راهنمای فرایندی و اپراتوری C/A Plant

خشک‌سازی کلر و کمپرسور کلر

از جذب رطوبت با اسید سولفوریک تا تراکم سه‌مرحله‌ای، کنترل Anti-surge، Seal Gas و توزیع کلر خشک

Chlorine Safety | Unit 220/221/222 | Unit 210/211/212

Cl_2

برگرفته از Operating Manual پروژه PVC Arvand · فصل‌های ۸ و ۹

نمای کلی سیستم کلر

کلر مرطوب خروجی Chlorine Cooling ابتدا با اسید سولفوریک خشک و سپس در کمپرسور سانتریفیوژ سه‌مرحله‌ای فشرده می‌شود. کنترل رطوبت، دما و فشار برای جلوگیری از خوردگی و آتش کلر/آهن حیاتی است.

10 ppm
رطوبت نهایی هدف در کلر خشک، وزنی

1.01 → 5 bar(a)
افزایش فشار در کمپرسور سه‌مرحله‌ای

37,600 kg/h
دبی تقریبی هر کمپرسور

مسیر اصلی فرایند

کلر مرطوب از Cooling ← دو Drying Tower موازی ← Dry Cl_2 Filter

کمپرسور سه‌مرحله‌ای ← Interstage / After Cooling ← Distribution Header

آرایش Drying

دو Train مستقل؛ هر Train متصل به یک Train الکترولایزر و شامل دو برج موازی است. هر برج ۵۰٪ تولید همان Train را می‌گیرد.

آرایش Compression

هر Train خشک‌سازی یک کمپرسور اختصاصی دارد. Turndown طراحی هر دو بخش حدود ۴۰٪ ظرفیت هر Train است.

فلسفه ایمنی: خشک‌سازی مناسب، حذف قطرات H_2SO_4، خنک‌کاری بین مراحل و بازیافت Anti-surge چهار سد اصلی حفاظت از کمپرسور و شبکه کلر هستند.

خشک‌سازی کلر چگونه انجام می‌شود؟

بخش Packed

کلر در برج‌های 41T-21101 A/B (41T-21201 A/B) با اسید ۷۸٪ در گردش تماس پیدا می‌کند. خاصیت شدید Hygroscopic اسید سولفوریک باعث جذب فیزیکی آب می‌شود.

پمپ‌های مستقل گردش و Coolerهای اسید، گرمای جذب را دفع می‌کنند. Chilled Water سیال خنک‌کن است.

بخش Tunnel Tray

در بالای هر برج، اسید تازه ۹۸٪ توسط Metering Pump تزریق می‌شود. مقدار تزریق با بار KA تنظیم می‌گردد و با جذب آب، اسید به سمت غلظت ۷۸٪ می‌رود.

اسید مصرف‌شده در مخزن روزانه 41V-21004 جمع می‌شود.

15–20°C
بهترین محدوده دمای اسید برای راندمان خشک‌سازی

98%
غلظت اسید تازه تزریقی در بالای برج

78%
غلظت اسید در مدار گردش و خروجی مصرف‌شده

مدار اسید و خروجی کلر

- اسید ۹۸٪ در مخزن مشترک 41V-21002 ذخیره و با پنج Metering Pump توزیع می‌شود؛ چهار پمپ سرویس و یک پمپ Standby مشترک.
- اسید ۷۸٪ کلردار در Day Tank با Plant Air تا حدی Dechlorinate می‌شود؛ گاز حاصل به Waste Gas Dechlorination می‌رود.
- کلر خشک از فیلتر 41FT21103 / 41FT21203 می‌گذرد تا قطرات اسید حذف شوند.
- شیر فشار سل 41PV0810309 / 41PV0820309 علاوه بر کنترل فشار، از Backflow کلر به برج جلوگیری می‌کند.

نکته فرایندی: خشک‌سازی واکنش شیمیایی نیست؛ جذب فیزیکی آب است و در دمای پایین‌تر بهتر انجام می‌شود. افزایش دمای اسید یا افت غلظت، رطوبت خروجی را بالا می‌برد.

راه‌اندازی بخش خشک‌سازی کلر

پیش‌نیازها

- Chilled Water، Waste Gas Dechlorination، Instrument Air، نیتروژن و Chlorine Cooling در سرویس باشند.
- Controllerها روی Auto و همه Interlockها فعال باشند.
- Plant Air Sparging مخزن اسید ۷۸٪ و N_2 Purge مخزن اسید ۹۸٪ برقرار باشد.
- خشکی خطوط و تجهیزات کلر تأیید شود.
- Rectifierها، Electrolyserها، HCl، Compression، Synthesis و مصرف‌کنندگان Battery Limit آماده باشند.
- ذخیره و انتقال H_2SO_4 با غلظت‌های ۹۸٪ و ۷۸٪ آماده باشد.
- ارتباط Field و Control Room تأیید شود.

ترتیب اجرایی

۱. گردش Chilled Water در Coolerهای اسید ۹۸٪ و ۷۸٪ برقرار شود.

۲. Metering Pumpهای ۹۸٪ H_2SO_4 راه‌اندازی و برج‌ها تا وضعیت لازم پر شوند.

۳. پمپ‌های گردش ۷۸٪ H_2SO_4 هر دو برج وارد سرویس و Flowها تثبیت شوند.

۴. کمپرسور طبق فصل Compression روی Bypass/Recycle راه‌اندازی شود.

۵. سل‌ها Energize شوند؛ کلر اولیه به Waste Gas Dechlorination هدایت شود.

۶. پس از نزدیک‌شدن خلوص کلر به ۸۰٪، فشار به‌تدریج ساخته و ولو ورودی کمپرسور آهسته باز شود.

۷. فشار کلر هم‌زمان با افزایش بار تا حدود ۲۰۰ mbar بالا برده و اختلاف Set Point مسیر WGD حدود ۱۵ mbar بالاتر نگه داشته شود.

نشتی‌یابی: سند استفاده کنترل‌شده از بخار آمونیاک برای آشکارسازی ابر سفید را ذکر می‌کند؛ مایع آمونیاک روی اتصال پاشیده نشود. تعمیر جوشی تنها پس از تخلیه و Purge کامل کلر مجاز است و باید مطابق رویه مصوب سایت انجام شود.

کمپرسور کلر و زیرسیستم‌های آن

پکیج 41U-22150 / 41U-22250 یک کمپرسور سانتریفیوژ سه‌مرحله‌ای است. انرژی مکانیکی در Impeller به سرعت گاز و سپس در Volute به فشار تبدیل می‌شود.

<30°C
دمای معمول کلر در Suction

≈70°C
دمای خروجی Final Stage پیش از After Cooler

3 Stage
تراکم سانتریفیوژ با خنک‌کاری بین‌مرحله‌ای

۱. بخش تراکم

Interstage و After Cooling مصرف انرژی را کم و امکان کار روی Recycle را فراهم می‌کند. فشار Suction حدود 1.01 bara و Delivery حدود 5 bara کنترل می‌شود.

۲. سیستم روغن‌کاری

مدار بسته روغن، Gear و Bearingهای کمپرسور را تغذیه می‌کند. Overhead Tank هنگام Run-down ذخیره حفاظتی فراهم می‌سازد.

۳. مدار آب خنک‌کن بسته

پمپ‌ها آب تمیز را در Intercoolerها و Aftercooler می‌گردانند و Chilled Water گرما را در مبدل نهایی دفع می‌کند.

۴. Seal Gas

Dry Gas Seal در دو انتهای Shaft با نیتروژن کمی بالاتر از فشار Suction تغذیه می‌شود تا کلر به ناحیه Seal نفوذ نکند.

مقاصد کلر فشرده

EDC Plant | Isocyanate | Polymer | PVC Plants | Bleach Lye | HCl Synthesis

مدار بسته خنک‌کن: فشار آب عمداً کمتر از فشار کلر نگه داشته می‌شود تا در صورت نشتی Cooler، کلر وارد آب شود نه آب وارد کلر. Redox Analyser وجود کلر در مدار آب را آشکار می‌کند.

کنترل‌ها، Anti-surge و حدود حیاتی

پارامتر	مقدار/هدف سند	روش یا اهمیت کنترل
Suction Pressure	1.01 bar(a)	با Recycle از Discharge به Suction کنترل می‌شود.
Delivery Pressure	5 bar(a)	Relief کنترلی در افزایش فشار، کلر را به WGD هدایت می‌کند.
Recycle دائمی	حدود ۱۰٪ ظرفیت	حاشیه حفاظتی در برابر Surge ایجاد می‌کند.
دمای خروجی مراحل	کمتر از 115°C	برای فاصله ایمن از محدوده شروع آتش کلر/آهن بالای 120°C.
فشار روغن	1.5 bar(g)	با Spill-back خروجی پمپ به Reservoir تنظیم می‌شود.
دمای روغن بعد Cooler	45°C	با تغییر Flow از Oil Cooler کنترل می‌شود.
دمای Heater روغن	35°C	Heater با دمای Reservoir روشن/خاموش می‌شود.

Anti-surge

کنترلر 41FIC2210102 / 2220102 با بازکردن Recycle از ورود کمپرسور به Surge جلوگیری می‌کند. Suction و Discharge هم‌زمان پایش می‌شوند.

آنالایزرها

رطوبت در Suction هر کمپرسور، O_2 در Discharge و $N_2/H_2/CO_2$ در Header مشترک به‌صورت Online پایش می‌شوند.

سه حد ایمنی کلیدی:

- کلر مرطوب بالاتر از 50 ppm می‌تواند خوردگی انتخابی ایجاد کند.
- دمای بالاتر از 120°C خطر اشتعال Carbon Steel در کلر را ایجاد می‌کند.
- تماس کلر با روغن یا گریس می‌تواند ترکیبات کلردار و از دست رفتن روانکاری Bearing را در پی داشته باشد.

ترتیب راه‌اندازی کمپرسور

الف) روغن‌کاری

1. سطح Reservoir و وضعیت ولوها بررسی؛ Oil Heater و Oil Mist Fan روشن شوند.
2. روغن حداقل به 10°C برسد و جریان Instrument Air سمت روغن Seal برقرار شود.
3. **ابتدا Seal Gas و سپس Main Lube Oil Pump** وارد سرویس شود تا Gas Face Seal با روغن تماس پیدا نکند.
4. Standby Pump روی Auto آماده و روغن تا حداقل 35°C گرم شود.
5. Bypass کنترل فشار آهسته بسته؛ Differential Pressure فیلتر و فشار/دمای روغن کنترل شود.

ب) Cooling و Seal Gas

1. سطح مخزن Cooling Water، وضعیت ولوها و N_2 Blanket بررسی؛ پمپ مدار بسته راه‌اندازی شود.
2. Flowها، دمای خروجی، Redox Analyser و Sample Point بررسی شوند.
3. ولوهای Seal Gas روی وضعیت سرویس؛ Differential Pressure، Flow فیلتر و فشار نیتروژن Standby کنترل شود.

ج) Start روی Total Recycle با N_2

1. کمپرسور از Upstream و Consumers ایزوله، Main Anti-surge Valve کاملاً باز و Recycle باز باشد.
2. با نیتروژن تا حدود 1.5 bar(a) Pressurize شود؛ Interlockهای Start تأیید و Motor روشن گردد.
3. Recycle به‌تدریج بسته و کنترل Suction روی 1.01 bar(a) به Auto منتقل شود.
4. پس از خلوص کلر بالاتر از 80٪، ولو کلر آهسته باز و انتقال N_2 به Cl_2 با زمان کافی برای تثبیت فشار انجام شود.
5. Delivery Set Point به‌تدریج تا 5 bar(a) افزایش؛ پس از قابل‌قبول‌شدن خلوص، Header مصرف‌کنندگان آرام باز شود.

> **نکته اجرایی:** مقادیر اولیه 1.5، 1.6 و 2 bar(a) در سند با قید «تأیید در Commissioning» آمده‌اند. Start-up پکیج باید با Manual سازنده Interlock Description، MAN و نظارت افراد مجاز تطبیق داده شود.

عیب‌یابی و چک‌لیست اپراتوری

خشک‌سازی کلر

علامت	بررسی اصلی
رطوبت بالای کلر خشک	Flow اسید ۹۸٪/۷۸٪، دما و غلظت اسید، Distributor و Feed Pipe برج
ΔP پایین برج	Flow اسید گردش و سلامت Internals برج
ΔP بالای برج	Flow، دما، غلظت و Level اسید؛ ناخالصی به‌ویژه Fe و Internals
Flow نامتعادل کلر	مقاومت دو برج و تنظیم Block Valve خروجی
دمای نامناسب اسید	عملکرد Flow، Chilled Water، Cooler اسید و دمای کلر ورودی

کمپرسور

علامت	بررسی اصلی
نزدیکی به Surge	Anti-surge Auto، Recycle Valve، Flow و فشارهای Suction/Discharge
دمای بالای Stage	Flow مدار بسته، Chilled Water، Intercooler و Fouling
افت فشار روغن	Pump، Filter DP، Spill-back، Level Reservoir و Standby Pump
Seal Gas نامناسب	N_2 Pressure، Flow، Filter DP و اختلاف فشار با Suction
Redox بالا	احتمال نشتی کلر به مدار آب؛ Cooler و ایزولاسیون طبق رویه بررسی شود

چک‌لیست کوتاه هر شیفت

✓	مورد کنترل
☐	Moisture کلر خشک نزدیک هدف 10 ppm و روند آن پایدار است.
☐	دمای اسید برج‌ها 15–20°C، Flowها متعادل و ΔPها عادی‌اند.
☐	فیلتر قطرات اسید، مخازن و پمپ‌های H_2SO_4 نشتی ندارند.
☐	Suction حدود 1.01 bar(a)، Delivery حدود 5 bar(a) و Anti-surge روی Auto است.
☐	دمای خروجی هیچ Stage از 115°C بیشتر نیست.
☐	فشار روغن، دمای روغن، Filter DP و آماده‌بودن Standby Pump تأیید شده است.
☐	Flow و فشار N_2 Seal و وضعیت Dry Gas Seal عادی است.
☐	Flow مدار Cooling، دمای Coolerها و Redox Analyser عادی‌اند.
☐	Trendهای ۸ ساعت اخیر و Alarmهای FCS مرور و ثبت شده‌اند.

ایمنی: کلر بسیار سمی و اکسیدکننده است. Interlock یا ESD بدون مجوز Bypass نشود؛ هر نشتی، افزایش رطوبت، دمای غیرعادی یا آلودگی روغن باید فوراً طبق دستورالعمل اضطراری سایت مدیریت شود.

منبع: Operating Manual پروژه PVC Arvand، فصل ۸ «Chlorine Drying» و فصل ۹ «Chlorine Compression». این گزارش خلاصه آموزشی/اپراتوری است و جایگزین Manual سازنده MAN، P&ID، Interlock Description و رویه مصوب کارخانه نیست.