به نام خداوند بخشنده مهربان

رساله کارشناسی ارشد

" شبیه سازی دینامیکی فرآیند جذب سطحی جهت بهبود راندمان جداسازی نیتروژن از هوا در پالایشگاه خانگیران"

استاد راهنما: دکتر اکبر شاهسوند

استاد مشاور: دکتر علی احمدپور

مهندس علی گرمرودی اصیل

شهریور ۱۳۸۹

تعهد نامه

اینجانب **علی گرمرودی اصیل** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، نویسنده پایان نامه: شبیه سازی دینامیکی فرآیند جذب سطحی جهت بهبود راندمان جداسازی نیتروژن از هوا در پالایشگاه خانگیران، تحت راهنمایی آقای **دکتراکبر شاهسوند** متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از این نتایج محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه فردوسی مشهد» و یا «Ferdowsi University of Mashhad» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده است، اصل رازداری و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ ۱۳۸۹/۶/۳۱

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته) متلعق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شده است.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

بسمه تعالی

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی دانشجویان

دانشگاه فردوسی مشهد

عنوان رساله/پایان نامه: شبیه سازی دینامیکی فرآیند جذب سطحی جهت بهبود راندمان واحد تولید نیتروژن پالایشگاه شهید هاشمی نژاد

نام نویسنده: علی گرمرودی اصیل **نام استاد راهنما:** دکتر اکبر شاهسوند

دانشکده : مهندسی	**گروه:** مهندسی شیمی	**رشته تحصیلی:** جداسازی و پدیده های انتقال
تاریخ تصویب:		**تاریخ دفاع: ۸۹/۶ /۲۹**
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد ●	**دکتری** ○	**تعداد صفحات: ۱۸۰**

چکیده

تولید نیتروژن با خلوص بالا به وسیله فرآیند جذب سطحی با نوسانات فشار(Pressure Swing Adsorption) و همراه با جاذب های غربال مولکولی کربن و زئولیت یک فرآیند موفق تجاری است که در بسیاری از صنایع از جمله صنایع نفت و گاز کاربرد فراوان دارد. با توجه به اینکه تولید نیتروژن در پالایشگاه شهید هاشمی نژاد توسط فرآیند جذب سطحی انجام می گیرد، لذا در این پروژه ابتدا به بررسی معادلات جرم و انرژی در بسترهای جذب سطحی پرداخته و سپس به ارائه روش های گوناگون جهت حل معادلات مذکور پرداخته خواهد شد. سه حالت مختلف اختلاف معلوم(Finite Difference)، تعامد تطبیقی (Orthogonal Collocation) و نرم افزار Aspen Adsim جهت حل معادلات فوق الذکر در نظر گرفته شدند. هر یک از روش های حل فوق در دو حالت همدما و غیر همدما و همچنین در سناریوهای گوناگون مورد بررسی قرار گرفتند. در سناریوها عواملی مانند ضریب پراکندگی محوری، مقاومت انتقال جرم، مدل نیرو محرکه خطی و ایزوترم لانگمور مورد لحاظ قرار داده شدند. سپس توزیعات غلظت و دمای بدست آمده با نتایج تجربی مقایسه و بهترین روش حل انتخاب گردید. در نهایت توسط نرم افزار Aspen Adsim که به عنوان مناسب ترین روش حل برای سیستم جداسازی اکسیژن و نیتروژن انتخاب شد، به ارائه راهکارها گوناگون جهت افزایش ظرفیت واحد تولید نیتروژن پالایشگاه شهید هاشمی نژاد اقدام گردید.

کلید واژه: فرآیند جذب، زئولیت، غربال ملکولی کربن، اختلاف معلوم، تعامد تطبیقی، اسپن ادسیم، پالایشگاه خانگیران

امضای استاد راهنما:

تاریخ:۱۳۸۹.۶.۳۱

چکیده

هدف از انجام این پروژه ارائه سناریوهای گوناگون جهت افزایش ظرفیت واحد تولید نیتروژن پالایشگاه شهید هاشمی نژاد می باشد. با توجه به اینکه تولید نیتروژن در این واحد توسط فرآیند جذب سطحی انجام می گیرد، لذا ابتدا به بررسی معادلات جرم و انرژی در بسترهای جذب سطحی پرداخته و سپس به ارائه روش های گوناگون جهت بدست آوردن توزیعات غلظت و دما در آن ها پرداخته شده است. سه حالت مختلف اختلاف معلوم، تعامد تطبیقی و نرم افزار Aspen Adsim جهت حل معادلات مذکور در نظر گرفته شدند. به جهت آن که تشخیص داده شود کدام یک از سه روش فوق به طور دقیق و مناسب قادر به پیش بینی توزیعات دما و غلظت در بستر جذب سطحی هستند، نتایج حاصل از هر کدام با توزیعات دما و غلظت حاصل از آزمایش که از یک منبع علمی معتبر تهیه گردیده بود مقایسه گردید.

به طور کلی این معادلات در دو حالت همدما و غیر همدما مورد بررسی قرار گفتند. در حالت همدما معادلات در هشت سناریوی گوناگون با یکدیگر مورد مقایسه قرار داده شد.

تقریبا در تمامی موارد، جواب های حاصل از هر دو روش اختلاف معلوم و تعامد تطبیقی بسیار به هم نزدیک بودند. در حالات همدما، ماکزیمم غلظت خروجی در دو روش مذکور، ۰/۲ غلظت خوراک بود که با جواب حاصل از آزمایشات تفاوت بسیار داشت. لذا استفاده از روش های فوق الذکر برای پیش بینی پروفایل غلظت سیستم جداسازی نیتروژن از هوا پیشنهاد نمی گردد. نرم افزار Aspen Adsim در حالت همدما و همراه با در نظر گرفتن مقاومت انتقال جرم جواب های مناسبی ارائه نمود که بسیار نزدیک به حالت واقعی بود.

جواب های حاصل از روش های حل اختلاف معلوم و تعامد تطبیقی برای حالت غیر همدما تفاوت قابل ملاحظه ای با نتایج آزمایشگاهی داشتند. زمان رخنه در این دو حالت تقریبا برابر ۱۲۰ ثانیه می باشد که با حالت واقعی و آزمایشگاهی این پارامترکه ۲۲۰ ثانیه است متفاوت خواهد بود.

طبق پروفایل دمای حاصل از آزمایشات، دمای بستر در هنگام اشباع حدود ۳۰۸ درجه کلوین می باشد و حدود ۷۰٪ از کل طول بستر در این دما ثابت باقی می ماند. در میان پروفایل های پیش بینی شده توسط سه روش حل، نرم افزار Aspen Adsim بهترین تطابق را با نتایج آزمایشگاهی فوق الذکر داشت.

با توجه به اینکه که نرم افزار Aspen Adsim مناسب ترین ابزار جهت پیش بینی توزیعات غلظت و دما در بستر می باشد، لذا تمامی سناریوهای افزایش ظرفیت واحد تولید نیتروژن پالایشگاه شهید هاشمی نژاد توسط نرم افزار مذکور صورت پذیرفت.

عناوین

فصل اول: اهمیت و کاربرد نیتروژن در صنایع نفت و گاز ۱

۱-۱) خواص فیزیکی و شیمیایی نیتروژن ۲

۱-۲) کاربرد هـای نیتـروژن ۲

۱-۲-۱) استفاده از نیتروژن برای ساخت فلز ۴

۱-۲-۲) صنایع ساخت و تولید ۴

۱-۲-۳) استفاده در صنایع نفت و گاز ۵

۱-۲-۴) صنایع لاستیک و پلاستیک ۷

۱-۲-۵) غذا و آشامیدنی ۷

۱-۲-۶) مصارف پزشکی ۷

فصل دوم: مروری بر روش های جداسازی نیتروژن از هوا ۸

۲-۱) فرآیندهای سرمایشی (Cryogenic) ۹

۲-۱-۱) فیلتر نمودن و افزایش فشار هوا ۹

۲-۱-۲) حذف آلودگی هایی مانند دی اکسید کربن و آب ۱۰

۲-۱-۳) سرد نمودن هوا تا دمای پایین ۱۱

۲-۱-۴) استفاده از برج تقطیر ۱۱

۲-۱-۵) گرم نمودن محصولات گازی ۱۲

۲-۲) فرآیندهای غیر سرمایشی (Non-Cryogenic) ۱۲

۱-۲-۲) فرآیندهای غشایی ۱۳

۲-۲-۲) فرآیندهای جذب سطحی ۱۳

۱-۲-۲-۲) جداسازی اکسیژن از هوا ۱۴

۲-۲-۲-۲) نحوه انتخاب روش های تولید نیتروژن و اکسیژن ۱۵

۳-۲-۲-۲) مروری اجمالی بر جداسازی اکسیژن از هوا ۱۶

۱-۳-۲-۲-۲) روش LINDE ۱۸

۲-۳-۲-۲-۲) روش جداسازی اکسیژن از هوا به وسیله گرانول ۱۸

فصل سوم: مقدمه ای بر فرآیند جذب سطحی جهت جداسازی ۲۰

۱-۳) تعریف جذب سطحی ۲۰

۲-۳) تعریف جاذب ۲۲

۱-۲-۳) انواع جاذبها ۲۳

۲-۲-۳) اندازه و شکل ذرات جاذب ۲۳

۳-۲-۳) ترکیب شیمیایی جاذب ۲۴

۱-۳-۲-۳) جاذب های غیر آلی ۲۴

۲-۳-۲-۳) جاذبهای آلی ۲۸

۳-۳) انواع ایزوترم ها ۲۹

۴-۳) خواص جاذبها ۳۱

۱-۴-۳) ایزوترم لانگمویر ۳۲

۵-۳) فرآیند های جذب ۳۶

۱-۵-۳) فرآیند batch بستر ثابت دوره ای ۳۶

۲-۵-۳) عملیات PSA ۳۷

۱-۲-۵-۳) فرآیند PSA و انواع آن ۳۹

۳-۲-۵-۳) کاربرد های صنعتی فرآیند PSA ۴۲

۴-۲-۵-۳) فرآیند تخلیص هیدروژن به روش PSA ۴۳

۵-۲-۵-۳) Inert-purge swing ۴۴

۶-۲-۵-۳) Displacement-purge ۴۴

۶-۳) فرایند continuous جریان متقابل یا همسو ۴۵

۱-۶-۳) فرایند slurry در مخازن همزن دار ۴۵

۲-۶-۳) بستر سیال/ بستر متحرک ۴۶

۷-۳) منحنی رخنه و اهمیت آن در فرآیند جذب ۴۶

۸-۳) کاربردهای جذب ۴۷

فصل چهارم: مروری برمدلسازی فرآیند جذب سطحی برای جداسازی نیتروژن از هوا و نحوه حل مدل ۵۰

۱-۴) تاریخچه مدلسازی تئوری فرآیند جذب سطحی به صورت کلی ۵۱

۲-۴) مروری بر کارهای انجام گرفته پیرامون جداسازی نیتروژن از هوا ۵۷

۳-۴) مدل سازی فرآیند جذب سطحی برای جداسازی نیتروژن یا اکسیژن از هوا ۶۰

۱-۳-۴) روش های حل مدل فرآیند جذب سطحی و شرح پروژه ۶۳

۱-۱-۳-۴) حل معادلات به روش عددی اختلاف معلوم (Finite difference) ۶۴

۲-۱-۳-۴) روش حل عددی تعامد تطبیقی (Orthogonal Collocation)..... ۶۵

۳-۱-۳-۴) شبیه سازی فرآیند جذب سطحی با استفاده از نرم افزار Aspen Adsim ۶۶

۴-۴) پارامترهای مورد نیاز برای انجام شبیه سازی ۶۷

۵-۴) شبیه سازی فرآیند جذب سطحی با در نظر گرفتن سناریوهای گوناگون ۷۱

فصل پنجم: بحث و بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی ۷۵

۱-۵) نتایج حاصل از نرم افزار ها و بحث ۷۶

۱-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت اول.....۷۷

۲-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت دوم ۸۱

۳-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت سوم.....۸۴

۴-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت چهارم.....۸۷

۵-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت پنجم ۸۹

۷-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت ششم ۹۲

۶-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت هفتم ۹۴

۸-۱-۵) نتایج بدست آمده برای حالت هشتم ۹۷

۷-۱-۵) بررسی حالت غیر همدما ۱۰۰

۲-۵) نتیجه گیری و کارهای آتی ۱۰۵

فصل ششم: بررسی اجمالی مشکلات واحد تولید نیتروژن پالایشگاه و ارائه سناریوهای گوناگون جهت افزایش ظرفیت واحد ۱۰۸

۶-۱) تاثیر شرایط فرآیندی بر ظرفیت واحد *PSA*.....۱۱۰

۶-۲) بررسی بعضی از مشکلات مربوط به خلوص نیتروژن تولیدی ۱۱۲

۶-۳) شرح اقدامات انجام گرفته ۱۱۴

۶-۳-۱) پارامتر های مورد نیاز جهت نرم افزار Aspen Adsim ۱۱۴

۶-۳-۲) بررسی سناریو های گوناگون جهت افزایش ظرفیت واحد نیتروژن ۱۱۶

۶-۳-۲-۱) افزایش طول بستر جاذب ۱۱۷

۶-۳-۲-۲) کاهش دمای ورودی.....۱۱۸

۶-۳-۲-۳) کاهش فشار ورودی ۱۲۰

۶-۳-۲-۴) کاهش دبی مولی ورودی ۱۲۰

۶-۳-۲-۵) تعویض جاذب ۱۲۱

فصل اول

اهمیت و کاربرد نیتروژن در صنایع نفت و گاز

نیتروژن گاز بی رنگ، بی بو و بدون مزه می باشد که ٪ ۷۸/۰۹ حجمی هوایی که تنفس می کنیم را اشغال کرده است. این گاز اشتعال پذیر نمی باشد و در فرآیند احتراق شرکت نمی کند. گاز نیتروژن به مقدار جزئی سبکتر از هوا می باشد و انحلال پذیری کمی در آب دارد. این گاز معمولا به عنوان گاز خنثی و بی اثر (inert) استفاده می گردد. ولی در حقیقت inert نمی باشد. این گازدر واکنش با اکسیژن دی اکسید نیتروژن و اکسید نیتریک، با هیدروژن آمونیاک و با گوگرد سولفید نیتروژن را تشکیل می دهد.

ترکیبات نیتروژن دار معمولا در خلال فرآیند های بیولوژیکی و در دماهای بالا و یا دمای متوسط همراه با کاتالیست تشکیل می گردند. وجود نیتروژن برای فرآیند های بیولوژیکی ضروری است همچنین از آن به عنوان کود در قالب های آمونیاک و یا ترکیبات با پایه آمونیاکی استفاده می شود. ترکیب نیتروژن با هالوژن و ترکیبات آلی به خصوصی باعث ایجاد مواد انفجاری می شود. نیترژن در دمای جوش خود یعنی ۱۹۵/۸- درجه سانتی گراد(یا ۳۲۰/۴- درجه فارنهایت) به یک مایع بدون رنگ میعان می یابد که این مایع مقداری سبکتر از آب است[۱].

نیتروژن کاربرد های فراوانی در صنایع گوناگون دارد. از این جمله می توان صنایع زیر را نام برد: صنایع شیمیایی، صنایع دارویی، فرآیند های پتروشیمی، صنعت گاز، تولید شیشه و سرامیک، تولید و فرآورش فلزات، تولید استیل، تولید پالپ و کاغذ و صنایع بهداشتی.

نیتروژن به دو صورت گاز و مایع در حجم زیاد توسط تقطیر سرمایشی تولید می گردد. همچنین مقادیر کمتر آن توسط فرآیند جذب سطحی با نوسانات فشار (*PSA*) و یا فرآیند جداسازی نفوذی[1] (تراوش از داخل فیبر های تو خالی) توسط غشاءها تولید می شود[۱].

فرآیند سرد سازی قادر است نیتروژن را با خلوص بالا تولید نماید درحالیکه فرآیند جذب سطحی و غشاء مقادیر کمتر نیتروژن را از لحاظ حجمی و نیز خلوص ایجاد می نماید. از نیتروژن در حالت گازی به عنوان inertness استفاده می کنند.که این امر بدین معنی است که این گاز به صورت سپر از ایجاد مکش و انفجار مواد مشتعل کننده با اکسیژن جلوگیری می کند. از نیتروژن مایع علاوه بر کاربرد فوق، به عنوان یک ماده و محیط سرد استفاده می کنند. نیتروژن مایع هنگامی که گرم و منفجر می گردد، مقدار زیادی گرما جذب می نماید. به همین جهت از نیتروژن مایع برای انجماد غذاها استفاده می شود. در قسمت های آتی به بیان کاربرد های گوناگون نینروژن می پردازیم.

۱-۱) خواص فیزیکی و شیمیایی نیتروژن

جداول(۱-۱) و (۲-۱) بیانگر تعدادی از خواص فیزیکی و شیمایی نیتروژن در دو سیستم ابعادی گوناگون و به ترتیب انگلیسی و SI می باشد[۱].

۲-۱) کاربرد های نیتروژن:

در این قسمت به بیان مصارف گوناگون نیتروژن در صنایع مختلف می پردازیم. بی اثر و خنثی بودن نیتروژن باعث می شود که از این گاز به عنوان پوشش (Blanketing Gas) استفاده شود. از این گاز به عنوان پوشش برای جلوگیری از تماس هوا با مایعات و جامداتی که خاصیت اشتعال پذیری دارند، استفاده می گردد.

[1] Diffusion Sepration

جدول۱-۱) خواص فیزیکی و شیمیایی نیتروژن در سیستم انگلیسی

خواص فیزیکی گاز در $32^\circ F$ و $1\ atm$		دمای جوش نرمال($1\ atm$)		واحد انگلیسی		
دانسیته	گرمای ویژه	گرمای نهان تبخیر	دما	وزن ملکولی	نشانه شیمیایی	ماده
lb/ft^3	$Btu/lb.^\circ F$	Btu/lb	$^\circ F$	$gr/grmole$	–	–
۰/۰۷۸	۰/۲۴۹	۸۵/۶	-۳۲۰/۴	۲۸/۰۱.	N_2	نیتروژن
خواص نقطه سه گانه		خواص مایع (دمای جوش نرمال)		خواص بحرانی		
فشار	دما	گرانروی مخصوص	گرمای ویژه	دانسیته	فشار	دما
Psi	$^\circ F$	$Water=1$	$Btu/lb.^\circ F$	lb/ft^3	Psi	$^\circ F$
۱/۸۱	-۳۴۶	۰/۸۰۸	۰/۴۸۷۷	۱۹/۶.	۴۹۳	-۲۳۲/۴

جدول۲-۱) خواص فیزیکی و شیمیایی نیتروژن در سیستم SI

خواص فیزیکی گاز در $32^\circ F$ و $1\ atm$		دمای جوش نرمال($1\ atm$)		واحد انگلیسی		
دانسیته	گرمای ویژه	گرمای نهان تبخیر	دما	وزن ملکولی	نشانه شیمیایی	ماده
kg/m^3	$Kj/Kg.^\circ C$	Kj/Kg	$^\circ C$	$gr/grmole$	–	–
۱/۰۲۵	۱/۰۴	۱۹۹/۱	-۱۹۵/۸	۲۸/۰۱.	N_2	نیتروژن
خواص نقطه سه گانه		خواص مایع (دمای جوش نرمال)		خواص بحرانی		
فشار	دما	گرانروی مخصوص	گرمای ویژه	دانسیته	فشار	دما
kPa	$^\circ C$	$Water=1$	$Kj/Kg.^\circ C$	Kg/m^3	kPa	$^\circ C$
۱۲/۵	-۲۱۰	۰/۸۰۸	۲/۰۴۲	۳۱۴/۹.	۳۳۹۹	-۱۴۶/۹

بعضی از مواد شیمیایی خاص، سطوح جامد و محصولات غذایی در مقابل اکسیژن هوا و رطوبت تجزیه می شوند، بدین جهت از تماس هوا جلوگیری به عمل می آید و آنها را در محیط گاز نیتروژن قرار می دهند. بعضی از پساب های صنعتی شامل ترکیبات آلی فرار (VOC) می باشند که نباید به محیط زیست وارد شوند. در بعضی صنایع نیتروژن را به داخل این پساب ها به صورت حباب می فرستند که این امر باعث حذف VOC از پساب های مذکور می گردد.

یکی از کاربرد های نیتروژن که به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد (Cryogenic Grinding) می باشد. همان طور که می دانیم بعضی از مواد به خصوص از لحاظ فیزیکی بسیار سخت و محکم می باشند و خرد کردن آن به قطعات ریزتر به راحتی امکان پذیر نمی باشد. به همین جهت این مواد را در محیط نیتروژن مایع قرار می دهند که به دلیل سرد بودن این محیط باعث ترد شدن آن ها می گردد و در نتیجه خرد کردن آن آسان تر می گردد. از این روش در صنایع داروسازی، پلاستیک و رنگ و خرد کردن لاستیک در واحد های بازیافت مورد استفاده قرار می گیرد[۱].

۱-۲-۱) استفاده از نیتروژن برای ساخت فلز

با سرد سازی توسط نیتروژن مایع می توان flash و Fin را از فلز ریخته گری شده جدا نمود که این امر در واقع باعث ترد شدن آن ها می شود و توسط عملیات مکانیکی به سهولت می توان آن را جدا نمود. همچنین به عنوان گاز سپر برای فرآورش حرارتی آهن، استیل و سایر فلزات مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۲-۱) صنایع ساخت و تولید

این روز ها قالب سازی انقباضی (Shrink fitting) طرفدار بیشتری نسبت به قالب سازی انبساطی دارد(Expansion fitting). در این روش به جای گرم نمودن سطح خارجی فلز، قسمت

داخلی آن را توسط نیتروژن مایع سرد می کنند تا قطعه فلز به اصطلاح آب برود (کاهش حجم پیدا کند) سپس آن را در مکان مورد نظر قرار می دهند. هنگامی که فلز به دمای معمول خود بازگردد به سایز اولیه خود افزایش حجم می دهد و به طور محکم و کاملا دقیق در مکان مورد نظر قرار می گیرد. از نیتروژن مایع برای سرد سازی بتن استفاده می گردد که این امر باعث بهبود خواص مکانیکی بتن می گردد[۱].

۳-۲-۱) استفاده در صنایع نفت و گاز

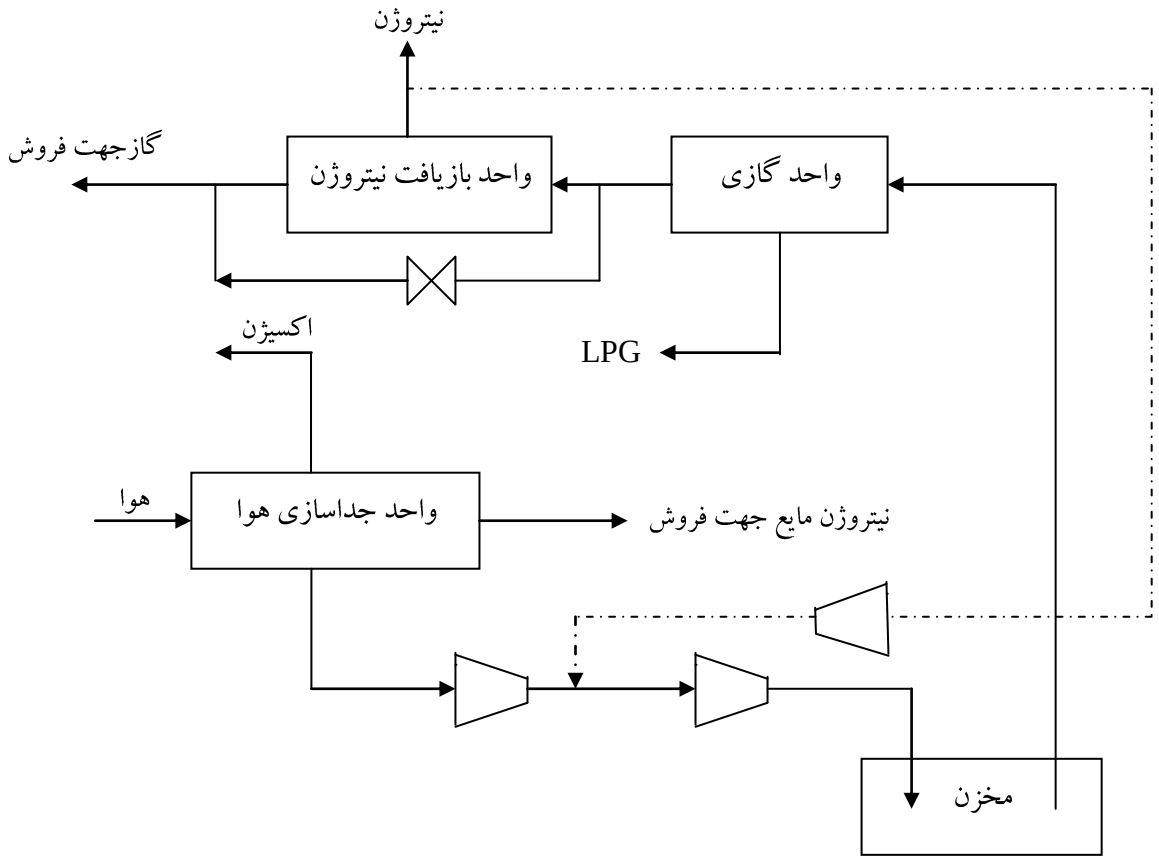
پالایشگاه ها، صنایع نفتی و تانکر های دریایی از نیتروژن برای زدایش(Purge) تجهیزات، تانکرها و خطوط لوله از گازها و بخارات خطرناک (به طور مثال بعد از اتمام فرآیند تولید[۲] و یا تکمیل عملیات خطوط لوله) جهت جلوگیری از انفجار استفاده می کنند. از گاز نیتروژن سرد برای کاهش دمای رآکتورهایی که از کاتالیست پر شده اند نیز استفاده می کنند. سرد نمودن راکتور باعث جلوگیری از انجام واکنش های جانبی در فرآیند های پیچیده در صنایع دارویی می شود. از مزیت های نیتروژن مایع این است که باعث کاهش سریع دما می گردد و به آسانی دمای مورد نیاز برای انجام واکنش را تامین می نماید[۱].

از نیتروژن مایع در حین تکمیل چاه[۳] برای ایجاد شکاف در سنگ مخزن سازند حاوی گاز طبیعی به ویژه در سازندهای گازی متراکم (نسبتا نفوذ ناپذیر) استفاده می گردد. نمونه هایی از این گونه سازندها عبارت از سنگ مخزن هایی از جنس Shale یا مخزن ذغال سنگی حاوی متان می باشند که استفاده از فشار آب برای شکاف دار کردن آن ها مناسب نیست. از نیتروژن برای نگهداری فشار مخازن نفت و گاز استفاده می گردد که در شکل (۱-۱) این امر نشان داده شده است. بر خلاف در اکسید

[2] Shut Down
[3] Well Completion

کربن (که همانند نیتروژن برای افزایش فشار مورد استفاده قرار می گیرد)، نیتروژن تمایل کمی برای هیدروکربن های مایع دارد، لذا در مخازن build up می شود و در gas cup باقی می ماند.

نیتروژن به عنوان گاز خنثی برای بیرون راندن مایعات از داخل خطوط لوله و تمیز نمودن آن ها نیز کاربرد دارد. همچنین در صورتی که بخواهند از یک خط لوله که قبلا برای انتقال یک ماده دیگر استفاده می شده است برای انتقال یک ماده جدید استفاده کنند، توپک (Pig) را داخل لوله قرار داده و در پشت آن فشار گاز نیتروژن قرار می دهند. بدین ترتیب مواد قبلی از داخل لوله زدایش شده و لوله تمیز برای انتقال مواد جدید آماده می باشد[۱،۲].



شکل ۱-۱) تزریق نیتروژن به مخازن نفت و گاز جهت ازدیاد برداشت

۴-۲-۱) صنایع لاستیک و پلاستیک

مواد هنگامی که به دماهای بسیار پایین سرد می گردند محکم و شکننده می شوند. این خاصیت باعث جداسازی (flash) و (fins) از پلاستیک و لاستیک قالب گیری می شود. پلاستیک و لاستیک قالب گیری شده توسط نیتروژن مایع سرد می گردند که باعث جداسازی مواد از یکدیگر و جدایی مواد مذکور توسط عمل مکانیکی می شود[۱].

۵-۲-۱) غذا و آشامیدنی

سرمای شدیدی که در نیتروژن مایع وجود دارد اجازه می دهد که مواد غذایی به سرعت سرد گردند که این امر باعث کمترین تاثیر تخریب در سلول های مواد غذایی (که بواسطه وجود کریستال هاای یخ ایجاد می شوند) می شود. علاوه بر مورد فوق سرمای موجود در نیتروژن مایع باعث عدم تغییر رنگ، بافت و ظاهر مواد می گردد[۱]. همچنین برای نگه داری روغن های گیاهی وشراب از نیتروژن جهت عدم واکنش با هوا استفاده می کنند. نیتروژن (همراه با دی اکسید کربن) در کامیون های نقلیه مواد غذایی نیز کاربرد دارد.

۶-۲-۱) مصارف پزشکی

نیتروژن به عنوان یک گاز محافظ در بسته بندی بعضی از مواد دارویی جهت جلوگیری از فساد و تجزیه توسط هوا و نیز عدم جذب رطوبت استفاده می گردد. از کاربرد های دیگر آن می توان به انجماد خون و ویرو وس ها جهت واکسیناسیون اشاره نمود که به واسطه سرد شدن سریع توسط نیتروژن مایع کمترین میزان صدمه به سلول ها وارد می شود. همچنین در عمل های جراحی موسوم به Cryo- Surgery از نیتروژن مایع جهت تخریب بافت بیمار استفاده می کنند.

فصل دوم

مروری بر روش های جداسازی نیتروژن از هوا

همان طور که می دانیم هوا مخلوطی از گازهای مختلف است. عمده گازهای موجود در هوا، اکسیژن و نیتروژن می باشند، لذا از هوا می توان به عنوان یک ماده خام همواره در دسترس و تقریبا مجانی برای تولید اکسیژن و نیتروژن بهره جست. جدول (۱-۲) نشان دهنده نمونه ای از ترکیب درصد گازهای مختلف موجود در هوای خشک می باشد[۱].

جدول۱-۲) ترکیب درصد گازهای مختلف موجود در هوا

نشانه شیمیایی	درصد حجمی[×]	جرم مولکولی	درصد وزنی	نوع گاز
N_2	۷۸/۰۸	۲۸	۷۵/۴۷	نیتروژن
O_2	۲۰/۹۵	۳۲	۲۳/۲۰	اکسیژن
Ar	۰/۹۳	۴۰	۱/۲۸	آرگون
CO_2	۰/۰۳۸	۴۴	۰/۰۵۹	دی اکسید کربن
Ne	۰/۰۰۱۸	۲۰	۰/۰۰۱۲	نئون
He	۰/۰۰۰۵	۴	۰/۰۰۰۰۷	هلیوم
Kr	۰/۰۰۰۱	۸۳	۰/۰۰۰۳	کریپتون
H_2	۰/۰۰۰۰۵	۲	قابل صرفنظر	هیدروژن
Xe	$۸/۷\times۱۰^{-۶}$	۱۳۱	۰/۰۰۰۰۴	زنون

[×] معمولا برابر درصد مولی می باشد.

روش های مختلفی برای جداسازی اکسیژن و نیتروژن در دنیا وجود دارند که بر اساس اینکه هرکدام از چه شیوه ای برای جداسازی این مواد استفاده می کنند، دسته بندی می شوند.

دسته اول مربوط به استفاده از فرآیند تقطیر می باشد که بر مبنای اختلاف فراریت اجزاء و یا اختلاف در دمای جوش آن ها می باشد. به این گروه از روش های جداسازی، Cryogenic Distillation اتلاق می شود. دسته دیگر مواد موجود در هوا را برا اساس اختلاف در جرم مولکولی، اختلاف در اندازه و پارامترهای دیگر جدا می کنند که این دسته شامل فرآیندهای جذب سطحی و غشایی می باشد.

۱-۲) فرآیندهای سرمایشی (Cryogenic)

تمامی واحدهای جداسازی هوا که بر مبنای سرمایش می باشند، از یک سری فرآیند های مشابه تشکیل شده اند. بعضی از تفاوت ها در فلوشیت های مختلف ناشی از پاره ای عوامل مانند خلوص محصول مورد نیاز و یا مخلوط بودن محصولات و یا جدا بودن آن ها می باشد. در اینگونه فرآیندها جداسازی براساس اختلاف نقطه جوش اجزاء مختلف موجود در هوا استوار است. فرآیند مذکور به صورت تجاری از اوایل قرن بیستم میلادی جهت تولید اکسیژن و نیتروژن مورد استفاده قرار گرفت. مطابق شکل (۱-۲)، این پروسه از بخش های مختلفی تشکیل شده است که به اختصار مورد بررسی قرار می گیرد[۳].

۱-۱-۲) فیلتر نمودن و افزایش فشار هوا:

اولین مرحله در واحدهای جداسازی هوا فیلترینگ و فشرده نمودن آن (به طور معمول تا فشار ۹۰Psig) می باشد. هوای فشرده شده با عبور از داخل کولرهای هوایی و یا مبدل ها تا دمای محیط سرد می شود. با گذر دادن هوا از کمپرسور طی چندین مرحله و سرد نمودن آن تا حدود زیادی آب موجود در خود را از دست می دهد.