می یابد.

کلیه پمپ های گوگرد مذاب یک محفظه گرمایشی جهت نگهداری دمای ثابت در تمام بخش های پمپ دارند.

پمپ های عمودی گوگرد با طبقات مختلف قابل ساخت می باشند. عموماً لوله تخلیه و لوله شافت، همزمان کامل می شوند به خصوص برای پمپ های بلند تر از ۲۰۰۰ میلی متر تا بهینه ترین پایداری را داشته باشند. برای نصب این نوع پمپ ها وجود یک مدخل کوچک در تانک یا مخزن کفایت به علاوه معمولاً این پمپ ها دو طبقه می باشند که نیروهای شعاعی را به حداقل می رساند و این باعث کاهش سایش در برینگ های میانی می گردد. که خود باعث افزایش زمان بین دو خرابی<sup>۱</sup> ( MTBF ) می شوند.

اصولاً مهندسی معکوس چنانچه بر اساس دانش چگونگی، چرایی و چیستی انجام گردد، رسیدن به موفقیت ناگزیر می باشد.

شناسایی مواد بر اساس معیارهایی نظیر:

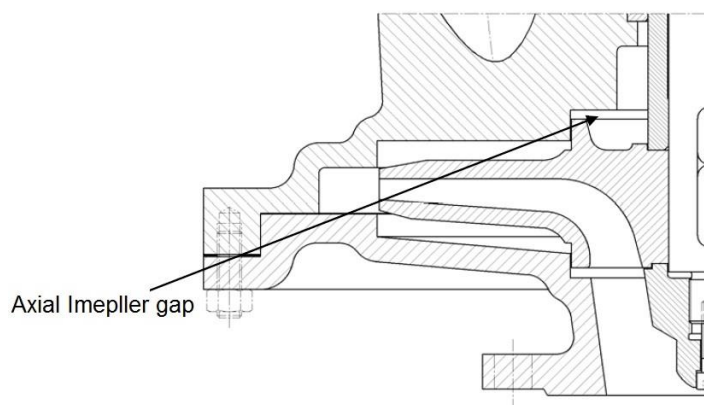
- شرایط خوردگی
- محدوده دمایی عملیات
- سختی و مقاومت به سایش
- انتقال حرارت
- خواص مکانیکی صورت گرفته است
- پس از بررسی و کنترل مجدد نقشه ها و انعکاس تلورانس ها و انطباقات و محاسبه انبساط اجزاء پمپ در حالیکه هر یک ضریب انبساط متفاوتی دارند و بررسی موارد کنترلی، طرح کامل و آماده ساخت گردید.

بطور معمول این پمپ عمودی ( شکل شماره ۳ ) طراحی منحصر به فردی دارد که بهره برداری و تعمیرات آن را راحت می نماید.

- لوله های تخلیه و شافت بصورت یک ستون واحد ساخته می شوند که بهترین پایداری را دارد.
- برای ورود پمپ به مخزن گوگرد، وجود یک مدخل خیلی کوچک کفایت می کند.

<sup>۱</sup> Mean Time Between Failures

- وجود پمپ در دو طبقه باعث کاهش، نیروهای شعاعی می گردد که خود باعث کاهش ساییش کل برینگ ها می گردد. همچنین با سرعت دوران کمتر به مطلوب می رسد.
- پمپ بعد از رسیدن به دمای عملیات حدود ۶/۵ میلی متر افزایش طول می یابد که در صورت توجه نکردن به این موضوع، افزایش طول حاصله باعث برخورد پره با بدنه پمپ و آسیب دیدگی آن محل حتی در مواردی تخریب کلی پمپ می گردد ( شکل شماره ۴ ) به منظور پیشگیری، در حد فاصل محوری بین ایمپلر و بدنه<sup>۱</sup> لحاظ می گردد. همواره شافت پمپ بعد از هم دمایی باید با دست قابل چرخش باشد. به منظور خنثی کردن تاثیر تخریبی انبساط روی لوله های بخار، در طراحی این لوله ها بخش U شکل لحاظ شده است .



شکل شماره ۴

به دلیل طول زیاد این پمپ از سه عدد شافت استفاده شده است و طراحی طوری می باشد که پس از سفت شدن رزوه دو شافت، جای خار دو شافت دقیقاً مقابل یکدیگر قرار گرفته و به آرامی بوش مربوطه حرکت می کند و در محل خود قرار می گیرد. ( شکل شماره ۵ )



شکل شماره ۵

روانکاری های میانی توسط یک مجرا که از لوله خروجی گرفته شده است انجام می گردد. در قسمت های خاصی از جاکت ها، سوراخ های تهیه شده است که جریان را طوری کنترل می نماید که این روانکاری طوری عبور نماید که باعث افزایش دما در بین دو سطح و آسیب دیدگی برینگها نگردد.

### ۳- ساخت

در این مرحله ابتدا اجزا بطور مجزا ساخته و کنترل کیفیت گردید ( شکل شماره ۶ ) پس از آن زیر مجموعه ها مونتاژ اولیه و سپس با عملیات جوشکاری کامل شدند. ( شکل شماره ۷).



شکل شماره ۶



شکل شماره ۷

پس از جوشکاری اجزاء، ماشین کاری سطوح فلانچ ها انجام گرفت که خود فرآیند بسیار مهم در ساخت می باشد که باید انطباق های هندسی فلانچ ها حاصل گردد. که این مهم به کمک فیکسچر و ماشین مورد استفاده و ماشین کاری هم زمان دو سطح به انجام رسید. ( شکل شماره ۸)

پس از ماشین کاری آزمایش نفوذ رنگی روی کلیه خطوط جوش و آزمایش فشار هیدرواستاتیک روی هر جاکت انجام گرفت که از عدم وجود هر گونه منفذ در محل عبور بخار اطمینان حاصل گردد.

شافت ها و سایر اجزاء بطور مجزا تولید گردیده بطوری که لنگی<sup>۳</sup> کمتر از حد مجاز می باشد.



شکل شماره ۸

#### ۴- مونتاژ نهایی، نصب و راه اندازی

پس از آماده شدن کلیه اجزا و زیر مجموعه ها و کنترل آنها، عملیات مونتاژ نهایی آغاز گردید و صحت کلیه تیرانس ها و اتصالات با مونتاژ نیز تایید گردید. ( شکل شماره ۹ ) در این هنگام شافت پمپ در حالت افقی باید با دست قابل چرخیدن باشد.

---

<sup>۲</sup> Axial Impeller Gap

<sup>۳</sup> Shaft run-out



شکل شماره ۹

پس از کنترل های نهائی و پوشش دهی سطوح پمپ جهت نصب حمل گردید.  
به منظور نصب دو جرثقیل در محل حاضر و پمپ را از حالت افقی به عمودی در آورده و سپس در مدخل مخزن گوگرد مذاب قرار داده شد.  
وقتی که مخزن پر از گوگرد مذاب می باشد، پمپ باید با سرعتی کمتر از ده سانتی متر در دقیقه وارد گردد. جاکت های بخار پمپ هرگز نباید برای گرم کردن گوگرد مخزن استفاده شود.  
بعد از وصل کردن لوله های بخار، پمپ پیشگرم شد. بطوریکه شافت و جاکت ها به آرامی گرم و منبسط شوند. در این مرحله لوله تخلیه و لوله های مربوطه سریعتر از شافت های منبسط شده و باعث فشار و حتی گسیختگی پروانه خواهد شد.  
در حین نصب باید مراقبت های ویژه صورت پذیرد تا از برخورد پمپ با مدخل ورودی و آسیب رساندن یا آسیب دیدن پیشگیری گردد.  
برای پمپی با این طول حداقل هشت ساعت برای هم دمایی، زمان گرم کردن باید در نظر گرفته شود.  
بعد از اینکه پمپ گرم شد جهت چرخش موتور در حالتی که هنوز کوپلینگ بسته نشده آزمایش گردید، شافت با دست چرخانده شد که از چرخش آزاد آن اطمینان حاصل گردد.  
سپس کوپلینگ در محل خود بسته شد و پمپ استارت گردید. بعد از رسیدن به مقدار اسمی، ارتعاش اندازه گیری گردید و به اندازه رضایت بخش رسید. که این میزان ارتعاش در استاندارد 9908 و DIN ISO 5199 مشخص شده است.  
از زمان نصب پمپ در مهر ۹۳ و راه اندازی موفقیت آمیز آن در مجتمع گاز پارس جنوبی، ارتعاش و دبی آن تحت مراقبت بوده و تاکنون در شرایط رضایت بخش در حال کار می باشد.

## نتیجه گیری

نتایج حاصله نشان می دهد که بوی سازی دانش ساخت هر مجموعه یا تجهیز میبتنی بر دانش چگونگی، چرایی و چیستی محکوم به موفقیت می باشد. تحقیق کامل و گسترده بر روی این پروژه منجر به ایجاد دانش فنی کامل در خصوص ساخت پمپ های گوگرد مذاب گردید و اکنون با افتخار می توان گفت که: " ما دانش ساخت پمپ های گوگرد مذاب را بومی سازی کرده ایم "

## سپاسگزاری

بدینوسیله از زحمات، مدیریت محترم عملیات، همکاری های فکری و فنی ریاست محترم کارگاه مرکزی، ریاست محترم کمیته خودکفایی مجتمع پارس جنوبی و زیر مجموعه های مربوطه سپاسگزاری نموده، امید است پیوسته در مسیر زندگی توفیقات روز افزون همراهشان باشد.

## مراجع

- [1] Dr. – Ing. Jurgen Weinerth, Centrifugal Pumps for Molten Sulphur and Sulphuric Acid Production, 2004
- [2] Friatec , Vertical Chemical Centrifugal Pump, Friatec Catalogue, 2013

[۳] یزدانی، ایوب راهنمای حمل و نقل، نصب و راه اندازی و تعمیرات و نگهداری پمپ سولفور مذاب، مجتمع گاز پارس جنوبی، شرکت آراپاد، ۱۳۹۳