

بررسی علل تشکیل رسوب سیاه رنگ (قهوای تیره متمایل به سیاه) در تریپهای روغن سیل کمپرسور مبرد آمونیاک در بفش LP و (اهکار) رفع آن

آذر رحیمی - مهندس برنامه ریزی و کنترل تولید واحد مهندسی فرآیند شرکت سهامی
پتروشیمی خراسان - کارشناس بخش روانکاری CM

چکیده :

یکی از دستگاههای روتاری حساس در واحد آمونیاک مجتمع پتروشیمی خراسان توربین کمپرسور مبرد آمونیاک است. در این دستگاه روغن صنعتی علاوه بر وظایف روانکاری و خنک کنندگی، نقش سیلینگ رانیز بر عهده دارد مقاله حاضر پیرامون نحوه حل مشکل پدید آمده در مسیر روغن سیل کمپرسور مزبور که به شکل تشکیل رسوب و گرفتگی و در نهایت OVER FLOW روغن و نفوذ آن به داخل محصول آمونیاک بروز کرده بود، می باشد.

در این مقاله ابتدا مشکل پدید آمده معرفی و سپس بطور اجمالی اطلاعات در خصوص نوع روغن و سیستم روغن ارائه می گردد. به دلیل اینکه دستگاه مزبور تحت پوشش سیستم مراقبت وضعیت *CONDITION MONITORING* بوده، اشکال ایجاد شده قبل از بروز هر گونه صدمه مکانیکی که منجر به توقف تولید می گردد، شناسایی و در جهت رفع آن اقدام گردید در این راستا با توجه به سوابق چند ساله CM در مورد روغن این دستگاه، شرایط فیزیکی و شیمیایی روغن، میزان اکسیداسیون و طول عمر باقیمانده روغن مورد بررسی قرار گرفته و با جمع آوری کلیه شواهد و پارامترهای قابل ذکر پیشنهاد قابل قبول به شکل *REFILL* بخشی از روغن به صورت *ONLINE* به اجراء در آمد که نتایج رضایت بخش بوده و با تایید گروههای مختلف بهره برداری و تعمیرات بعنوان کاربرهای دستگاه، مشکل به طور کامل مرتفع گردیده است.

مقدمه :

واحد آمونیاک مجتمع پتروشیمی خراسان تحت لیسانس شرکت M.W.KELLOG برای تولید 1000 تن آمونیاک در روز طراحی و راه اندازی شده است فرآیند تولید به روش ریفرمینگ گاز طبیعی و تهیه گاز سنتز به روش کلاگ می باشد. محصول آمونیاک به دو صورت آمونیاک گرم در دمای 32.5°C و آمونیاک سرد در دمای 35°C قابل دسترسی است. یکی از دستگاههای روتاری حساس در این واحد، توربین کمپرسور مبرد آمونیاک می باشد که روغن صنعتی در آن دو وظیفه روانکاری و سیلینگ را بر عهده دارد. این دستگاه به طور مداوم در سرویس بوده و هر گونه اشکال در عملکرد دستگاه مزبور منجر به از سرویس خارج شدن کل واحد می گردد لذا عملکرد آن از حساسیت ویژه ای برخوردار است.

شرح :

همانطور که ذکر گردید روغن در این دستگاه علاوه بر وظایف روانکاری و خنک کنندگی ، وظیفه سیلینگ سیال پروسس رانیز برعهده دارد نوع روغن مورد استفا ده روغن توربین و حجم آن ۱۵۸۰۰ لیتر و مخزن روغن میان کمپرسورهای مبرد آمونیاک ، هواو گاز طبیعی مشترک است . مشخصات عمومی سیستم روغن به شرح ذیل میباشد :

AMMONIA REFRIGERATION COMPRESSOR TYPE : CENTRIFUGAL

MANUFACTURE : DRESSER RAND

MODEL:LP CASE(3MX9-8COMP)&HPCASE(3MX9-7COMP)

MECHANICAL SEALTYPE:JOHN CRANE FRANCE(B140SPEC+BT SPEC)

SEAL OIL OPERATING TEMP :

NORMAL SUPPLY FOR START UP 43-52°C

NORMAL OIL OUT 23-33°C

MAXIMUM OIL OUT ALARM 88°C

MAXIMUM OIL OUT SHUTDOWN 93°C

OIL COOLER INLET TEMP. AS DOC. 60°C OPERATION: 54°C

OIL COOLER OUTLET TEMP. AS DOC. 48°C OPERATION: 46°C

OIL RESEVOIR AS DOC. 60°C OPERATION: 55°C

DEGASIN TANK AS DOC. 80°C OPERATION: 59°C

SEAL OIL OPERATING TEMP:

NORMAL SUPPLY FOR CONTINUOUS OPERATION 43-52°C

NORMAL OIL OUT 22-33°C

نوع روغن: SHELL TURBO T32 (روغن اصل پیشنهادی سازنده)

حجم روغن : ۱۵۸۰۰ لیتر ، کنسول روغن مشترک میان کمپرسورهای گاز طبیعی ، کمپرسور هوا و کمپرسور مبرد آمونیاک

طول عمر روغن : ۱۰ سال با میزان MAKE UP نرمال حدود ۱۰٪ در سال

نوع روغن جبرانی : SHELL TURBO T32

در تعمیرات اساسی سال ۸۲ روغن مورد تصفیه فیزیکی قرار گرفته است.

نفوذ آمونیاک در این قسمت شرایط سختی را به روغن تحمیل می نماید. روغن خروجی از تانک مرکزی روغن ، بعد از عبور از کولر و فیلترهای مسیر LUB به سمت بیرینگهای توربین و کمپرسور جریان می یابد و بعد از روانکاری و خنک کنندگی بیرینگها به داخل کنسول روغن برمی گردد . روغن مسیر سیل نیز بعد از عبور از فیلترهای سیل به سمت مکانیکال سیلهای مراحل LP و HP جریان یافته و بوسیله کنترل کننده اختلاف فشار بین روغن و گاز آمونیاک از نفوذ سیال پروسس جلوگیری میکند. در برگشت از مسیر سیل به دلیل نفوذ مقداری آمونیاک به داخل روغن و لزوم حذف آن، روغن وارد تریپها(تله ها) میگردد. با مشاهده روغن در لاین برگشتی آمونیاک و جستجوی علل بروز آن، معین گردیدتجمع رسوب قهوه ای تیره متمایل به سیاه و غیر چسبنده در سمت ساکشن ترپ

کمپرسور بخش LP باعث گرفتگی و OVER FLOW روغن و نفوذ آن به داخل آمونیاک می‌شود. این رسوب در بخش HP نیز به مقدار کمتری مشاهده شد. میزان تشکیل رسوب به حدی بوده که بطور هفتگی نیاز به تمیزکاری استرینر ترپ بوده است ضمن افت فشار در فیلترهای لوب و سیل مشاهده نشده ولی لایه بسیار نازکی از رسوب مذکور در این فیلترها بخصوص در فیلتر مسیر لوب (اولین سری فیلترها در مسیر روغن بعد از تانک روغن) تشکیل شده بود بعد از تعویض فیلترهای لوب و سیل فاصله زمانی گرفتگی و تمیزکاری ترپها به یکماه افزایش یافت ولی مشکل همچنان باقی بود. این گرفتگی و تجمع در ترپ بخش ساکشن LP به شکل حادثی نمود پیدا کرده و در سمت Discharge LP و ترپهای سمت HP به مقدار ناچیزی مشاهده می‌شود. (مطابق تصویر پیوست).

فعالیت‌های انجام شده توسط واحد مهندسی در جهت شناسایی و رفع

مشکل

بررسی کامل شرایط فیزیکی و شیمیایی روغن :

(1)

این دستگاه از سال ۱۳۸۰ تحت پوشش برنامه مراقبت وضعیت (CM (Condition Monitoring) بوده است و روغن آن بطور ماهیانه مورد تست و ارزیابی قرار گرفته است. قبل از آن نیز بطور غیر روتین تست و ارزیابی شده و همواره تحت کنترل بوده است.

آزمایشهای انجام شده در ۲ بخش قابل بررسی است :

(۱-۱) تستهای عمومی تعیین کیفیت روغن شامل :

۱-۱-۱) ویسکوزیته در $40^{\circ}C$

نرمال بوده است. در صورت پیشرفت پروسه اکسیداسیون و محصولات آن انتظار افزایش در میزان ویسکوزیته میرفت که این مورد مشاهده نشده و همواره ویسکوزیته نرمال بوده است. (پیوست ۱)

۱-۱-۲) آلودگی آب

میزان آب همواره زیر 50 PPM کنترل و در موارد افزایش آب بلافاصله oil purifier در سرویس قرار گرفته است. بنابر این اثر مخرب آب در این سیستم حذف شده است. (پیوست 1)

۱-۱-۳) Flash Point

همواره نرمال بوده است البته این تست مگر در مواردیکه امکان آلودگی با هیدروکربورهای سبک وجود داشته باشد در مورد روغن کار کرده کاربرد زیادی ندارد

۱-۱-۴) آلودگیها و مواد جامد معلق Trace

۱-۱-۵) T.A.N یا عدد اسیدی کل

نتایج این تست بیانگر پیشرفت عمل اکسیداسیون می باشد میزان اسیدیته روغن نو مطابق نتایج ارسالی شرکت شل (پیوست ۱۱) 0.11 بوده که مربوط به حضور افزودنیهای بازدارنده زنگ که دارای خواص اسیدی هستند می باشد. با افزایش طول عمر روغن

میزان عدد اسیدی به 0.05 کاهش داشته که قابل قبول می باشد و علت آن به مصرف رسیدن افزودنیهای اسیدی در روغن است . با افزایش طول عمر روغن انتظار افزایش مجدد در TAN می رفت که به دلیل حضور و مزاحمت آمونیاک عدد اسیدی در همان مقدار ثابت مانده و افزایشی نشان نداده است . (پیوست ۲)

لذا فاکتور عدد اسیدی در اینجا نمیتواند ملاک خوبی برای تعیین وضعیت روغن باشد . در این راستا نیاز به تست پایداری اکسیداسیون (RBOT یا نام دیگر آن PRVOT) میباشد.

۱-۲) تستهای مربوط به وضعیت فرسایشی سیستم و عناصر افزودنی و آلاینده ها

۱-۲-۱) آزمایش اسپکتروسکوپی Atomic Emission Spectroscopy

از طریق این تست مقدار ۹ عنصر فرسایشی شامل Fe,Cr,Al,Cu,Pb,Sn,Ni,Ag,Mo و ۴ عنصر مربوط به عناصر افزودنی شامل P,Ca,Ba,Zn و ۴ عنصر آلاینده شامل Si,Na,B,V در روغن تعیین میگردد و وضعیت سیستم از نظر وضعیت فرسایش و روغن از نظر میزان افزودنیها و الودگیهای خارجی ارزیابی و مشخص میشود . مطابق سوابق این روغن (پیوست ۳ و ۵) :

- میزان افزودنیها به حد چشمگیری کاهش داشته و نزدیک به صفر می باشد . با افزایش روغن جبرانی میزان مواد افزودنی افزایش یافته و سپس به سرعت کاهش می یابد .

- وضعیت فرسایشی سیستم بسیار مناسب و مطلوب بوده و آثار فرسایش مشاهده نمیشود .

- میزان آلاینده های خارجی در حد بسیار کم بوده و گاها حضور Si که ناشی از ورود گرد و غبار به روغن (خطا در هنگام نمونه برداری و ...) میباشد مشاهده شده است .

۱-۲-۲) آزمایش PQ (Particle Quantifier)

این آزمایش که بیانگر میزان ذرات درشت آهنی (۱۰-۱۰۰) میکرون میباشد شاخص بسیار خوبی برای بیان رخدادهای سایش فرسایش خراش و ... در سیستم است .

مطابق نتایج تست PQ برای روغن کمپرسور مزبور ، مقدار این شاخص همواره در حد قابل قبول بوده است و حدود عدد ۲۵-۳۰ قرار داشته است .

دیگر شاخصهای فرسایش DL و DS در حد بسیار پایین و نرمال بوده است . (پیوست ۶)

ROTARY BOMB OXIDATION TEST(RBOT) OR RVOT(OXIDATION STABILITY OF STEAM TURBINE OILS BY ROTATING PRESSURE VESSEL)

در این روش که به روش ASTM-2272 انجام میشود میزان پایداری اکسیداسیون روغن توربین نو و کارکرده با هم مقایسه می گردد. اینکار در حضور آب و کاتالیست کوبل مسی در دمای ۱۵۰ درجه سانتی گراد و به کمک وسل تحت فشار اکسیژن (۶۲۰ Kpa) که با زاویه ۳۰ درجه نسبت به سطح افق و با سرعت ۱۰۰ rpm میچرخد انجام میشود. دقایقی که برای رسیدن به افت فشار معین (در اثر مصرف اکسیژن) سپری میگردد، بعنوان پایداری اکسیداسیون نمونه مورد تست معرفی میشود.

۳-۲-۱) آزمایش PC (Particle Counter)

این تست شاخص دیگری از میزان آلودگی ذرات (فلزی و غیر فلزی) می باشد با این تفاوت که به کمک آن قادر خواهیم بود ابعاد مواد جامد معلق و میزان آنها را در سیستم شناسایی کنیم .

مطابق نتایج این تست برای کمپرسور مزبور آثار آلودگی و افزایش در ذرات بالاتر از ۵ و ۱۵ میکرون در سال مشاهده شده است .

□ جمع بندی اولیه با توجه به آنالیز روغن :

از آنجا که آنالیز فیزیکی و شیمیایی روغن مشکل خاصی را نشان نمیداد و آثار فرسایش و سایش در این سیستم مشاهده نشده است . ولی در عمل سیستم با پدیده تشکیل و حضور رسوب مواجه بود . لذا انجام تست تکمیلی میزان پایداری اکسیداسیون یعنی تست RBOT (PRVOT-ASTMD-2272) پیشنهاد و درخواست گردید . این تست با اطمینان بسیار خوب تعیین کننده میزان اکسیداسیون ، تجزیه و طول عمر باقیمانده روغن می باشد .

اقدامات فرایندی در جهت بررسی علل و مراقبت از سیستم تا رفع کامل مشکل

(۲)

- ۲-۱) بررسی تاثیر حضور آمونیاک بر روی تست TAN در آزمایشگاه مجتمع با توجه به ثابت ماندن غیر عادی مقدار TAN علی رغم عمر ده ساله روغن که با انجام آزمایش تاثیر و بروز خطا در اثر حضور آمونیاک محرز گردید.
- ۲-۲) اندازه گیری دما در لاینهای SUCTION و DISCHARGE ترپها در بخشهای LP و HP جهت بررسی نرمال بودن شرایط دمایی و نیز علت تفاوت در میزان رسوب تشکیل شده در TRAP های بخش مزبور که وضعیت دما نرمال بود
- ۲-۳) درخواست در سرویس قرار گرفتن OIL PURIFIER بطور هفتگی جهت اطمینان از سرویس دهی مناسب روغن و کنترل میزان آب زیر 50 PPM که با توجه به مشاهده علائم اکسیداسیون (رسوب مزبور) الزامی بوده و از سرعت بخشیدن به واکنشهای اکسیداسیون و تشکیل لجن حتی المقدور ممانعت می کند.
- ۲-۴) بازرسی فیلترهای مسیر لوب و سیل در مقاطع زمانی مختلف جهت اطمینان از وضعیت آلودگی سیستم و درخواست تعویض فیلتر

مکاتبه با شرکت تولید کننده (روغن)

به علت عدم امکان انجام تست PRVOT در آزمایشگاه مجتمع ، جهت تصمیم گیری نهایی ، مشکل مزبور با شرکت شل بعنوان تولید کننده روغن مطرح و سپس ضمن ارسال نمونه روغن

کار کرده و نمونه رسوب درخواست تست FTIR، بررسی نمونه های رسوب و تست RBOT بر روی نمونه روغن گردید.

اطلاعات فنی ، شرایط عملیاتی و مکانیکی سیستم و نیز اطلاعات BATCH NUMBER روغن موجود که بعنوان روغن جیرانی از آن استفاده میشد جهت شرکت تولید کننده روغن ارسال گردید.

با توجه به نتایج تست FTIR و تستهای عمومی کیفیت روغن از جانب آزمایشگاه شرکت مورد اعتماد تولید کننده روغن ، شرایط روغن را نرمال و مناسب جهت ادامه سرویس دهی اعلام کرده بود.

به دلیل اینکه RBOT روغن نو شاخص و مقایسه ای برای مقادیر هشدار و بحرانی روغن توربین میباشد . طی مکاتبه ای با شرکت تولید کننده روغن مقدار RBOT برای روغن نو و نیز مقادیر حدود هشدار و حد بحرانی و تعویض و دورریز روغن برای روغن SHELL TURBO T32 از ایشان اخذ گردید .

جدول مقایسه ای حاوی اطلاعات استخراج شده در خصوص مقادیر حدود هشدار و حدود بحرانی از منابع مختلف از جمله شرکت MHI بعنوان سازنده دستگاه و مرجع ASTM D-4378 به عنوان راهنمای عمومی در خصوص روشهای کارکرد تهیه و به شرح ذیل مقایسه گردید.

مقایسه نتایج RBOT

- جدول زیر مقایسه مقادیر ارائه شده جهت حدود هشدار و درین ارائه شده از جانب سازنده دستگاه، تولید کننده روغن و مقادیر جنرال و کلی را نشان میدهد.

| RBOT TEST RESULTS | NEW OIL | WARNING LIMIT | DRAINAGE | NOTES |
|------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| MHI | 150MINUTES | - | <100 | REF TO MECH.CAT |
| SHELL & PARS | 350 | <250M | <=75 | REF TO LETTNO.05/PASH/R975 |
| ASTM D-4378 AS NEW OIL | AS NEW OIL=350 | <50% OF NEW OIL(<175) | <25% OF NEW OIL(<87.5) | REF TO ASTM STANDARDS |

مراجعه به نتایج تست RBOT برای دو نمونه روغن کار کرده که از قسمتهای ساکشن پمپ روغن و محل ورودی به ترپ بخش LP برداشت شده است (پیوست 9,10) :

SAMPLE 1 : SUCTION OF LUB OIL PUMP RBOT=163
 SAMPLE 2 : SEAL OIL TRAP RBOT=105

تفاوت در میزان RBOT برای دو نمونه روغن که هر دو از یک مخزن تغذیه شده اند به دلیل تحمیل شرایط سخت در قسمت SEALING (حضور آمونیاک) بوده که در برگشت به داخل تانک و اختلاط با روغن موجود در تانک وضعیت آن بهبود می یافت .

همانطور که مشاهده میگردد هردو نمونه در محدوده میان **DRAINAGE و WARNING LIMIT**

بوده ولی هنوز زمان درین و تعویض روغن فرانسیده بود. دراین حالت نیاز به اقدام اصلاحی و بهبود کیفیت روغن مسلم و محرز گردید.

سایر شواهد و پارامترهای قابل ذکر

- نتایج تست FTIR وجود اسیدهای آلی را رد نمی کند. اکسیداسیون روغن در اثر حضور اکسیژن و بالا رفتن دما رخ می دهد که حاصل آن اسیدهای آلی (R-COOH) خواهد بود لذا حضور اسیدهای آلی در نتایج تست مزبور قابل بررسی است. همانطور که مشاهده میشود (پیوست ۷) منطقه تشکیل اسیدهای آلی توسط پیکهای شارپ دیگر پوشانده شده لذا در خصوص تایید حضور یا عدم حضور آنها اظهار نظر قطعی نشده است. پیکهای شارپ که میتواند متعلق به این اسیدها باشد در طول موجهای مربوطه مشاهده شده است.
 - کاهش قابل توجه میزان افزودنیها به حد نزدیک به صفر بیانگراز میان رفتن خاصیت مقاومت اکسیداسیون روغن بوده و دلیلی بر پیشرفت واکنشهای اکسیداسیون می باشد (افزودنیها با دخالت و شرکت در واکنشهای زنجیره ای از پیشرفت واکنشهای اکسیداسیون ممانعت می کنند و عدم حضور آنها باعث رشد واکنشهای اکسیداسیون می گردد).
 - حضور آمونیاک و دیگر موادقلیایی به سرعت مواد افزودنی را از میان برده و سبب رشد و پیشرفت سریع واکنشهای اکسیداسیون می شوند. لذا در سیستمهایی که با حضور مواد قلیایی مواجه است لازم است از روغنهایی با مقاومت اکسیداسیون بسیار بالا (RBOT روغن نوبسیار بالا باشد) استفاده شود.
- با محرز گردیدن شرائط روغن در محدوده WARNING LIMIT پیشنهاد بهبود کیفیت روغن و ارتقاء میزان RBOT به منطقه نرمال و عادی (بزرگتر از ۱۷۵ عدد) از طریق درین بخشی از روغن و لود روغن نوبه صورت ON LINE و بدون توقف دستگاه به عنوان راهکار عملی مطرح و در برنامه کار قرار گرفت و در زمان مناسب با کنترل کامل شرائط واحد و دستگاه و با مقدار روغن جبرانی مناسب (میزان درین و سرریز با توجه به عدد RBOT روغن نو و کار کرده بطور آزمایشگاهی تعیین گردید و کار بطور موفقیت آمیز به انجام رسید بعد از گذشت ۴۸ ساعت از عملیات فوق نمونه برداری از روغن اصلاح شده انجام و مجددا جهت تعیین RBOT به آزمایشگاه معتبر ارسال که نتایج آن حاکی از نرمال بودن وضعیت روغن بوده از نظر عملیاتی نیز رفع مشکل از جانب گروههای بهره برداری و تعمیرات بعنوان کاربران دستگاه مورد تایید قرار گرفت و پدیده تشکیل رسوب در تریپها رفع گردید. جدول زیر بیانگر شرائط روغن اصلاح شده است.

| RBOT TEST RESULT | |
|---------------------------------|-----|
| روغن مخزن قبل از درین و MAKE UP | ۱۶۳ |
| روغن مخزن بعد از MAKE UP | ۲۴۰ |
| روغن نو | ۳۵۰ |

نتیجه گیری :

نتایج ثبت بررسیها و اقدامات ذکر شده باعث انجام REFILL روغن به صورت ON LINE گردید که این امر باعث جلوگیری از از سرویس خارج شدن واحد آمونیاک با ظرفیت ۱۰۰۰ تن در روز بوده است از دیگر نتایج آن محرز شدن اثرات مخرب حضور آمونیاک و دیگر مواد قلیایی در سیستمهای روغن توربین می باشد. این عوامل باعث از میان رفتن افزودنیهای آنتی اکسیدان بوده. مقاومت اکسیداسیون را به مقدار قابل توجه کاهش میدهد و باعث کاهش طول عمر روغن و ایجاد رسوب، لجن و وارنیش و در نتیجه گرفتگی در مسیرهای روغن می گردد بنابر این در سیستمهای روانکاری که با آمونیاک تماس دارند لازم است از روغنهای صنعتی با مقاومت اکسیداسیون بالا و مقاوم در برابر آمونیاک با اعداد RBOT بیش از ۷۵۰-۷۰۰ استفاده گردد. ضمناً بررسیهای فوق تایید عملی بر اثرات مثبت بررسی روند تغییرات عناصر و دیگر پارامترهای روغن در پیش بینی رفتار و وضعیت مکانیکی تجهیز بوده و راهنمای بسیار خوبی برای وضعیت آتی دستگاه می باشد. مورد مزبور می تواند بعنوان یک تجربه عملی مفید در اختیار دیگر واحدهای صنعتی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

فعالیت و تحقیق فوق الذکر در واحد مهندسی فرآیند مجتمع پتروشیمی به انجام رسیده است قبل از هر چیز از علاقمندی و هدایت مدیریت محترم عامل در جهت نحوه بررسی دقیق و تفصیلی مسئله و نیز فراهم آوردن امکان برقراری ارتباط با دیگر شرکتهای و آزمایشگاههای معتبر قدردانی و تشکر می گردد. همانطور که از ماهیت تحقیق فوق آشکار است این کار حاصل فعالیت تیمی در یک واحد صنعتی بوده و بدینوسیله از همکاری گروههای بهره‌برداری، تعمیرات و آزمایشگاه و نیز از مدیریت محترم شرکت شل و پارس سپاسگزاری می گردد.
