

واحد تولید اسید نیتریک

مقدمه :

با افزایش تدریجی جمعیت و نیاز بیشتر به محصولات کشاورزی، مصرف کودهای شیمیایی در کشور روز به روز در حال افزایش می‌باشد. این افزایش مصرف علت اصلی ایجاد مجتمع پتروشیمی در نقاطی از ایران گردید.

فکر و اندیشه ایجاد صنعت پتروشیمی در ایران قدمتی حدود ۴۵ سال دارد، جهت نیل به این هدف، سازمانهای متعددی در وزارتخانه‌های مختلف به وجود آمدند. اولین سازمان نسبتاً متشکل برای این منظور، بنگاه شیمیایی وابسته به وزارت اقتصاد بود که عمده ترین فعالیت این بنگاه، ایجاد کارخانه کود شیمیایی مرودشت فارس در سال ۱۳۳۸ بود. تا این که در سال ۱۳۴۳، طبق قانون کلیه فعالیتهائی که به عنوان ایجاد و توسعه صنایع پتروشیمی توسط واحدهای تابعه وزارتخانه‌ها و سازمانهای مختلف دولتی انجام می‌شد، در شرکت ملی نفت ایران متمرکز شد و شرکت مزبور برای تحقق این هدف شرکتی فرعی به نام شرکت ملی صنایع پتروشیمی تاسیس کرد.

هدف اصلی این شرکت، تولید فرآورده های پتروشیمی و شیمیائی و فرآورده های فرعی از نفت، مشتقات نفتی، گازهای طبیعی و سایر مواد خام اعم از آلی و معدنی است. یکی از واحدهای تولیدی شرکت ملی صنایع پتروشیمی مجتمع پتروشیمی شیراز میباشد که محصولات آن بیشتر کود مورد نیاز کشاورزی، عمدتاً کودهای ازته، است.

در قدیم کمبود ازت زمین از یکی از روشهای زیر جبران می شد :

۱- دفن اجساد حیوانات یا شاخ و برگ پوسیده گیاهان در زمین

۲- مخلوط نمودن فضولات حیوانات و یا پرندگان با خاک

۳- کشت متناوب بعضی از گیاهان مانند شبدر، یونجه و لوبیا در زمین مورد نظر .

سهولت استفاده از کودهای شیمیائی جهت گسترش کشاورزی عمده استفاده از این کودها است .مجتمع پتروشیمی شیراز، به عنوان اولین واحد صنعت پتروشیمی ایران، در سال ۱۳۴۲ کار خود را با تولید کودهای شیمیایی از ته در مرودشت فارس که یکی از قطب‌های کشاورزی کشور است آغاز نمود. این مجتمع در ۵ کیلومتری غرب مرودشت و پنجاه کیلومتری شمال شیراز در کنار رودخانه کر واقع شده است و جاده منتهی به آن در محل پل خان از جاده شیراز - مرودشت منشعب می‌شود. مجتمع در ابتدا دارای ۴ واحد تولیدی و ۳ واحد جانبی بود. واحدهای تولیدی مجتمع عبارتند از آمونیاک، اوره، اسید نیتریک و نیترات آمونیم و واحدهای جانبی عبارتند از آب، برق، بخار و هوای فشرده.

فصل اول:

تاریخچه

تاریخچه اسید نیتريك

اسید نیتريك در ابتدا در قرون وسطی به دست بشر ساخته شد. حدوداً در سال ۱۱۰۰ میلادی

گبر^۱ یک روش برای تولید اسید نیتريك ارائه داد. این روش تهیه آب فورتیس^۲ به وسیله تقطیر

شوره با سولفات مس و زاج سفید بود.

در اواسط قرن هفدهم، گلابر^۳، اسید نیتريك را به وسیله تقطیر کردن شوره با اسید

سولفوریک قوی ساخت. گاوندیش^۴ در سال ۱۷۸۵ به وسیله عبور دادن جرقه الکتریکی از مخلوط

گازهای نیتروژن و اکسیژن ثابت کرد که اسید نیتريك از این عناصر تشکیل شده است. میلینر^۵ در

سال ۱۷۸۸ اسید نیتريك را به وسیله عبور آمونیاک از بالای دی اکسید منگنز حرارت داده شده و

جذب بخارات به وسیله آب به دست آورد.

در سال ۱۸۳۹، کلمن^۶ روشی را برای تولید اسید نیتريك ابداع کرد که مبنای تهیه اسید

نیتريك در حال حاضر نیز می باشد. در این روش با استفاده از پلاتین مخلوط هوا و آمونیاک را

اکسید می کنند و اسید را تولید می کنند.

در سال ۱۸۴۸، رویلی^۷ نشان داد که اکسیژن و نیتروژن می توانند از هوا گرفته شوند و برای

تولید اکسیدهای نیتروژن به وسیله قوس الکتریکی با هم ترکیب شوند. این پدیده به وسیله

Geber -¹

Fortis -²

Glavber -³

Gavendish -⁴

Milner -⁵

Kuhlman -⁶

Roy Leigh -⁷

کروکس^۸ نیز انجام شده بود. بر همین اساس و روش، واحد کوچکی در منچستر انگلستان در سال ۱۹۰۰ به کار افتاد.

اما عیب این روش این بود که بازده تولید اکسیدهای نیتروژن پایین بود و ۱/۵ تا ۲ درصد احتیاجات را برطرف می‌کرد و به نیروی بیشتری نیز احتیاج داشت.

در سال ۱۹۰۲ دو دانشمند به نام های بیرکلند^۹ و اید^{۱۰} در نروژ واحدی را احداث کردند که از منابع هیدروژنی استفاده می‌کرد ولی به ۳۵۰۰۰ اسبی‌خار انرژی نیاز داشت. در نهایت روش تهیه به وسیله اکسیداسیون آمونیاک و استفاده از کاتالیست پلاتین به وسیله استوالد^{۱۱} و براور^{۱۲} توسعه پیدا کرد و برای اولین بار در سال ۱۹۰۸ در آلمان شروع به کار کرد. روش های دیگر تولید به دلایل مختلفی از جمله بالا بودن هزینه، راندمان کم، در دسترس نبودن مواد اولیه (معادن نیترات) به میزان کافی و ... نتوانستند به عنوان یک روش صنعتی و تولید انبوه اسید نیتریک ارائه شوند و تنها در حد یک روش آزمایشگاهی و پایلوت‌های کوچک باقی ماندند و همگی منسوخ شدند. تاریخچه استفاده از اسید نیتریک به زمان استخراج طلا باز می‌گردد؛ چرا که این اسید قادر به حل کردن اکثر فلزات به جز طلا می‌باشد که به این ترتیب طلای خالص از سنگ طلا استخراج می‌گردید.

در حال حاضر بیشترین موارد مصرف اسید نیتریک در تهیه کودهای شیمیایی (کشاورزی) از قبیل کودهای نیترات، نیتروفسفات، کودهای مخلوط و ... است. ضمن این که در تولید نیترات‌های

Crookes -⁸
Birkeland -⁹
Eyde -¹⁰
Ostwald -¹¹
Braver -¹²

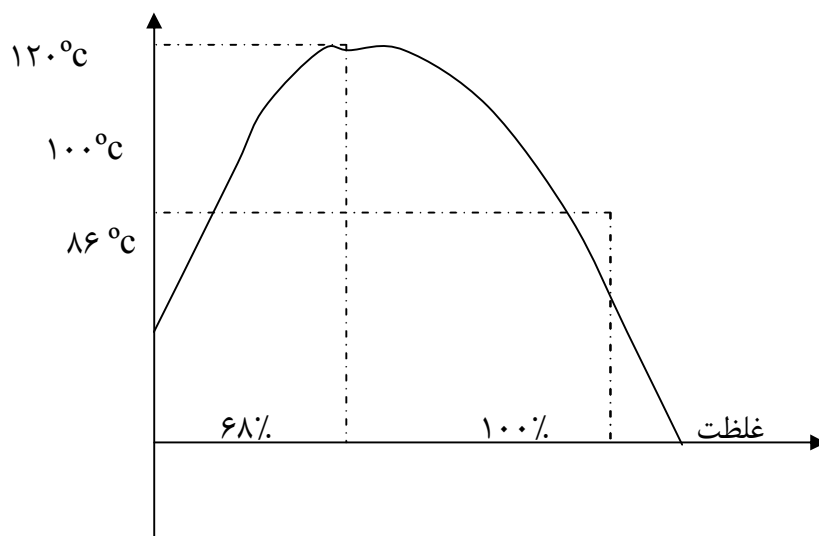
معدنی (نیترات آمونیم انفجاری) و آلی، در اسید شویی تجهیزات صنعتی، آبکاری، مقاومسازی در برابر خوردگی، جداسازی طلا و نقره و در صنایع الکترولیز از اسید نیتریک به وفور استفاده می‌شود. در صنایع نظامی صنایع شيرسازی و صنایع پلاستیک‌سازی نیز مصرف اسید نیتریک قابل توجه است.

خواص اسید نیتریک

اسید نیتریک، اسیدی قوی همراه با خاصیت اکسیدکنندگی بالا. با حرارت دادن به اسید نیتریک در فشار اتمسفری در دمای $78/2^{\circ}\text{C}$ می‌جوشد و شروع به تجزیه شدن می‌کند که در نهایت محلول اسید ۶۸٪ بدست می‌آید و در این درصد مخلوط آزنوتروپ دارد و ماکزیمم نقطه جوش آن 120°C می‌باشد.

اسید نیتریک دارای دو آب‌نیدرته به فرمول های $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ و $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ می‌باشد. اسید با درجه خلوص ۱۰۰٪ دارای نقطه جوش در دما 86°C می‌باشد و نقطه انجماد آن -42°C می‌باشد. چگالی آن در 20°C معادل $1/5$ گرم در هر میلی لیتر می‌باشد.

نمودار زیر تغییرات نقطه جوش اسید نیتریک را در فشار اتمسفر براساس تغییرات غلظت اسید نمایش می‌دهد.



اسید نیتریک با درجه خلوص ۱۰۰٪ پایدار نیست و سریعاً تجزیه می‌شود؛ به طور کلی هر چه

اسید رقیق تر باشد پایدارتر است.

اسید نیتریک مایعی بی رنگ می‌باشد و در صورتیکه گاز ی در آن حل شود (اکسیدهای ازت)

رنگ آن خرمایی می‌شود.

خواص مهم اسید نیتریک در جدول زیر ارائه شده است:

وزن مولکولی	۶۳/۰۲
رنگ	در حالت مایع زرد شفاف
بو	شیرین تا ترش
خطرات	در حالت مایع سریعاً با آلی و گیا هی واکنش میدهد، به صورت اکسید گازی بیهوش کننده و سمی است
نقطه ذوب	۴۲- درجه سانتیگراد
نقطه جوش اسید ۶۸٪	۱۲۰ درجه سانتیگراد
چگالی	برای اسید ۶۸٪ ، ۱/۴۱ و برای اسید خالص در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد ۱/۵ گرم در هر میلی لیتر
حلالیت در آب	با تمام نسبت ها محلول است
خاصیت اسیدی	اسیدی قوی که بعضی از فلزها مثل آهن و آلومینیوم در برابر آن زنگ می زنند

کاربرد اسید نیتريك

قبل از این، تا حدود بهی‌کاربردهای اسید نیتريك اشاره شد. در اینجا به طور کامل تر کاربردهای اسید نیتريك شرح داده می‌شود. اسید نیتريك برای خالص‌سازی فلزاتی چون طلا و پلاتین استفاده می‌شود. همچنین برای حل کردن فلزات نامحلولی مثل نقره به کار می‌رود که با تشکیل نیترات نقره می‌توان از آن در عکاسی استفاده کرد. همچنین از اسید نیتريك می‌توان در بازیافت پلاتین استفاده کرد و از آنجا که تمامی نیترات‌های فلزات محلول هستند می‌توان به این وسیله، اورانیوم را به صورت خالص تهیه کرد که در نیروگاه های اتمی کاربرد دارد. یکی دیگر از کاربردهای اسید نیتريك برای تولید کودهای ازته است.

در مجتمع پتروشیمی شیراز بیشتر اسید تولیدی، برای تولید نیترات آمونیم که نوعی کود شیمیایی است در واحد نیترات آمونیم که در مجاورت واحد اسید نیتريك است مصرف می‌شود.

در صنایع پلاستیک‌سازی و نظامی هم از اسید نیتريك استفاده می‌شود.

از دیگر موارد استفاده اسید نیتريك می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- تولید استر (در اثر واکنش با الکل ها)

۲- تولید مواد منفجره (در اثر واکنش با هیدروکربن ها)

۳- برای تولید نمک (در اثر واکنش با بازها)

۴- به عنوان یک عامل اکسید کننده از آن استفاده می‌کنند.

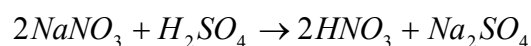
روش های تولید اسید نیتريك

همان‌گونه که اشاره شد، در زمان‌های گذشته دانشمندان روش‌های مختلفی را برای تولید اسید نیتریک به کار می‌بردند که در نهایت اوستوالد و براور بهترین روش تولید اسید نیتریک را ارائه کردند و اولین بار این روش در سال ۱۹۰۸ در آلمان به کار گرفته شد و سرانجام تمام دنیا پی به ارزش آن بردند و در تمام دنیا از این روش استفاده می‌شود. اما در این قسمت دو روش دیگر تولید اسید نیتریک برای آشنایی بیشتر با روش‌های تولید اسید نیتریک و علت عدم استفاده از آن‌ها در حال حاضر، شرح داده می‌شود:

۱- تهیه اسید نیتریک از واکنش نیترات پتاسیم یا سدیم با اسید سولفوریک (تقطیر نیترات

پتاسیم)

واکنش انجام گرفته به صورت زیر است:



واکنش فوق‌چون گرمازا است دمائی در حدود $900^{\circ}C$ دارد که در آن اسید تولیدی به

صورت بخار از محیط خارج می‌گردد و سولفات سدیم در محیط واکنش باقی می‌ماند.

این روش دارای اشکالات متعددی است که عبارتند از:

۱- احتیاج به سوخت زیادی دارد.

۲- باعث آسیب دیدن و خرابی وسایل می‌شود.

۳- اسید به اکسید و آب و اکسیژن تجزیه می‌شود.

۴- تولید HNO_2 که از تجزیه اسید در ظرف تقطیر و جذب آن‌ها در ظرف مایع‌کننده به

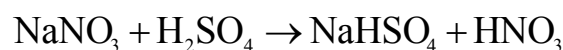
وجود می‌آید.

۱۰
۵- نقطه ذوب سولفات سدیم تولیدی بالا است (188°C)، در نتیجه سخت می گردد و

نمی توان آن را در انتهای واکنش خارج کرد.

برای برطرف کردن معایب بالا عمل تقطیر را با واکنش دادن مول های مساوی از هر دو ماده

انجام می دهند. واکنش به این صورت است:



در این حالت دمای واکنش 200°C است و در نتیجه اسید تولید شده به صورت جامد

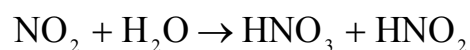
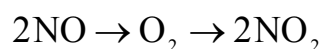
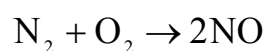
نمی باشد و راحت از ظرف خارج می شود.

حال روش دوم تولید اسید نیتریک شرح داده می شود:

۲- واکنش بین اکسیژن و نیتروژن در کوره های خالص و تولید گاز دی اکسید نیتروژن و

جذب آن توسط آب و تولید اسید نیتریک

واکنش های انجام گرفته به صورت زیر می باشد:



این روش به علت هزینه اقتصادی خیلی زیاد کاربردی ندارد.

فصل دوم:

واحد تولید اسید نیتریک در

مجتمع پتروشیمی شیراز

در حال حاضر در مجتمع پتروشیم شیرازی دو واحد تولید اسید نیتریک وجود دارد. یکی از واحدها در منطقه (۱) قرار دارد که در سال ۱۳۴۲ به دلیل نیاز کشور به کودها شیمیایی از جمله کودهای ازته همراه با واحدهای نیترات آمونیم، اوره و آمونیاک تأسیس شد در این منطقه برای تولید اسید نیتریک از روش اس.بی.^{۱۳} (SBA) استفاده می‌شود.

این روش توسط پیمانکاران بلژیکی ارائه شد و هدف از احداث این واحد تولید روزانه ۱۳۶ تن اسید نیتریک با غلظت ۵۳٪ می‌باشد. اما این مقدار تولید به هیچ عنوان جواب گوی نیاز کشور نبود و به همین دلیل منطقه (۲) جهت رفع نیازهای کشور در سال ۱۳۶۴ به بهره‌برداری رسید که واحد اسید نیتریک هم یکی از واحدهای آن به شمار می‌رود.

در واحد تولید اسید نیتریک در منطقه (۲) از روش گراند پارویز^{۱۴} استفاده می‌شود. طراحی و خرید وسایل این واحد توسط شرکت فرانسوی هرته^{۱۵} انجام گرفته است.

تولید روزانه این واحد ۱۰۳۴ تن اسید نیتریک با غلظت ۵۸٪ می‌باشد که معادل ۶۰۰ تن اسید نیتریک ۱۰۰٪ می‌باشد. عمده اسید تولیدی در این واحد جهت خوراک اولیه واحد نیترات آمونیم مصرف می‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود مقدار تولیدی اسید نیتریک در منطقه (۲) بسیار بیشتر از واحد اسید نیتریک در منطقه (۱) می‌باشد.

به همین دلیل در حال حاضر واحد اسید نیتریک در منطقه (۱) بهره‌برداری نمی‌شود، چون از لحاظ اقتصادی توجیه ندارد و فقط در مواقع به خصوص کار می‌کند.

یکی از دلایلی که تولید اسید در منطقه (۱) توجیه ندهد این است که برآ تولید اسید در

منطقه (۱) از هفت برج جذب استفاده می‌شود، در حالی که در منطقه (۲) فقط از یک برج جذب

استفاده می‌شود.



تولید اسید نیتریک در واحد منطقه (۲) شامل مراحل زیر است:

- ۱- روغن‌زدایی و تبخیر آمونیاک
- ۲- فیلتر کردن و فشردن هوای لازم
- ۳- مخلوط کردن آمونیاک و هوا
- ۴- اکسیداسیون مخلوط در راکتور در مجاورت کاتالیست پلاتین و تولید گاز مونوکسید نیتروژن
- ۵- خنک‌سازی گاز مونوکسید نیتروژن تولید شده برای تبدیل به دی‌اکسید نیتروژن
- ۶- جذب گازهای دی‌اکسید نیتروژن در آب و تولید اسید نیتریک در برج جذب
- ۷- سفید کردن اسید توسط برج سفید کننده
- ۸- بازیافت انرژی گازهای تولیدی از فرآیند
- ۹- بازیافت کاتالیست

فصل سوم:

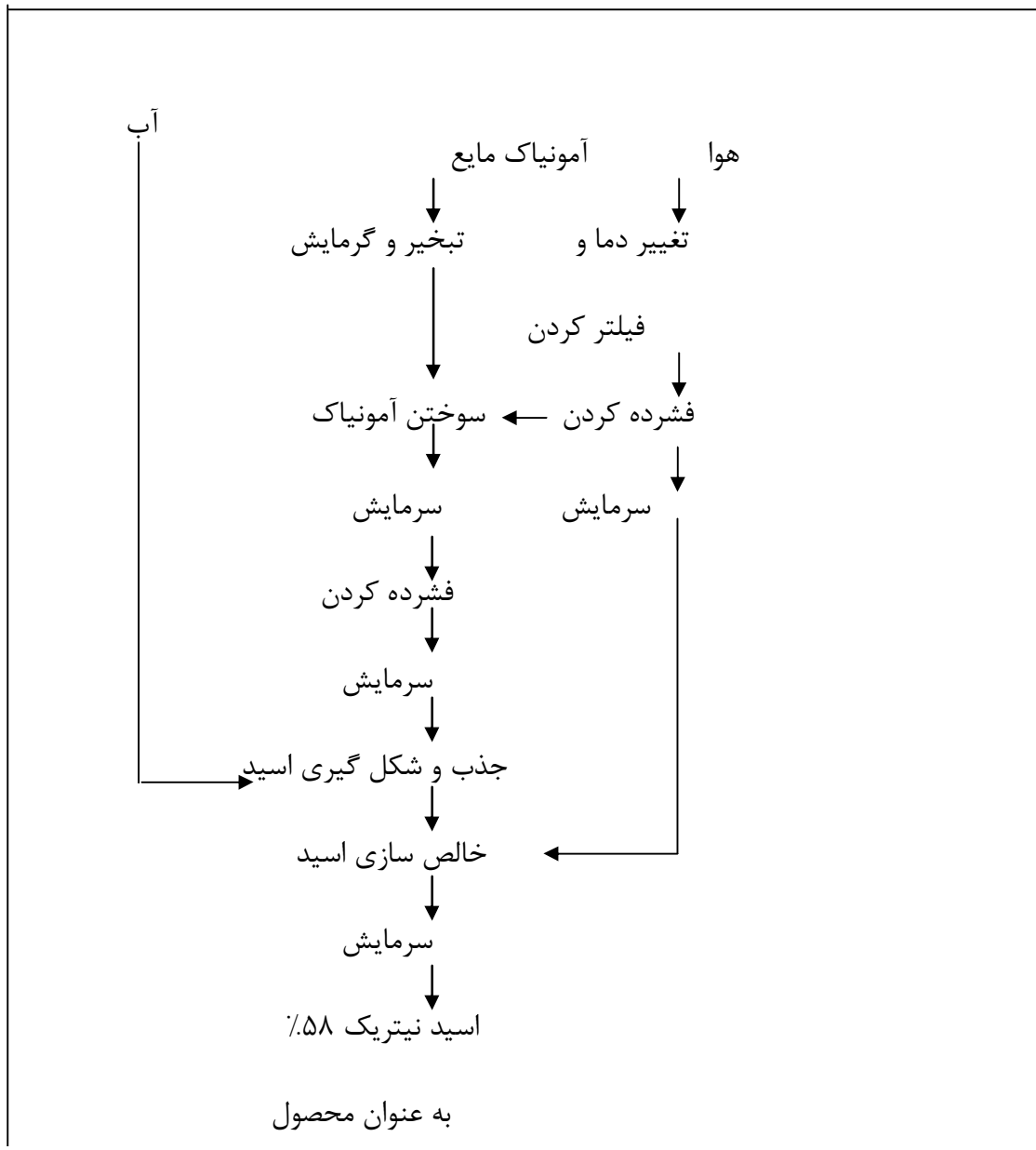
شبیه سازی فرآیند تولید

اسید نیتریک

فرآیند تولید اسید نیتریک در یک نگاه

اگر بخواهیم فرآیند تولید اسید نیتریک را در یک صفحه خلاصه نمائیم، شکل نمودار مناسبی

است:



شرح فرآیند تولید اسید نیتریک

تولید اسید نیتریک براساس فرآیند موجود را می‌توان به ۳ مرحله (از نظر فشاری) تقسیم کرد:

مرحله اول: اکسیداسیون آمونیاک در فشار پایین (۱ تا ۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

مرحله دوم: جذب گاز دی‌اکسید نیتروژن در فشار بالا ۵ تا ۱۳ کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

مرحله سوم: سفید کردن یا بی‌رنگ کردن اسید در فشار پایین (۱ تا ۵ کیلوگرم بر سانتی متر

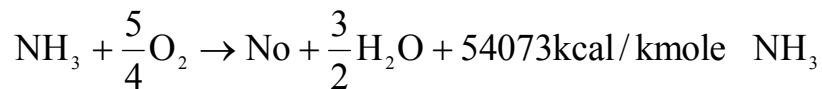
مربع)

یک تقسیم‌بندی مراحل تولید اسید نیتریک نیز وجود دارد که براساس واکنش‌های

شیمیایی سری و زنجیره‌ای است که عبارتست از:

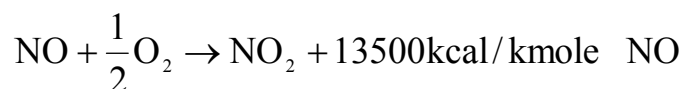
مرحله اول: اکسیداسیون آمونیاک و تولید مونوکسید نیتروژن

واکنش این مرحله برای تولید مونوکسید نیتروژن به صورت زیر است:



مرحله دوم: اکسیداسیون گاز مونوکسید نیتروژن و تولید دی اکسید نیتروژن

واکنش این مرحله به صورت زیر است:



مرحله سوم: جذب دی اکسید نیتروژن در آب و تولید اسید نیتریک

در این مرحله واکنش نهایی صورت می گیرد و اسید تولید می شود:



با توجه به تقسیم بندی هایی که ذکر شد، در واحد اسید نیتریک دو دستگاه اصلی وجود دارد که

عبارتند از:

ب- برج جذب

الف- راکتور

مرحله اول که همان اکسیداسیون آمونیاک و تولید گاز مونوکسید نیتروژن می باشد، در

راکتور انجام می شود. خلاصه روش کار به این صورت است که مخلوط هوا و آمونیاک وارد راکتور

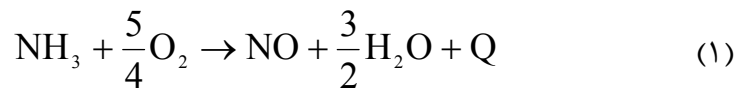
می شوند و در مجاورت توری های پلاتین (به عنوان کاتالیست) اکسیداسیون جزئی آمونیاک انجام

می گیرد، مکانیسم عمل روی کاتالیست به صورت زیر است:

الف- جذب اکسیژن به وسیله کاتالیست.

ب- واکنش کاتالیست و تشکیل هیدرات نیتروژن روی سطح کاتالیست.

ج- واکنش اکسیژن با رادیکال هیدرات نیتروژن برای تولید مونوکسید نیتروژن و آب.



واکنش (۱) در واقع واکنش کلی اکسیداسیون آمونیاک است. گاز مونوکسید نیتروژن از

واکنش (۱) در درجه حرارت 810°C تا 900°C تولید می‌شود که از لحاظ ترمودینامیکی در این

درجه حرارت ناپایدار است.

انجام و پیشرفت این واکنش نیازمند موارد زیر است:

۱- تأمین فشار به وسیله کمپرسور هوا.

۲- حضور آمونیاک به صورت گاز به وسیله تبخیر کن و هیتر آمونیاک.

۳- اختلاط کامل آمونیاک و هوا (اکسیژن) به وسیله میکسر.

۴- حضور کاتالیست پلاتین به وسیله توری های ریزبافتی که سطح تماس را زیاد می‌کنند.

۵- عدم حضور ناخالصی‌های مضر به وسیله فیلتر کردن هوا و آمونیاک.

۶- تنظیم نسبت بین هوا و آمونیاک به وسیله یک شیر کنترل.

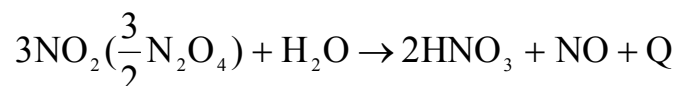
۷- دفع حرارت از محیط راکتور به وسیله مبدل های بخارساز.

اما مرحله سوم یعنی جذب دی اکسید نیتروژن در آب و تولید اسید نیتریک در برج جذب

انجام می‌شود.

مرحله جذب نسبت به مرحله اکسیداسیون آمونیاک در فشار بالاتری انجام می‌شود.

خلاصه روش کار به این‌صورت است که برج جذب دارا سینی‌های سوراخ‌دار است؛ در حالی که مایع از بالا و گازهای ازت از پایین در خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کنند، جذب صورت می‌گیرد.



این واکنش، واکنش نهایی تولید اسید نیتریک می‌باشد.

انجام و پیشرفت این واکنش نیز شرایط خاصی را طلب می‌کند که عبارتند از:

- ۱- تأمین فشار بالا به وسیله کمپرسور گازی (کمپرسور مونوکسید نیتروژن).
 - ۲- تأمین سطح تماس مناسب بین گاز و آب به وسیله سینی‌های موجود در برج.
 - ۳- کاهش دمای جریان‌ات ورودی به برج توسط کولرهای گاز و کولر آب.
 - ۴- دفع حرارت یا سرد نگاه داشتن برج جذب به وسیله کویل‌های آب کولینگ درون برج.
- همان‌طور که مشاهده می‌شود، واکنش‌های اصلی در این دو سیستم صورت می‌گیرد و تمامی تجهیزات دیگر مانند کمپرسور، کولر، پمپ، درام، فیلتر و توربین جهت مهیا کردن شرایط واکنش در این فرآیند استفاده می‌شوند.
- با این پیش‌زمینه، فرآیند تولید اسید نیتریک در واحد اسید نیتریک منطقه (۲) به صورت

زیر است:

آمونیاک ورودی به واحد در ابتدا به صورت مایع می‌باشد که شرایط آن به این صورت است که فشار آن تقریباً $18/85$ کیلوگرم بر سانتی متر مربع (مطلق) و دمای آن 10°C می‌باشد. آمونیاک مایع از واحد آمونیاک که در منطقه (۲) می‌باشد و به عنوان واحد مادر شناخته شده است، تأمین می‌شود.

آمونیاک مورد نیاز برای واکنش اکسیداسیون باید به شکل گاز باشد. بنابراین ابتدا آن را وارد مبدل حرارتی (Ammonia Evaporator) E 3103 می‌کنیم. این مبدل به صورت پوسته و لوله می‌باشد. داخل لوله آب 30°C جریان دارد و داخل پوسته آمونیاک قرار دارد. آب داخل لوله را اصطلاحاً C.W.L (Cooling Water Loop) می‌نامیم. آمونیاک ضمن کسب حرارت لازم از آب C.W.L جاری در لوله تا 15°C گرم می‌شود و به صورت بخار در می‌آید.

همچنین آمونیاک مایع ممکن است حاوی مقداری آب و روغن باشد که باید از سیستم خارج شود. برای این منظور مبدل (Ammonia Auxiliary Vaporizer) E 3105 تعبیه شده است. این مبدل نیز به صورت پوسته و لوله می‌باشد که داخل پوسته آب و روغن و آمونیاک می‌باشد و در لوله بخار با فشار 14 کیلوگرم بر سانتی متر مربع جریان دارد. مواد داخل پوسته با بخار داخل لوله تبادل حرارت می‌کنند و ضمن تبخیر آمونیاک همراه آب و روغن، مقدار آب و روغن به تدریج افزایش می‌یابد که در نهایت Drain می‌شود.

آمونیاک تبخیر شده در این مبدل در نهایت به درون مبدل E 3103 باز می‌گردد. فشار مبدل E 3105 کمی بیشتر از فشار مبدل E 3103 می‌شود که این مقدار فشار باعث انتقال گاز آمونیاک از مبدل E 3105 به مبدل E 3103 می‌شود، اما برای انتقال مایع آمونیاک از مبدل E

3103 (فشار کم) به مبدل E 3105 (فشار بیشتر) سطح مبدل کمکی را (مبدل E 3105)

پایین تر از مبدل تبخیرکن اصلی (مبدل E 3103) قرار می دهند.

آمونیاک گازی با شرایط فشاری معادل با ۵/۸ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و دمای 15°C

مبدل E 3103 را ترک می کند و به درون پوسته مبدل (Ammonia Superheater) E3104

راه می یابد.

در این مبدل آمونیاک با بخار ۱۴ کیلوگرم بر سانتی متر مربع که درون لوله جریان دارد

تبادل حرارت انجام می دهد. آمونیاک خروجی از مبدل E 3104 ضمن این که به حالت فوق

اشباع^{۱۶} می رسد (حدود 100°C) و فشار آن نیز به صورت جزئی افزایش می یابد و برابر با ۵/۹

کیلوگرم بر سانتی متر مربع می گردد.

این آمونیاک از نظر فشاری و دمای شرایط مناسبی را جهت ورود به راکتور دارد، اما یک

شیر کنترل فشاری، فشار خط آمونیاک را ثابت نگه می دارد و پس از آن یک شیر کنترل جریان،

مقدار جریان جرمی آمونیاک را توجه به میزان جرم هوا ورودی به راکتور را (جهت ثابت نگه

داشتن نسبت) کنترل می کند.

پس از این دو شیر کنترل، یک درام و یک فیلتر تعبیه شده است تا احياناً از ورود آمونیاک

مایع و اکسیدهای آهن و فلزات به درون راکتور جلوگیری شود (فیلتر F 3102 و درام D 3102).

خلوص آمونیاک در این شرایط به بالاترین حد خود می‌رسد و وارد میکسر MA 3101

می‌شود و در آن با هوا کاملاً مخلوط می‌گردد. دبی آمونیاک (که مقدار بسیار کمی آب همراه خود دارد) در ظرفیت ۱۰۰٪ معادل ۷۰۵۷ کیلوگرم در ساعت می‌باشد.

چند نکته در مورد مبدل E 3103

این مبدل از نوع کیتل تایپ^{۱۷} می‌باشد و آمونیاک مایع از دو محل و از پایین وارد آن می‌شود.

شکل ظاهری پوسته آن دو برآمدگی به طرف بیرون دارد که یکی در بالاست و دیگری در پایین

مبدل. برآمدگی بالا برای تفکیک کامل گاز آمونیاک از مایع تعبیه شده است و برآمدگی پایین

پوسته، محل مناسبی برای تجمع ناخالصی‌های آمونیاک (مانند آب و روغن) می‌باشد که به درون

مبدل کمکی E 3105 هدایت می‌شود.

تیوپ‌های مبدل پنج پاس^{۱۸} دارد که آب C.W.L از بالا وارد تیوپ‌های فوقانی آن می‌شود و

پس از عبور از پاس‌ها، از طریق ردیف تحتانی خارج می‌شود.

چون این آب کار تبخیر آمونیاک را بر عهده دارد، به نحوی شرایط فشاری مبدل را متأثر

خواهد کرد. بنابراین روی مسیر آب ورودی به این مبدل یک شیر کنترل نصب شده به نام PV

31003/A که کار آن تنظیم و کنترل فشار تبخیرکن است. آب C.W.L مورد استفاده در این

مبدل قبل از شیر کنترل فوق دو شاخه می‌شود که یک شاخه به شیر کنترل مذکور و دیگری به

شیر کنترل PV 31003/B وارد می‌گردد که آب عبوری از شیر کنترل PV 31003/B با آب

Kettle Type -¹⁷

Pass -¹⁸

خروجی از E 3103 به هم می پیوندند و جهت خنک کاری به برج جذب می روند. این دو شیر کنترل برعکس یکدیگر عمل می کنند؛ به نحوی که اگر PV31003/A به میزان ۷۰٪ باز باشد، PV 31003/B به میزان ۳۰٪ باز خواهد بود. به این علت از دو شیر کنترل استفاده می شود که طراحی مبدل موجود در برج جذب بر اساس ۱۰۰٪ آب C.W.L انجام گرفته است که همین موضوع استفاده از دو شیر کنترل را الزام می کند.

اصولاً کارکردن با مبدل E 3103، بسیار حساس و ظریف است؛ حساسیت و ظرافت کارکردن با این مبدل در راه اندازی و از کار انداختن واحد مشخص می شود.

به طور کلی عوامل مؤثر بر فشار این مبدل عبارتند از:

- ۱- سطح آمونیاک مایع.
- ۲- درجه حرارت آب C.W.L.
- ۳- میزان جریان آب C.W.L.
- ۴- مقدار آب و روغن همراه آمونیاک.
- ۵- ظرفیت واحد.
- ۶- در سرویس بودن یا نبودن مبدل کمکی E 3105.
- ۷- فشار آمونیاک ورودی به واحد.
- ۸- وجود هوا در C.W.L و عدم هواگیری آن.
- ۹- کثیف بودن پوسته و لوله مبدل.
- ۱۰- کارایی و دقت PV 31003/A و LV 31003.

اما در رابطه با تبخیرکن کمکی E 3105 ذکر این نکته ضروری است که استفاده از آن به دو طریق پیوسته و ناپیوسته امکان پذیر است، که شرح عملیات هر کدام از آنها خود نیازمند مقاله‌ای دیگر است.

در مورد آب C.W.L نیز یادآوری این نکته ضروری است که این آب به دلایلی که بعداً روشن خواهد شد در این واحد جریان می‌یابد. یک شاخه از این آب به صورت سریال چندین مبدل را طی می‌کند که در یکی خنک کننده و در دیگری گرم کننده است. در مبدل E 3103 این آب گرم کننده است و ضمن تبخیر آمونیاک، سرد می‌شود و بعد از این سرد شدن وارد مبدل E 3114 می‌شود و نقش سردکنندگی را به عهده دارد، سپس وارد مبدل های E 3112 و E 3111 می‌شود. به همین دلیل شیر کنترل ورودی آب C.W.L به مبدل تبخیرکن اصلی یعنی PV 31003/A اگر جهت کنترل فشار مبدل، مقدار آب را تغییر دهد، مبدل های بعدی که قرار است آب C.W.L به آنها سرویس دهد، دچار مشکل خواهند شد. بنابراین برای رفع این معضل همان طور که گفته شد، جریان آب ورودی به این مبدل به دو شاخه تقسیم شده که یکی ضمن عبور از PV 31003/A وارد مبدل می‌شود و دیگری ضمن عبور از شیر کنترل PV 31003/B مبدل را بای پاس می‌کند و به این ترتیب تغییرات میزان آب ورودی مبدل E-3103 بر روی مبدلهای سریال بعدی تأثیر نامطلوبی نخواهد گذاشت.

هوای موردنیاز فرآیند

تولید گاز مونوکسید نیتروژن از آمونیاک درون راکتور انجام می‌شود که یک واکنش اکسیداسیون ویژه است که نیاز به اکسیژن دارد. اکسیژن لازم از هوای اتمسفر تأمین می‌شود. برای این منظور یک کمپرسور هوا در نظر گرفته شده است. مکش کمپرسور C 3101 هوا را به درون یک اتاقک هدایت می‌کند. در این اتاق ابتدا دمای هوا را روی 40°C تثبیت می‌کنند و سپس توسط دو مجموعه فیلتر، پاکسازی میشود و گرد و غبار آن گرفته می‌شود. جهت تثبیت دمای هوا از مبدل E 3119 استفاده می‌شود. گرم کردن هوا بسیار اهمیت دارد. هوای اتمسفر حاوی بخار آب است و پایین بودن درجه حرارت آن احتمال تشکیل قطرات آب از بخارات موجود در جو را ضمن فشرده شدن زیاد می‌کند که این قطرات آب توانایی تخریب پره‌های کمپرسور چرخشی را خواهد داشت. پس با گرم کردن هوا می‌توانیم از تشکیل این قطرات جلوگیری کنیم.

از طرفی بالابودن درجه حرارت هوا، با توجه به مکش ثابت کمپرسور، میزان دبی جرمی هوا را کم می‌کند، چون چگالی آن کاهش می‌یابد و این معضل ایجاد می‌شود که کمپرسور را به شرایط سرچ نزدیک خواهد کرد که بسیار خطرناک است. حضور مبدل E 3119 در ورودی هوا به کمپرسور، درجه حرارت را روی 40°C ثابت نگه می‌دارد.

دبی جرمی هوای ورودی به کمپرسور در 100% ظرفیت واحد ۱۳۲۷۷۱ کیلوگرم در هر ساعت است که طی دو مرحله تحت فشار قرار می‌گیرد و در بین دو مرحله جهت افزایش راندمان کمپرسور یک خنک کن میانی E 3121 دمای هوا را با استفاده از آب C.W از 150°C تا 115°C خنک می‌کند. فشار هوا در این مرحله حدود $2/7$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است که به

مرحله دوم هدایت می شود و در نهایت هوا با فشار ۵/۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و دمای 230°C از مرحله دوم کمپرسور خارج می شود.

این هوای علاوه بر تأمین هوا اکسیداسیون آمونیاک، جهت قسمت های دیگر واحد نیز به کار برده می شود. مصارف این هوا عبارتند از:

۱- مسیر اصلی که قسمت اعظم هوا که حدود ۸۰٪ هوای کل است و به طرف میکسر در راکتور هدایت می شود.

۲- مسیر دوم که حدود ۱۷٪ هوای کل است و به طرف برج سفید کننده می رود.

۳- مسیر آب بندی که کارش آب بندی کمپرسور مونوکسید نیتروژن، توربین گازی، کمپرسور هوا و سر و بدنه راکتور می باشد.

۴- مسیر خنک کن جهت خنک کردن ترموکوپل های نصب شده روی راکتور.

۵- مسیر Silencer که در زمان خارج شدن واحد از سرویس، کل هوا را جهت جلوگیری از آسیب رسیدن به تجهیزات به طرف اتمسفر رها می کند.

واکنش هوا و بخار آمونیاک

شاخه اصلی هوای خروجی از کمپرسور هوا، به عنوان هوای فرآیندی جهت اندازه گیری دبی از یک ونچوری عبور داده می شود و سپس وارد میکسر می شود. این ونچوری دبی هوا را اندازه گیری می کند و با توجه به مقدار نسبت هوا به آمونیاک، فرمانی به شیر کنترل دبی آمونیاک ارسال می شود تا این شیر کنترل مقدار آمونیاک را تنظیم کند.

نسبت جرمی آمونیاک به هوای فیلتر شده (هوای خشک) در شرایط نرمال ۱ به ۱۰ می‌باشد.

آمونیاک از وسط و هوا از پایین وارد میکسر MA 3101 می‌شود. شکل ظاهری میکسر مانند

یک مخروط ناقص وارونه است، که چندین ردیف پره با زوایای مختلف در آن تعبیه شده است تا به

هوا یک حالت چرخش بدهد تا بتواند آمونیاک ورودی را کاملاً در خود مخلوط نماید و مخلوط به

صورت همگن باشد.

مخلوط همگن هوا و آمونیاک دارای شرایط فشار ۵/۳۸ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و دمای

۲۱۴°C می‌باشد که بلافاصله به درون راکتور هدایت می‌شود. در محل ورودی گاز (مخلوط

آمونیاک و هوای خشک) به راکتور یک منبسط کننده^{۱۹} داریم که سرعت مخلوط را به شدت کاهش

می‌دهد.

علت تنظیم سرعت گاز در راکتور دو مورد می‌باشد که عبارتند از:

الف- تلاطم لازم جهت نفوذ کامل گاز در کاتالیست وجود داشته باشد.

ب- زمان برخورد کافی برای تولید مونوکسید نیتروژن وجود داشته باشد.

اگر سرعت گاز ورودی به راکتور کم باشد، زمان کافی برای انجام واکنش وجود خواهد داشت.

اما در صورت کم بودن سرعت گاز در هنگام ورود به راکتور، یک مشکل به وجود می‌آید که زمان

اقامت گاز در راکتور زیاد می‌شود و باعث تجزیه آمونیاک به نیتروژن و هیدروژن می‌شود که با

حضور اکسیژن موجود در هوا واکنش تولید آب صورت می‌گیرد و حرارت بسیار زیادی ایجاد می

کند و مشکلات عدیده‌ای را به دنبال دارد.

برعکس اگر سرعت گاز زیاد باشد، تلاطم لازم جهت نفوذ گاز در کاتالیست وجود دارد اما آمونیاک واکنش نمی دهد و به هدر می رود. ضمن اینکه به دلیل سرعت بالا فرسایش پلاتین ها بیشتر می شود و راندمان کاهش می یابد. بنابراین تنظیم سرعت گاز (واکنش گرها) در راکتور بسیار اهمیت دارد.

در ساختمان راکتور، پس از منبسط کننده که به صورت یک مخروط ناقص و وارونه است بلافاصله یک صفحه مشبک داریم که توزیع کننده^{۲۰} نامیده می شود و وظیفه آن توزیع یکنواخت جریان ورودی روی سطوح پلاتین ها می باشد.

در زیر توزیع کننده صفحات پلاتین قرار دارند. عبور گاز از سطح کاتالیست، واکنش انتخابی مورد نظر را که همان تولید گاز مونوکسید نیتروژن می باشد به پیش خواهد برد و کنترل آن، از وقوع دیگر واکنش های جانبی و نامطلوب جلوگیری خواهد کرد. بنابراین برای اینکه سطح وسیعی از پلاتین را ایجاد کنیم تا واکنش به راحتی رخ دهد، آن را به صورت توری هایی با بافت ریز درآورده اند.

عناصر تشکیل دهنده اصلی توری ها پلاتین و رویديوم می باشد که پلاتین به میزان ۹۰٪ جهت انجام واکنش انتخابی مورد نظر و به عنوان تنها عامل کاتالیزور مورد استفاده قرار می گیرد و رویديوم به میزان ۱۰٪ جهت استحکام بخشیدن به بافت توری ها در برابر سایش مکانیکی و حرارت ناشی از واکنش شیمیایی به کار برده می شود. درجه خلوص در این قسمت ۹۵/۹۹٪ می باشد و

حدوداً ۵۰۰ ppm ناخالصی دارد. این ناخالصی‌ها از عناصر گوگرد، فسفر، آرسینک، سیلیس، نیکل، مس، نقره، طلا و آهن تشکیل شده است.

سطح توری‌ها دایره‌ای است و کل سطح مقطع راکتور را در منطقه مورد استفاده می‌پوشاند. جهت این فرآیند هشت عدد توری مورد استفاده قرار می‌گیرند که روی هم قرار دارند.

کارایی توری‌ها براساس دستورالعمل سازنده بین ۴۰۰۰ تا ۵۰۰۰ ساعت است و در اثر وقوع واکنش شیمیایی و در طول زمان این توری‌ها مستهلک می‌شوند. راندمان پلاتین جهت اکسیداسیون آمونیاک % ۵/۹۵ می‌باشد و افت پلاتین توسط شرکت سازنده حدود ۱۵۰ میلی‌گرم به ازای هر تن اسید ۱۰۰٪ اعلام می‌شود.

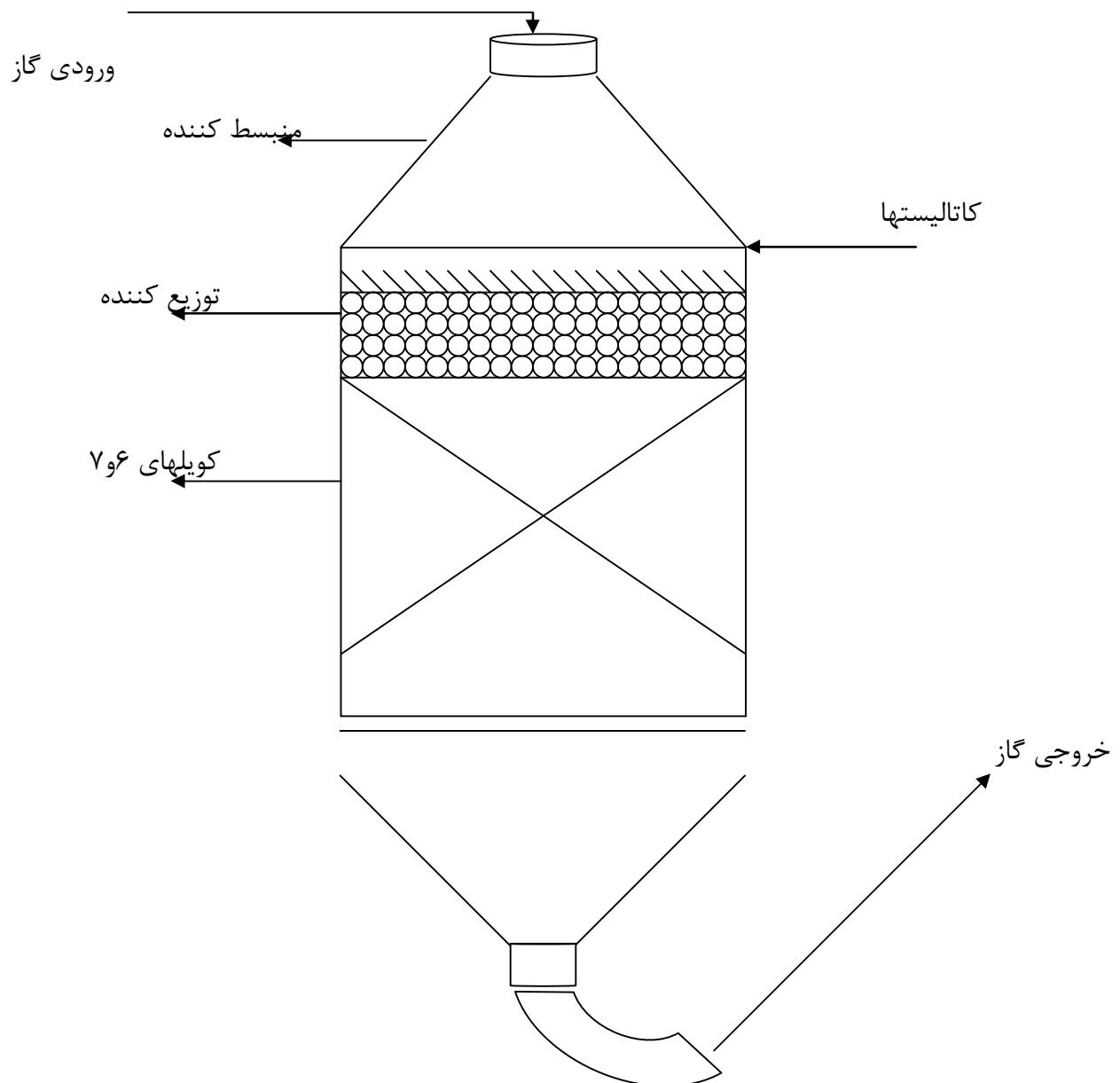
برای توری‌ها یک نگهدارنده^{۲۱} در نظر گرفته شده است که به صورت شبکه فلزی (توری شکل) می‌باشد. در زیر این نگهدارنده، آکنه‌ها^{۲۲} وجود دارد که از جنس سرامیک هستند و شکل آن‌ها به صورت راشینگ رینگ^{۲۳} می‌باشد. توزیع این آکنه‌ها Random می‌باشد و این آکنه‌ها قسمتی از حجم راکتور را به خود اختصاص داده‌اند.

وظیفه آکنه، یکنواخت کردن جریان گاز حاصل از واکنش در مجاورت کاتالیست است. همچنین باعث یکنواخت شدن گاز از نظر درجه حرارت می‌شود. ضمن این که در زمان خارج شدن واحد از سرویس، با نگهداری حرارت درون خود از معیوب شدن^{۲۴} توری‌های پلاتین جلوگیری می‌کند. نگهدارنده راشینگ رینگ‌ها یک صفحه مشبک فلز است و در زیر آن شبکه مله‌پیچ

Support -²¹
Packing -²²
Rashig Ring -²³
Deformation -²⁴

وجود دارد که کویل‌های مبدل های E 3106 و E 3107 را می‌سازد و در اثر برخورد جریان گاز عبوری در این دو مبدل بخار فوق اشباع با شرایط فشار ۴۲ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و دمای 440°C مهیا می‌شود و درجه حرارت گازها را از 880°C تا 470°C (از روی سطح پلاتین‌ها تا خروجی از راکتور) به شدت و به سرعت کاهش می‌دهد.

در پایین راکتور یک حالت U شکل برای خروجی طراحی شده که جهت خروج مایعات تشکیل شده یا احیاناً آکنه‌های خرد شده می‌باشد. شکل کلی راکتور در صفحه بعد نشان داده شده است.



آشنایی با واکنش های مطلوب و نامطلوب در راکتور و عوامل کاهش دهنده راندمان

واکنش های شیمیایی متعددی در درون راکتور انجام می گیرد، که البته به جز یکی از آن ها بقیه نامطلوب می باشند. بنابراین سعی می شود که حتی الامکان واکنش های جانبی رخ ندهد.

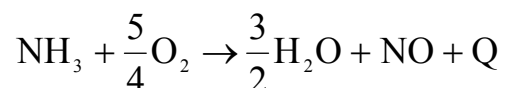
مکانیزم واکنش اکسیداسیون آمونیاک سه مرحله دارد.

الف- جذب اکسیژن بوسیله کاتالیست.

ب- واکنش کاتالیست و تولید هیدرات نیتروژن روی سطح کاتالیست.

ج- واکنش اکسیژن جذب شده روی سطح کاتالیست با رادیکال هیدرات نیتروژن و تولید

مونوکسید نیتروژن و آب. واکنش کلی به این صورت است:



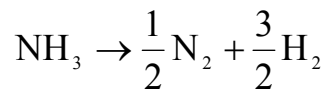
این واکنش در مدت زمان یک هزارم ثانیه شروع و انجام می‌شود و مدت زمان بیشتر تماس گاز، باعث تجزیه مونوکسید نیتروژن در شرایط فرآیندی می‌شود. چون که این واکنش در دمای 810°C تا 900°C اتفاق می‌افتد و در این شرایط مونوکسید نیتروژن ناپایدار است. بنابراین باید به سرعت جریان گاز را سرد و زمان اقامت را کاهش داد.

حرارت ناشی از واکنش معادل 54073 کیلو کالری به ازای یک کیلو مول از آمونیاک تولیدی می‌باشد که بسیار بالاست و دمای گاز را تا 870°C افزایش می‌دهد. این گرما باعث گداخته شدن سطح کاتالیست می‌شود و به پیشرفت واکنش کمک می‌کند. البته در راکتور مشعلی وجود دارد که در ابتدا جهت راه‌اندازی واحد و تأمین حرارت اولیه جهت انجام واکنش روشن می‌شود که سوخت آن گاز سنتز است. اما پس از ایجاد حرارت اولیه و شروع به کار سیستم چون واکنش اکسیداسیون به شدت گرمازا است و گرما ی‌مورد نیاز واکنش را تأمین می‌کند، مشعل به صورت خودکار خاموش می‌شود و از سیستم خارج می‌گردد. به دلیل مسائل ایمنی و نیز عدم انجام واکنش های مزاحم، در صورتیکه تراکم صورت گیرد و درجه حرارت تا 910°C بالا رود، راکتور و واحد به صورت خودکار از سرویس خارج می‌شود.

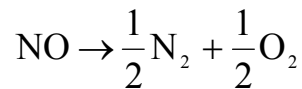
همان طور که ذکر شد امکان انجام تعدادی واکنش نامطلوب نیز در راکتور وجود دارد. این

واکنش ها عبارتند از:

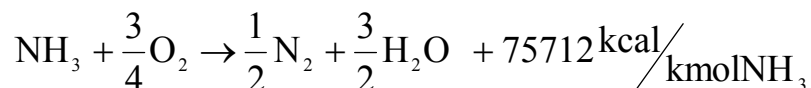
۱- واکنشی که طی آن آمونیاک در اثر حضور اکسید فلزات و در شرایط راکتور تجزیه می‌شود.



۲- واکنشی است که طی آن NO ضمن زمان توقف زیاد در راکتور، تجزیه می‌شود.



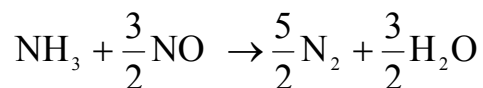
۳- واکنشی که طی آن آمونیاک در مجاورت یک سطح داغ می‌سوزد.



۴- واکنشی که میل ترکیبی NO و NH₃ را با یکدیگر نشان می‌دهد و البته کمتر از واکنش

های دیگر اتفاق می‌افتد و شرایط آن، اختلاط خوراک با محصول است. بنابراین باید محصولات

واکنش اصلی را هرچه سریع‌تر از راکتور خارج کرد.



واکنش سوم بدترین نوع واکنش نامطلوب می‌باشد. به عنوان مثال اگر فاصله توزیع کننده از

توری های پلاتین کم باشد، در اثر تشعشع توری های داغ، سطح توزیع کننده بیش از اندازه گرم

می‌شود و مخلوط گاز ورودی قبل از رسیدن به سطح کاتالیست در واکنش نامطلوب سوم به کار

برده می‌شود و طبیعتاً با وقوع این واکنش و حرارت آزاد شد ناشی از آن، سطح توزیع کننده باز هم داغ تر می‌شود و به پیشرفت واکنش نوع سوم کمک می‌کند.

وقوع هر کدام از واکنش‌های نامطلوب راندمان پلاتین‌ها و در نتیجه راندمان راکتور را کاهش

می‌دهد.

ورودی و خروجی راکتور در حالت ظرفیت حداکثر و شرایط نرمال به صورت زیر است:

۱۱۹۰۸ کیلوگرم بر ساعت	مونوکسید نیتروژن به مقدار	خروجی از راکتور	۷۰۵۰ کیلوگرم بر ساعت	آمونیاک به مقدار	ورودی به راکتور
۲۹ کیلوگرم بر ساعت	دی اکسید نیتروژن به مقدار		۲۴۷۲۳ کیلوگرم بر ساعت	اکسیژن به مقدار	
۸۴۰۰ کیلوگرم بر ساعت	اکسیژن به مقدار		۸۱۸۷۵ کیلوگرم بر ساعت	نیتروژن به مقدار	
۸۲۱۱۴ کیلوگرم بر ساعت	نیتروژن		۲۴۵۱ کیلوگرم بر ساعت	بخار آب به مقدار	
۱۳۶۴۸ کیلوگرم بر ساعت	آب				

در شرایط طراحی، میزان رطوبت هوا حدوداً ۴۰٪ در نظر گرفته شده است.

عوامل دیگری نیز علاوه بر واکنش های نامطلوب، باعث پایین آمدن راندمان راکتور می شوند

که عبارتند از:

۱- در اغلب موارد تجمع ناخالصی ها روی سطح کاتالیست باعث کاهش سطح تماس پلاتین

با گازهای ورودی می شود. این ناخالصی ها ذرات اکسید آهن، ذرات آهن، روغن و ... می باشند.

۲- در اثر برگشت زدن جریان گاز، پودرها ی پلاتین روی سطح توزیع کننده منتقل می شود؛

بنابراین جریان مخلوط ورودی روی سطح توزیع کننده واکنش می دهد و مقداری مونوکسید

نیتروژن تشکیل می شود و مونوکسید نیتروژن تولید شده روی سطح پلاتین های اصلی

(توری ها) تجزیه می شود و راندمان را کاهش می دهد.

بنابر نکات ذکر شده در بالا باید تاجایی که ممکن است از ورود ناخالصی ها به راکتور

جلوگیری شود. فیلتر F 3102 برای همین منظور روی مسیر آمونیاک نصب شده است. این فیلتر

در درون درام D 3102 قرار دارد و شامل ۴ عدد فیلتر عمودی است که به شکل استوانه است. این

فیلتر جهت جلوگیری از ورود براده های آهن، ذرات اکسید آهن، روغن احتمالی و احیاناً آمونیاک

مایع است. آمونیاک مایع باعث واکنش شدیداً گرمازا می شود که همان اکسیداسیون است که

روی سطح پلاتین ها به صورت موضعی انجام می گیرد که در نهایت این حرارت موضعی پلاتین را

ذوب می کند.

جهت جلوگیری از ورود ذرات معلق موجود در هوا نیز فیلتر F3101 درون اتاقک هوا تعبیه شده است که از دو قسمت کاملاً متفاوت تشکیل شده است. فیلتر F 3101/A از جنس پشم‌شیشه می‌باشد و ذرات گرد و غبار موجود در هوا را جذب می‌کند و فیلتر F3101/B شامل فیلترهای آلفا می‌باشد که ناخالصی‌های مضر دیگر مانند، کلر، فلئوئور، برم و ... را جذب می‌کند و اجازه ورود آن‌ها را به همراه هوا نمی‌دهد. علت جذب این گونه ناخالصی‌ها از هوا این است که این ناخالصی‌ها باعث مسمومیت کاتالیست راکتور می‌شوند و همچنین در برج جذب نیز مشکلاتی ایجاد می‌کنند.

گازهای خروجی از راکتور

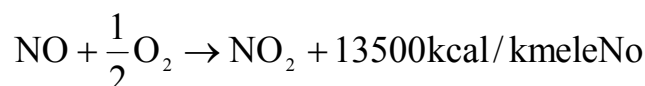
تا این جا هرچه گفته شده مربوط به داخل راکتور بود. حال می‌خواهیم گازهای خروجی از راکتور را مورد بررسی قرار دهیم.

گازهای خروجی از راکتور با دمای 470°C وارد اولین مبدل سرد کننده می‌شود. در این مبدل که نام آن E 3110 است، گاز فرآیندی با گازهای خروجی از برج جذب^{۲۵} تبادل حرارت انجام می‌دهد و دمای آن تا حدود 254°C پایین می‌آید.

سپس با طی مسافتی کوتاه وارد مبدل E 3108 می‌شود. دمای گاز در ورود به این مبدل 269°C و پس از تبادل حرارت و سرد شدن به 173°C می‌رسد. در این مبدل آب B.F.W با گاز تبادل حرارت می‌کند و دمای آب از 130°C به 248°C می‌رسد.

گاز فرآیندی سپس وارد مبدل E 3109 می‌شود. دمای گاز ورودی به مبدل 179°C است و پس از خنک شدن در اثر تماس با آب C.W درجه حرارت آن تا 41°C کاهش می‌یابد. خروجی از این مبدل یک جریان دوفازی می‌باشد و درون مخزن D 3103 تخلیه می‌شود.

حال این سؤال مطرح می‌شود که چرا در حین مسیر عبور گاز از لوله‌ها، دمای گاز افزایش می‌یابد؟ علت این است که گازها خروجی راکتور که حاوی مونوکسید نیتروژن و اکسیژن می‌باشد درجه حرارتی حدود 470°C دارد. تحت این شرایط واکنش غیرکاتالیستی تولید دی اکسید نیتروژن از مونوکسید نیتروژن و اکسیژن انجام می‌گیرد و چون گرمازا می‌باشد درجه حرارت گاز را بالا می‌برد. واکنش به صورت زیر است:



این واکنش در دماهای کمتر از 500°C اتفاق می‌افتد و هرچه محیط سردتر شود و فشار بیشتر شود، واکنش پیشرفت قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت.

بنابراین واکنش اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن که یکی از مراحل تولید اسید نیتریک می‌باشد تحت این شرایط به راحتی پیشرفت می‌کند.

این گازها نهایتاً باید جذب آب شود تا اسید نیتریک تولید شود. این عمل در برج جذب انجام می‌شود و شرایط برج جذب برای انجام عمل جذب یکی دمای پایین و دیگری فشار بالای آن است.

پس با سرد کردن مداوم گاز علاوه بر مهیا شدن شرایط واکنش اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن، در واقع شرایط برج جذب نیز مهیا می‌شود.

با بررسی ترکیبات گازی از زمان خروج از راکتور و تا زمان ورود به درام D 3103، مشخص می‌شود که همواره از مقدار نیتروژن کمی و بر مقدار دی‌اکسید نیتروژن افزوده می‌شود. در پی این واکنش (تولید دی‌اکسید نیتروژن) با افت فشار نیز روبرو می‌شویم که این افت فشار جدای از افت فشار ناشی از تجهیزات مکانیکی است.

در مبدل E 3109 به دلیل پایین آمدن درجه حرارت تا 41°C ، مقداری از گازهای دی‌اکسید نیتروژن با آب کندانس می‌شوند و اسید ضعیفی را تشکیل می‌دهند که به درون درام 3103 هدایت می‌شود. این اسید ضعیف که غلظتی در حدود ۳۱٪ دارد، توسط پمپ P 3104 به سینی های ۶، ۷ و ۸ برج جذب منتقل می‌شود.

برای تولید اسید نیتریک، احتیاج به جذب دی‌اکسید نیتروژن در آب داریم؛ چون مونوکسید نیتروژن با آب واکنش نمی‌دهد، به همین منظور تا جایی که امکان دارد گاز مونوکسید نیتروژن را به دی‌اکسید نیتروژن تبدیل می‌کنند. پس هرچه واکنش اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن انجام گیرد و پیشرفت آن خوب باشد برای ما بهتر است. این حالت یعنی پیشرفت واکنش اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن با کاهش دما میسر خواهد بود. شرایط ایده‌آل برای این واکنش، درجه حرارت زیر 200°C و بالای 100°C است. در درجه حرارت‌های زیر 100°C ، دی‌اکسید نیتروژن طی یک واکنش به دی‌نیتروژن فور اکسید تبدیل می‌شود که برای ما سودمند نیست.



علت اینکه این واکنش سودمند نیست، این است که دی نیتروژن فور اکسید تمایل به تشکیل اسید نیترو دارد، مطلوب تر آن است که مقدار دی اکسید نیتروژن قابل ملاحظه باشد تا اسید نیتریک بیشتری تولید شود.

از این رو واژه‌ای به نام درجه اکسیداسیون تعریف می‌شود که برابر با نسبت

می‌باشد و طبیعی است که با کاهش مقدار مونوکسید نیتروژن، این

$$\frac{\text{No}_2 + 2\text{N}_2\text{O}_4}{\text{No} + \text{No}_2 + 2\text{N}_2\text{O}_4}$$

نسبت به سمت یک میل می‌کند که ایده‌آل به نظر می‌رسد که این امر با افزایش فشار میسر است.

بنابراین افزایش فشار در این مرحله علاوه بر مهیا نمودن شرایط برج جذب، به ارتقای درجه

اکسیداسیون کمک می‌کند به طوریکه اعداد و ارقام نشان می‌دهد، ۷۵٪ اکسیداسیون مونوکسید

نیتروژن در فشار پایین صورت می‌گیرد و ۲۵٪ مابقی آن در فشار بالا، مثلاً در خروجی کمپرسور

گازی تا برج جذب و حتی درون برج جذب صورت می‌گیرد.

ضمن این که طبق روابط موجود زمان رسیدن به درجه اکسیداسیون معین، با افزایش فشار

کاهش می‌یابد، از طرفی حجم ظرف لازم برای یک درجه اکسیداسیون معین نیز با افزایش فشار

کاهش می‌یابد.

درون درام ۳۱۰۳ اسید رقیق وجود دارد که این اسید با توجه به غلظت که دارد بر روی

سینی‌های ۶، ۷ و ۸ در برج جذب ریخته می‌شود؛ به عبارت دیگر غلظت اسید رو این سینی‌ها

تقریباً برابر با غلظت اسید درون درام D 3103 می‌باشد (۳۱ تا ۳۲٪).

در صورت عدم رعایت این مسأله، یعنی تخلیه امهید ضعیف رو سینی حاوی اسید قوی تر و یا ضعیف تر باعث افزایش درجه حرارت به صورت موضعی روی سینی ها می شود که این افزایش درجه حرارت ناشی از اختلاط دو اسید با غلظت های متفاوت است که این مسأله می تواند باعث تخریب مواد بدنه برج جذب و سینی ها شود، چون از جنس فولاد ضد زنگ می باشند و اسید نیتریک داغ توانایی تخریب آن ها را دارد.

به هر شکل جریان گازی موجود در درام D 3103 پس از اختلاط با جریان هوای خروجی از برج سفید کننده به درون کمپرسور گازی مکیده می شود و تحت فشار قرار می گیرد.

این کمپرسور نیز سانتریفوژ است و فشار مخلوط گازها را تا ۱۵/۹ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و دمای آن ها را تا 141°C افزایش می دهد. گاز به دورن کولر E 3115 هدایت می شود و دمایش تا 118°C کاهش می یابد و پس از آن وارد مبدل E 3111 یا چگالنده فشار بالا می شود و تا 49°C خنک می شود. گازهای خنک شده به پایین برج جذب T 3101 تزریق می گردد، در حالی که اسید جمع شده در مبدل E 3111 (در اثر مایع شدن) نیز همراه گاز است.

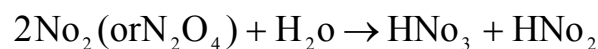
مبدل E 3115 ، افقی می باشد و به صورت پوسته و لوله می باشد. از داخل پوسته گازهای خروجی از برج جذب عبور می کند و گاز فرآیندی خروجی از کمپرسور مونوکسید نیتروژن با عبور از درون لوله حرارت خود را از دست می دهد و باعث گرم شدن گازهای خروجی از برج جذب از 65°C تا 120°C می شود.

برخلاف مبدل E 3115 ، مبدل E 3111 یک مبدل عمودی است که جریان گاز فرآیندی ضمن سرد شدن در مواجهه با آب C.W.L عبوری از پوسته مبدل، مقداری اسید قوی کندهانس

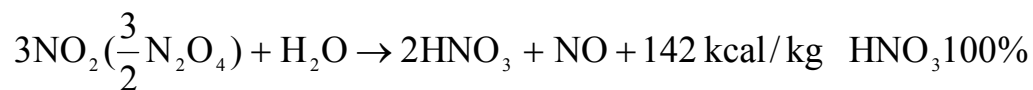
شده تولید می‌کند و به همین دلیل عمود ی‌است تا مایع حاصل از میعان بتواند به درون برج تخلیه شود.

برج جذب^{۲۶}

برج جذب واحد اسید نیتریک منطقه^۲ یک برج سینی دار است و دارای ۳۳ عدد سینی از نوع مشبک^{۲۷} می‌باشد. جریان گاز از پایین وارد برج می‌شود و ضمن برخورد با سینی‌ها، از داخل سوراخ سینی‌ها عبور می‌کند و روی سینی‌ها با جریان مایع برخورد مستقیم پیدا می‌کند. در اثر این برخورد مستقیم، عملیات جذب دی اکسید نیتروژن (یا دی نیتروژن فور اکسید) به درون مایع صورت می‌گیرد. این جذب شیمیایی است و یط آن واکنش تشکیل اسید نیتریک صورت می‌گیرد.



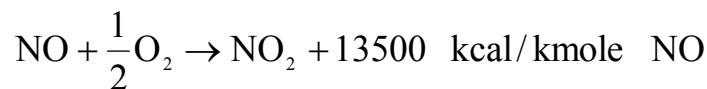
جمع‌بندی این دو واکنش به صورت زیر است:



از این واکنش دو مطلب مهم برداشت می‌شود:

۱- طی واکنش جذب و تولید اسید مقداى مونوکسید نیتروژن تولید می‌شود. بنابراین بایستی برای جذب آن توسط آب به دی اکسید نیتروژن تبدیل شود؛ چرا که مونوکسید نیتروژن جذب آب نمی‌شود. این مسأله با توجه به غلظت‌های بالای دی اکسید نیتروژن در پایین برج که

ناشی از جریان ورودی گاز می‌باشد مشکلی پیش نمی‌آورد. اما با عبور تدریجی گاز در برج، پس از جذب دی اکسید نیتروژن (یا دی نیتروژن فور اکسید)، علاوه بر حضور مقدار کمی مونوکسید نیتروژن که در گاز ورودی می‌باشد، به تدریج بر اثر واکنش جذب نیز مونوکسید نیتروژن تولید می‌شود. بنابراین در بالای برج غلظت مونوکسید نیتروژن کاملاً مشخص خواهد بود و باید به دی اکسید نیتروژن تبدیل شود. واکنش به صورت زیر است:



اکسیژن لازم جهت انجام این واکنش از طریق جریان هوا یا ثانویه خروجی از برج سفید کننده که به درون درام ۳۱۰۳ راه یافته و با جریان اصلی ادغام شده است تأمین می‌گردد. فضا و زمان ماند لازم نیز (جهت واکنش اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن) با افزایش فواصل سینی‌های برج تأمین می‌شود؛ به عبارت دیگر، فاصله بین سینی‌های برج با افزایش شماره آن‌ها زیاد می‌شود.

۲- دومین مطلب مهم در رابطه با واکنش تولید اسید این است که، این واکنش گرمازا می‌باشد و چون نمی‌خواهیم دمای برج بالا رود (چون راندمان کاهش می‌یابد) باید به طریق این حرارت آزاد شده را از برج دفع کنیم. البته توجه می‌کنیم واکنش اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن نیز واکنشی گرمازا است و البته تمام واکنش‌های شیمیایی فرآیند تولید اسید نیتریک براساس روش موجود گرمازا است.

برای دفع گرمای آزاد شده در طی واکنش‌های ذکر شده از کویل‌های آب C.W.L استفاده می‌شود. به این صورت که آب C.W.L درون لوله‌های ۵/۰ اینچ توزیع می‌شود و روی سینی‌ها و

درون ارتفاع مایع روی سطح سینی چرخش می‌کند و سپس خارج می‌شود و با این کار، حرارت آزاد شده ناشی از واکنش تولید اسید و اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن را جذب می‌کند و بی‌ما برج را همواره پایین نگه می‌دارد.

البته به دلیل غنی‌تر بودن گاز دی‌اکسید نیتروژن در پایین برج و شدیدتر بودن سرعت واکنش در این قسمت از برج طبیعتاً میزان حرارت آزاد شده نیز بیشتر است. بنابراین توزیع لوله‌های ۰/۵ اینچ آب خنک‌کننده، در پایین برج بیشتر ای‌بالا برج است و از سینی ۲۴ به بالا دیگر کویل خنک‌کننده نداریم.

جریان مایع یا آب لازم جهت واکنش از دو طریق وارد برج می‌شود. جریانی اول که از رو سینی آخر یعنی سینی ۳۳ وارد می‌شود، درجه حرارتش حدود 30°C است. جریان دوم نیز از روی سینی ۳۱ وارد برج می‌شود و درجه حرارت آن $18/5^{\circ}\text{C}$ می‌باشد. از این جریان که کندانس‌های نیتراته می‌باشد به دلیل مشکلاتی که در برج ایجاد می‌کند اکنون استفاده نمی‌گردد و تنها جریان اول استفاده می‌گردد که از نوع آب بدون املاح می‌باشد و توسط پمپ P 3103 ارسال می‌شود.

نکته‌ای که در رابطه با برج جذب قابل ذکر است این است که در یک گاز در حال تعادل با یک اسید با غلظت مشخص، به علت گرمازا بودن واکنش دی‌اکسید نیتروژن با آب، با بالا رفتن درجه حرارت، نسبت مونوکسید نیتروژن به دی‌اکسید نیتروژن کاهش می‌یابد، چون که واکنش تولید اسید در جهت عکس به پیش می‌رود یعنی تولید دی‌اکسید نیتروژن و کاهش مونوکسید نیتروژن. براساس تجربه و فرمولاسیون درج اکسیداسیونی، اسید غلیظ تنها در شرایط تهیه

می‌شود که غلظت گاز مونوکسید نیتروژن نسبت به کل اکسیدهای ازت موجود به حداقل ممکن برسد.

بالا رفتن دما، پایین آمدن فشار، متعادل نبودن آب تزریقی پروسس (فرآیند) و ... باعث کاهش غلظت اسید در پایین برج می‌شود. ورود هر یک از هالوژن‌های نام برده شده در هوا که توسط فیلتر F3101 باید گرفته شوند، به درون سیستم، علاوه بر مسمومیت کاتالیست‌ها، در برج جذب نیز مشکل به وجود می‌آورد. از بین این مواد، کلر از همه مضرت‌تر است. کلر در برج جذب به صورت اسید کلریدریک در می‌آید و با تجمع در سینی‌های ۶ الی ۱۱، با حضور آب و اسید نیتریک مخلوطی ایجاد می‌کند که شدیداً خورنده است. برای رفع این مشکل از سینی‌های ذکر شده مرتباً نمونه‌گیری می‌شود و اگر حضور اسید کلریدریک یا یون کلر ثابت شود، اسید سینی‌ها را برای مدت زمان ده دقیقه تخلیه می‌کنند تا غلظت آن به صفر برسد.

تنظیم دبی و سرعتی جریان گاز ورود به برج نیز مهم است. اگر سرعت گاز زیاد باشد، درون برج یک حالت گرداب ایجاد می‌شود که این حالت اجازه نمی‌دهد دی اکسید نیتروژن و دی نیتروژن فوراکسید به خوبی جذب آب شود و اسید نیتریک تشکیل گردد. در این حالت (سرعت زیاد گاز)، غلظت دی اکسید نیتروژن در گاز خروجی از برج جذب زیاد می‌شود و علاوه بر مسائل زیست‌محیطی، مقداری دی اکسید نیتروژن نیز به هدر می‌رود. مشخصات ابعادی برج جذب به صورت زیر است:

قطر داخلی برج: ۸۰/۴ متر

ارتفاع برج: ۵۰ متر

فاصله کف برج تا اولین سینی: ۴۰/۴ متر

فاصله آخرین سینی تا بالای برج: ۳/۵۰ متر

فاصله بین سینی‌ها از سینی یک تا سینی دوازده: ۰/۹۷۵ متر

فاصله بین سینی‌ها از سینی دوازده تا سینی بیست و سوم: ۱/۱۰۰ متر

فاصله بین سینی‌ها از سینی بیست و سوم تا سینی سی و سوم: ۹۰۰/۱ متر

فاصله بین سینی یک تا سی و سوم: ۱۲۵/۴۱ متر

برج سفید کننده^{۲۸}

مایعی که از برج خارج می‌شود، اسیدنیتریک ۵۸٪ است. این اسید حاوی مقداری از گازهای اکسیدازت است که به طور فیزیکی حل شده‌اند و به همین دلیل رنگ اسید سبز مایل به آبی می‌شود. جهت بی‌رنگ کردن و حذف اکسیدها، ازت از اسید، اسید نیتریک را به درون برج سفید کننده منتقل می‌کنند. به این ترتیب که فشار اسید را ضمن عبور از یک شیر کنترل می‌شکنند و به ۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع کاهش می‌دهند و با دمای 45°C از بالای برج سفید کننده وارد برج می‌کنند. این برج هم از نوع سینی‌دار مشبک است که دارای ۵ عدد سینی می‌باشد.

شدت جریان هوای ثانویه خروجی از کمپرسور هوا که قبلاً توضیح داده شد، پس از عبور از یک اوریفیس^{۲۹} اندازه‌گیری می‌شود و توسط یک شیر کنترل مقدار آن را تنظیم می‌کنند. این جریان جهت خنک شدن تا حدود 120°C به درون مبدل E 3102 هدایت می‌شود. البته این

مبدل یک جریان کنارگذار^{۳۰} نیز دارد که در صورت سرمایش بیش از اندازه، مقدار کل این شیر را باز می کنند تا درجه حرارت هوای ثانویه کمتر از 20°C نشود.

در این مبدل هوای ثانویه با جریان Tail Gas خروجی از درام D 3108 تبادل حرارت می کند و خنک می شود (دمای اولیه هوا 230°C می باشد). در نهایت هوای ثانویه با فشار ۶۵/۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و دمای 120°C از پایین وارد برج سفید کننده می شود و با عبور از اسید جمع شده روی سینی ها، اکسیدهای نیتروژن را از اسید جدا می کند و از بالای برج خارج می شود. همان گونه که قبلاً نیز ذکر شد، این جریان وارد درام D 3103 می شود تا بتواند اکسیژن لازم جهت ادامه اکسیداسیون مونوکسید نیتروژن را فراهم کند.

مایع اسید نیتریک بی رنگ در پایین برج سفید کننده جمع می شود. در این شرایط اسید کاملاً بی رنگ می باشد و مقدار اکسیدهای نیتروژن موجود در آن بیشتر از ۲۰۰ ppm نخواهد بود. دمای اسید خروجی از برج سفید کننده 65°C است که جهت ذخیره کردن در آنجا بایز است. بنابراین اسید نیتریک به طرف مبدل E 3120 هدایت می شود و دمای آن تا 55°C پایین می آید. سپس ضمن عبور از یک شیر کنترل به درون مخازن ذخیره TK 3102 A/B راه می یابد و ذخیره می شود. شیر کنترل فوق جهت کنترل سطح اسید درون برج سفید کن تعبیه شده است. اسید موجود در مخازن TK 3102 A/B توسط پمپ P 3109 جهت مصارف خاصی ارسال می شود. دبی اسید ورودی به مخازن ۴۳۱۰۴ کیلوگرم بر ساعت با غلظت ۵۸٪ است. در رابطه با برج سفید کننده ذکر چند نکته ضروری است:

- این برج درحقیقت یک برج استریپر^{۳۱} می باشد. بنابراین کاهش فشار و افزایش دما می تواند باعث افزایش راندمان برج شود.

- کاهش فشار برج باعث می شود که هوای خروجی از بالای برج نتواند به درون درام D 3103 راه یابد. چرا که فشار این درام تقریباً متناسب با فشار راکتور است. بنابراین برای کاهش فشار برج عملاً محدودیت داریم.

- افزایش درجه حرارت هوای ورودی نیز برا کل سیستم محدودیت و مشکلات پدید می آورد، چرا که:

الف- باعث افزایش دمای هوای خروجی از برج می شود و با توجه به حضور این هوا در ورودی کمپرسور NO ، راندمان آن را کاهش می دهد.

ب- دلیل مهم تر این است که علاوه بر خروج اکسیدهای ازت شده در اسید، می تواند باعث تجزیه اسید ۵۸٪ شود و دی اکسید نیتروژن را نیز با خود به بیرون برد. بنابراین غلظت اسیدی کاهش می یابد. اما اگر میزان هوای ثانویه بیش از اندازه لازم باشد، باعث Cary Over می شود و قطرات اسید را با خود به بیرون می برد که در نهایت روی پره های کمپرسور NO صدمات جبران ناپذیری ایجاد می کند.

اندازه گیری مقدار هوای ثانویه تزریقی به برج سفید کن، می تواند از طریق اندازه گیری میزان اکسیژن موجود در Tail Gas صورت پذیرد. چرا که افزایش مقدار هوای ثانویه باعث افزایش بیش از حد لازم اکسیژن در درام D 3103 می شود که به وسیله کمپرسور مونوکسید نیتروژن، به درون

برج جذب راه می‌یابد و از بالای برج توسط Tail Gas خارج می‌شود. مقدار اکسیژن موجود در Tail Gas در شرایط نرمال ۳/۶٪ است.

جریان گازهای خروجی از برج جذب

جریان گازهای خروجی از برج جذب را همان طور که ذکر شد، Tail Gas می‌نامند. این جریان از نظر دما و فشار شرایطی مشابه با برج جذب دارد. این جریان به دلیل فشار بالا، قابلیت انجام کار دارد اما دمای آن پایین است.

یکی لنی نکات که در این واحد به خوب رعایت شده، استفاده بهینه انرژی است. به طوری که جریانات سرد (فرآیندی) جهت کسب حرارت به جای استفاده از سرویس‌های جانبی با جریانات گرم (فرآیندی) تبادل حرارت انجام می‌دهند. این مورد در رابطه با جریان Tail Gas به خوبی قابل مشاهده است. این گاز از بالای برج جذب وارد درام D 3108 می‌شود تا احیاناً قطرات اسید همراه را در این درام به جای بگذارد. سپس به درون مبدل E 3102 هدایت می‌شود و دمایش با کسب حرارت از هوای ثانویه تا 55°C گرم می‌شود. سپس به درون مبدل E 3113 می‌رود و با بخار ۱۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تبادل حرارت انجام می‌دهد و تا 65°C گرم می‌شود. پس از آن وارد E 3115 می‌گردد و با گازهای خروجی از کمپرسور مونوکسید نیتروژن تبادل حرارت انجام می‌دهد و دمایش تا 120°C افزایش می‌یابد. این سه مبدل ذکر شده روی یکدیگر نصب شده‌اند به طوری که در نظر اول قابل تفکیک از یکدیگر نمی‌باشند.

Tail Gas گرم شده تا دمای 120°C پس از خروج از مبدل E 3115 وارد مبدل E 3110

می‌شود و در آنجا با کسب انرژی حرارتی از گازهای خروجی از راکتور تا 402°C گرم می‌شود. این

گاز با این شرایط یعنی فشار تقریباً $8/45$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و دمای 402°C توانایی انجام

کار دارد. بنابراین به طرف توربین گازی TR 3101 هدایت می‌شود تا ضمن دفع از سیستم، انرژی

قابل توجهی از آن کسب گردد.

گازهای خروجی از این توربین حداکثر 200 ppm گازهای اکسید ازت را شامل می‌شود که

در شرایط نرمال این مقدار به 100 ppm پی.پی.ام کاهش می‌یابد. گازها پس از خروج از توربین از

طریق دودکش S 3101 به اتمسفر فرستاده می‌شوند.

در ورودی توربین گازی یک شیر وجود دارد و نیز یک مسیر کنارگذار و یک شیر کنارگذار نیز

روی این توربین تعبیه شده است. در شرایط راه‌اندازی توربین و واحد مسیر کنارگذار باز است و

شیر مسیر ورودی به توربین بسته است. درون توربین نیز دو عدد شیردستی تعبیه شده است که به

صورت موازی روی مسیر ورودی گاز به پره‌های توربین قرار داده شده است. بسته بودن این شیرها

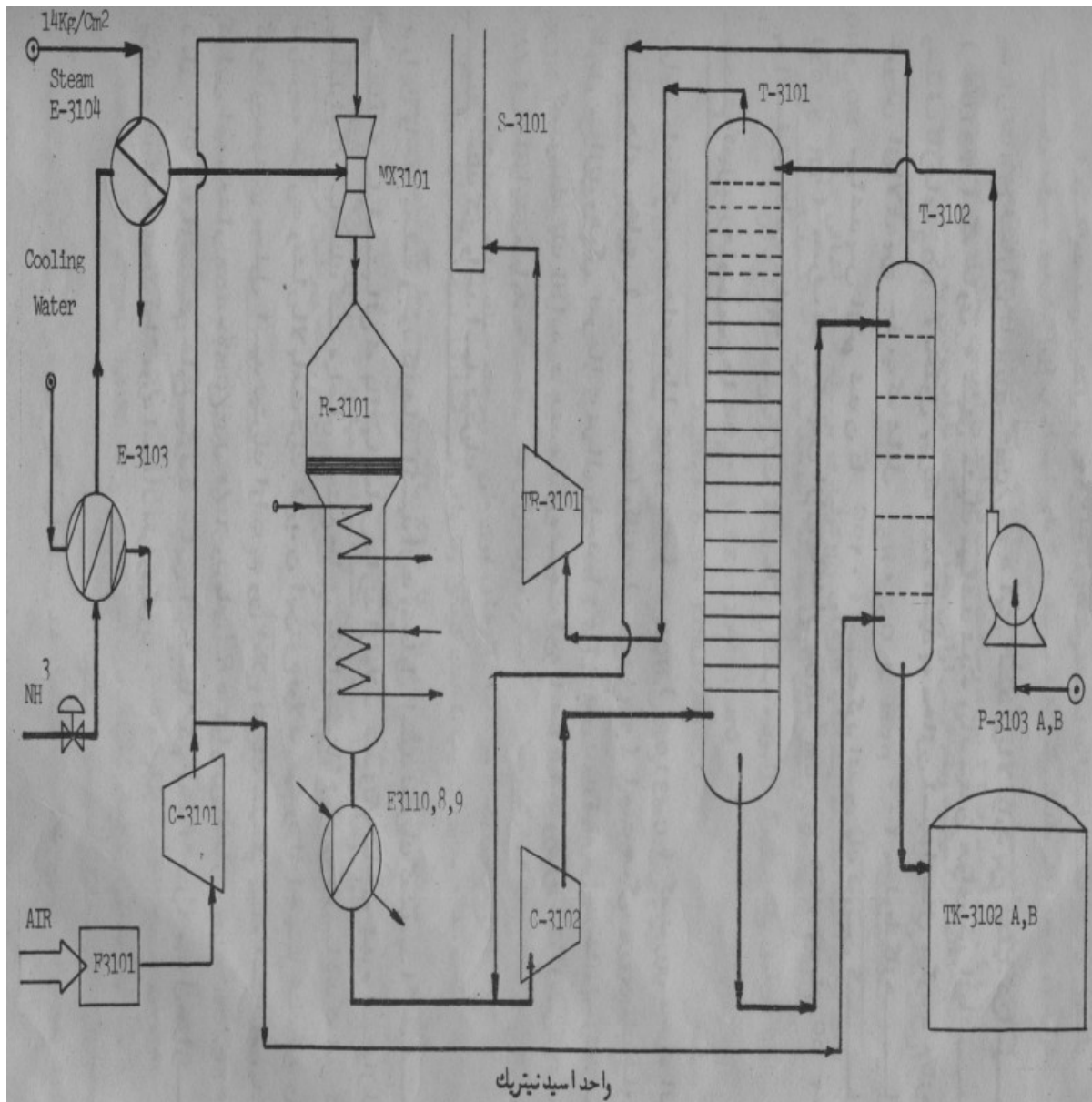
باعث افزایش فشار مسیر Tail Gas و برج جذب می‌شود که با این کار علاوه بر افزایش Load

واحد، سرعت گاز برخورد کننده با پره‌های توربین را افزایش می‌دهد. این شیرها را اصطلاحاً

Loading Valve می‌نامند.

حال که فرآیند تولید اسید نیتریک هرچند خلاصه و کوتاه توضیح داده شد. به بررسی قسمتهای

جانبی واحد می‌پردازیم.



سیستم تولید بخار در واحد اسید نیتريك
مجموعه تولید بخار در واحد اسید نیتريك شامل تجهیزات زیر است:

- مبدل E 3108

درام D 3104 (درام بخار که درام افقی است)

پمپ‌های P 3102

مبدل E 3106

مبدل E 3107

آب B.F.W ارسالی از واحد آب با درجه حرارت 130°C و فشار بیش از ۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع وارد واحد می شود و پس از عبور از یک شیر کنترل، وارد مبدل E 3108 می شود و درجه حرارتش تا 248°C افزایش می یابد و پس از آن وارد درام D 3104 می شود. آب از پایین درام بخار خارج می شود و توسط پمپ P 3102 به درون مبدل E 3107 ارسال می شود. در این مبدل، آب درون کویل‌هایی که مبرون آنها راکتور مستقر شده اند، تبدیل به بخار می شود و به صورت یک جریان دو فازی مجدداً به داخل راکتور بخار باز می گردد. بخار تقریباً خشک از بالای درام بخار خارج می شود و درون کویل‌های E3106 مستقر در راکتور، فوق اشباع می گردد و به طرف Turbo Set (مجموعه توربین‌ها و کمپرسورها) هدایت می شود تا توربین بخار را به چرخش درآورد. در بالای D 3104 در محل خروجی بخار (به سمت E3106) یک شبکه فلزی نصب شده است تا از همراهی قطرات آب با بخار جلوگیری کند.

حفظ ارتفاع آب درون درام بخار اهمیت بسیار زیادی دارد، تا آنجایی که کم شدن بیش از

اندازه آن باعث تریپ واحد می شود. بنابراین یک سیستم خودکار تعبیه شده که همواره سطح آب را

حفظ کند.

اهمیت کار از آنجا ناشی می‌شود که کاهش سطح آب، ممکن است باعث عدم ارسال آب به E3107 شود که علاوه بر سوختن این مبدل، درجه حرارت راکتور را تا حد بسیار زیاد بالا می‌برد، و کل مجموعه از بین می‌رود. در ضمن افزایش سطح آب، امکان حمل آب همراه با بخار را فراهم می‌آورد که باعث اشکال در محل‌های مصرف (توربین بخار) می‌شود و خسارت جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد.

جهت جلوگیری از رسوب مواد تغلیظ شده در آب بویلر (درون درام D 3104) یک جریان Blow Down تعبیه شده است.

در صورتیکه بخار تولیدی دارای دمای بالایی باشد، یک شیر کنترل روی مسیر بخار نصب شده است که جریان بخار را به درون یک کویل مستقر در درام D 3104 باز می‌گرداند تا با گرم کردن آب درون درام بخار درجه حرارت بخار کاهش یابد. حتی اگر پس از این شرایط باز هم درجه حرارت بخار بالا باشد یک شیر کنترل روی یک شاخه از B.F.W قرار گرفته است و درون مبدل E 3126 به داخل جریان بخار آب تزریق می‌کند تا درجه حرارت بخار تولیدی بیش از اندازه نباشد؛ چرا که دمای بالای بخار به پره‌های توربین صدمه می‌زند.

Turbo Set

مجموعه توربین‌ها و کمپرسورهای واحد اسید نیتریک را Turbo Set گویند.

توربین‌های این مجموعه عبارتند از:

۱- توربین بخار که با بخار H.P تولید شده در واحد کار می‌کند.

۲- توربین گازی که با جریان گازهای گرم شده خروجی از برج جذب کار می‌کند.

کمپرسورهای این مجموعه نیز عبارتند از:

۱- کمپرسور هوا که هوای فرآیند (اولیه، ثانویه و ...) را تأمین می‌کند.

۲- کمپرسور مونوکسید نیتروژن که جریان گازهای خروجی از راکتور را به همراه هوا ثانویه

خروجی از برج سفید کننده تحت فشار قرار می‌دهد و به طرف برج جذب می‌فرستد.

توربین بخار، توربین گازی و کمپرسور هوا رو یک شافت مرکزی قرار دارند و دور همگی

آنها با هم برابر است. تعداد دور آنها در شرایط نرمال ۵۳۰۰ rpm یعنی ۵۳۰۰ دور در دقیقه

می‌باشد. اما کمپرسور گازی انرژی خود را از شافت مرکزی پس از عبور از یک Gear Box تأمین

می‌کند. این جعبه دنده، سرعت دوران را برای کمپرسور مونوکسید نیتروژن، ۸/۱ برابر می‌کند.

(۸۰٪ افزایش دور نسبت به کمپرسور هوا). هر کدام از این کمپرسورها و توربین‌های موجود دارای

یک دور بحرانی هستند که در شرایط قرار گرفتن در آن، به شدت به لرزش در می‌آیند به طوری که

در زمان راه‌اندازی باید بدون درنگ از این سرعتها عبور کرد.

راهکارهای استفاده شده جهت کمپرسورها به صورت زیر است:

۱- جهت کمپرسور هوا یک مسیر جداگانه تعبیه شده است که در صورت نزدیک شدن

عملکرد کمپرسور به محدوده سرچ، این مسیر جداگانه جریان هوا را به سمت اتمسفر تخلیه می‌کند.

۲- جهت کمپرسور گازی، مسیر برگشتی داریم که در صورت نزدیک شدن عملکرد این

کمپرسور به محدوده سرچ، شکر تعبیه شده رو مسیر برگشتی باز می‌شود و جریان گاز را از

خروجی کمپرسور به ورودی آن (واقع در بین مبدل های E 3108 و E 3109) باز می‌کند.

در انتهای توربین بخار یک خلاء نسبی ایجاد می‌کنیم. این کار به دو دلیل مهم صورت

می‌گیرد:

الف- خلاء کردن سیستم، راندمان توربین را از نظر استفاد بهینه از انرژی بخار بیشتر

می‌کند؛ چرا که انرژی بیشتری از بخار کسب می‌شود.

ب- در انتهای توربین احتمال حضور قطرات آب کندانس وجود دارد که با انجام عمل خلاء

این احتمال را از بین می‌بریم.

سیستم روغنکاری و کنترل مربوط به Turbo Set

این مجموعه یک سیستم روغنکاری دارد. ضمن اینکه یک سیکل چرخشی روغن نیز تعبیه

شده است که کار آن اعمال انرژی و نیرو جهت کنترل شیرها حساس نصب شده روی

مسیرهاست. این روغن کنترل با روغن روانکاری از یک منبع تأمین می‌شوند اما فشار آن‌ها یکسان

نیست.

پمپ‌های P 3111 که از نوع Screw هستند، فشار لازم جریان روغن روانکاری و روغن

کنترل را تأمین می‌کنند. فشار روغن روانکاری، $7/2$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و فشار روغن کنترل،

$12/5$ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌باشد.

این پمپها روغن را از تانک TK 3103 می‌گیرند و با فشار ۱۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

به سمت کولر روغن E 3122 ارسال می‌کنند که پس از خنک شدن، روغن به دو شاخه تقسیم

می‌شود که یکی روغن روانکاری است و شیر کنترل مربوطه فشارش را تنظیم می‌نماید و دیگری

روغن کنترل است که شیر کنترل مربوطه آن نیز، فشارش را تا حدود ۱۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع تنظیم می‌کند. این روغن ها پس از انجام عملیات کنترل و روانکار مجدداً به درون تانک TK 3103 باز می‌گردند. البته یک پمپ اضطراری P 3112 نیز موجود است که تنها جهت روانکاری استفاده می‌شود.

آب کولینگ مدار بسته یا C.W.L

این آب کیفیتی معادل آب بدون املاح دارد که به دلایل زیر درون واحد چرخش می‌کند.

الف- در جایی این آب نقشی گرم کننده دارد و در جا دیگر نقش سرد کننده که این ویژگی باعث جلوگیری از هدر رفتن انرژی می‌شود.

ب- حضور آب کولینگ مدار باز (C.W) درون برخی مبدل های خاص واحد، احتمال گرفتگی را بالا می‌برد که این به دلیل حضور یون ها و املاح همراه آب کولینگ مدار باز است، که صدمات و خسارات زیادی را وارد می‌کند. حتی یون کلر احتمالی موجود در این آب می‌تواند به دلیل Stainless Steel بودن اغلب مبدل های این واحد، باعث خوردگی نقطه ای این مبدل ها گردد.

ج- در صورت سوراخ شدن یکی از مبدل ها محلول اسیدی به درون آب کولینگ کل کارخانه وارد نشود.

آب C.W.L پس لنی تبادل حرارت در مبدل ها گرم می‌شود و جهت خنک شدن مجدد وارد

۴ مبدل E 16301 A/B/C/D می‌شود و دمای آن به 35°C می‌رسد و پس از آن توسط یکی از

دو پمپ P 16301 A/B به جریان در می‌آید و سیستم را سرویس می‌دهد.