بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد شاهرود

پایاننامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد M.S.C
رشته: مهندسی شیمی
گرایش: جداسازی

عنوان:

جداسازی میعانات گازی به روش بازیافت انرژی با هدف کاهش یوتیلیتی و بازگشت سرمایه

استاد راهنما:

دکتر صاحبعلی منافی

استاد مشاور:

دکتر علی اصغر روحانی

نگارش:

مجید کشاورزی زامله

تابستان 1393

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Shahrood Branch
Faculty of Science- Department of Chemical Engineering
«M.Sc» Thesis
On: Separation Processes

Subject:

Modification of Gas Condensate By Energy Recycling Manner With Goal Utility Reducing and Capital Recycling

Thesis Advisor:
Saheb Ali Manafi Ph.D.

Consulting Advisor:
Ali Asghar Rohani Ph.D.

By:
Majid Keshavarzi zameleh

Summer 2014

فهرست

فصل اول: مفاهیم اولیه 2
1-1. نرم افزار بهینه سازی 3
1-2-1. تحلیل تکنولوژی پینچ 4
1-3-1. ساختار نمودار ترکیبی 7
2-1. مقدمه ای بر انتگراسیون انرژی 8
3-1. مزایای انتگراسیون 9
5-1. مفاهیم اولیه در انتگراسیون 12
6-1. روش شناسائی انتگراسیون 13

فصل دوم : مروری بر مقالات 15
1-2. بررسي بهبود كيفيت و راندمان مصرف انرژي در انتگراسيون حرارتي برج هاي تقطير 16
2-2. انتگراسیون فرآیند تولید دی اتیل اتر به روش تحلیل انرژی 23
3-2. بهینه سازی انرژی واحد GTP پالایشگاه ایلام با استفاده از نرم افزار HYSYS 24
4-2. بازیافت توان الکتریکی به میزان 3/8 مگا وات برای واحد 103 میدان گازی پارس جنوبی با استفاده از انتگراسیون انرژی 25
5-2. مروري بر مقالات غير فارسی 26

فصل سوم: فرآیند و شبیه سازی 29
1-3. تقطیر 30
2-3. واحد تثبیت گچساران 33
3-3. مسئله تحقیق 50

فصل چهارم: بازیافت انرژی 51
1-4. آنالیز انرژی 52
2-4. ارائه سناریو 58

فصل پنجم: برآورد اقتصادی پروژه 60
1-5. محاسبه هزینه سرمایه گذاری 61
2-5. محاسبه سود کلی 61
3-5. نرخ بازگشت سرمایه 62

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات 63
پیوست 66
منابع 85

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول 3-1. مقایسه نتایج بدست آمده از طراحی برج با نرم افزار با مقادیر مندرج در PFD واحد پایدار سازی	48
جدول4-1. مقایسه شرایط برج T-13301	56
جدول4-2. میزان انرژی مورد نیاز مبدل های گرمائی واحد	58

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل1-1 نمودار مرکب تحلیل پینچ	5
شکل1-2 شکل مربوط به نمودار مرکب تحلیل پینچ	5
شکل2-1. نماي كلي يك برج تقطير متداول	17
شکل 2-2. ساختار انتگراسيون حرارتي داخلي برجهاي تقطير	18
شکل2-3. ساختار ورودي -خروجي مدل برج تقطير	21
شکل3-1.شماتیک برج تقطیر (حالت پیوسته)	31
شکل3-2. شماتیک بخش بالایی برج تقطیر	32
شکل 3-3. ترکیب میعانات تثبیت نشده	33
شکل 3-4. ترکیب جریان ورودی به برج پایدارسازی	34
شکل3-5. ترکیب بخار بالاسری برج پایدارسازی(ترکیبات سبک	35
شکل3-6. ترکیب مایع خروجی از پایین برج(ترکیبات سنگین)	35
شکل 3-7. شماتیک واحد پایدار سازی NGL 1300 گچساران	37
شکل 3-8. نمودار دما در برج پایدارسازی	39
شکل 3-9. نمودار تغییرات غلظت هیدروژن سولفید (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	39
شکل 3-10. نمودار تغییرات غلظت CO2 (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	40
شکل 3-11. نمودار تغییرات غلظت متان (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	40
شکل 3-12. نمودار تغییرات غلظت اتان (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	41
شکل 3-13. نمودار تغییرات غلظت پروپان (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	41
شکل 3-14. نمودار تغییرات غلظت متیل مرکاپتان (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	42
شکل 3-15. نمودار تغییرات غلظت اتیل مرکاپتان (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	42
شکل 3-16. نمودار تغییرات غلظت دی متیل سولفید (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	43
شکل 3-17. نمودار تغییرات غلظت COS (ترکیب سبک) بر روی سینی های برج	43
شکل 3-18. نمودار تغییرات غلظت ایزوپنتان (ترکیب سنگین) بر روی سینی های برج	44
شکل 3-19. نمودار تغییرات غلظت نرمال پنتان (ترکیب سنگین) بر روی سینی های برج	45
شکل 3-20. نمودار تغییرات غلظت نرمال هگزان (ترکیب سنگین) بر روی سینی های برج	45
شکل 3-21. نمودار تغییرات غلظت C_7+ (ترکیب سنگین) بر روی سینی های برج	46
شکل3-22. نمودار نقطه جوش محصول Condensate	47
شکل 3-23. شماتیک شبیه سازی برج پایدارسازی در محیط نرم افزار Aspen Hysys	49
شکل4-1. شماتیک شبیه سازی واحد تثبیت	53
شکل4-2. تبادل خوراک با جریان8	53
شکل4-3. بخش پروفایل برج	54
شکل4-4. شبیه سازی سناریو دوم	55
شکل4-5. نمودار دما در برج T-13301 (فرایند فعلی)	57
شکل4-6. نمودار دما در برج T-13301 (استفاده از ریبویلر جانبی)	57
شکل 5-1 . هزینه های Side Reboiler که با استفاده از نرم افزار Aspen HTFS محاسبه شده	61

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می بینم که از زحمات بی دریغ استاد عزیزم جناب آقای دکتر صاحبعلی منافی و جناب آقای دکتر علی اصغر روحانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نمودند صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم. همچنین جا دارد که از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود قدردانی نمایم.

تقدیم به

زیباترین واژه های هستی
پدر
و
مادر

چکیده

فرآیندهای جداسازی بزرگترین مصرف کننده های انرژی در کارخانه های صنعتی اند، لذا صرفه جوئی انرژی در این فرآیندها، مصرف انرژی کلی در صنعت را کاهش خواهد داد . در این نوشتار استفاده از ریبویلر جانبی در برج های تقطیر با هدف بهینه سازی مصرف انرژی بررسی شده است. بعنوان مطالعه موردی برج تثبیت میعانات گازی 1300NGL گچساران کشورمان انتخاب شده است. در این برج تبادلگرهای گرمائی شامل دو کولر هوائی و یک ریبویلر می باشند. توان الکتریکی مصرفی در کولرهای هوائی جمعا 537 KW و میزان مصرف بخار در ریبویلر روزانه 44 تن می باشد. ابتدا به منظور بدست آوردن اطلاعات حرارتی، برج تقطیر در نرم افزار HYSYS شبیه سازی گردید. نتایج شبیه سازی نشان داد که جریان محصول پائین برج دارای 27390000 kj/h انرژی می باشد که این منبع انرژی در حال حاضر در کولر هوائی به هدر می رود. در این نوشتار جهت استفاده از انرژی جریان محصول پائین برج، بکارگیری ریبویلر جانبی پیشنهاد شده است. در این ریبویلر جانبی که یک مبدل گرمائی پوسته-لوله می باشد، با استفاده از تبادل گرما میان جریان محصول تحتانی (جریان گرم) و یک جریان جانبی که از سینی 18 ام گرفته می شود (جریان سرد)، دمای داخلی برج را افزایش داده که از این طریق در مصرف بخار در ریبویلر اصلی برج صرفه جوئی می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که در صورت استفاده از ریبویلر جانبی، مصرف بخار در ریبویلر اصلی برج به میزان 50 درصد کاهش خواهد یافت. از طرفی به دلیل این تبادل گرما، دمای محصول تحتانی بدون استفاده از کولر هوائی تا 67 درجه سانتیگراد کاهش می یابد که می توان کاهش مصرف برق تا 337 KW را شاهد بود. مزایای روش ارائه شده در این تحقیق را می توان،کاهش مصرف بخار، کاهش مصرف برق، کاهش 50 درصدی کولر های هوائی، دارا بودن حداقل هزینه سرمایه گذاری و بطور کلی کاهش قابل توجه هزینه های عملیاتی نام برد.

کلمات کلیدي: بازیافت اتلاف حرارتی، برج تقطیر، مبدل گرمائی، ریبویلر جانبی

فصل اول

مفاهیم اولیه

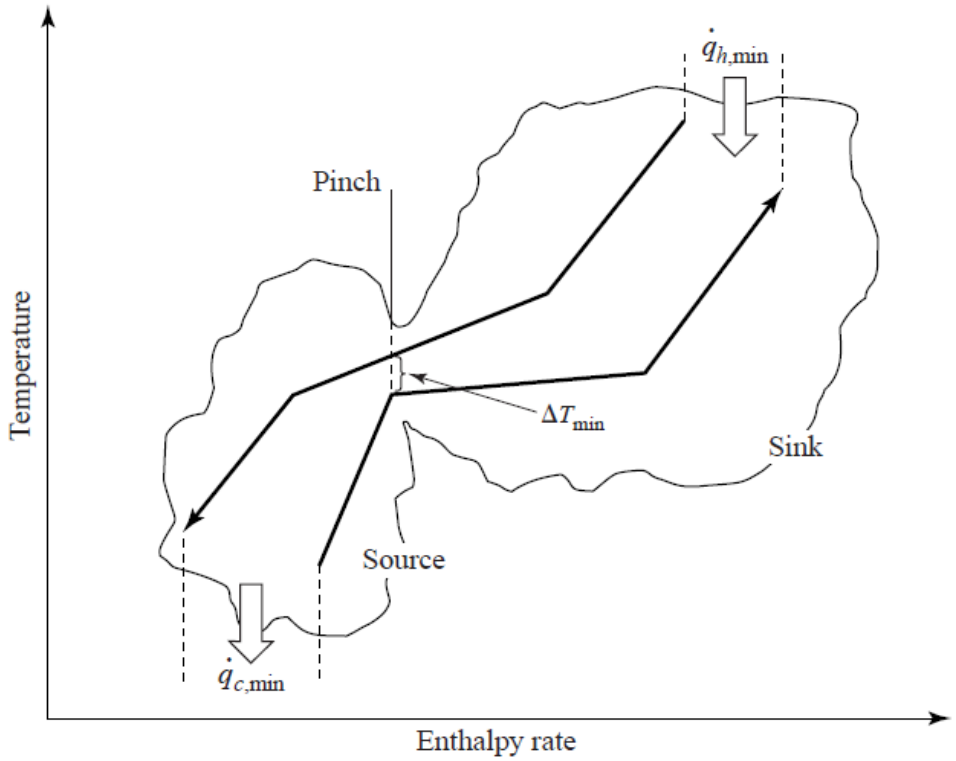
1-1 نرم افزار بهینه سازی

1-1-1تجزیه و تحلیل تکنولوژی پینچ

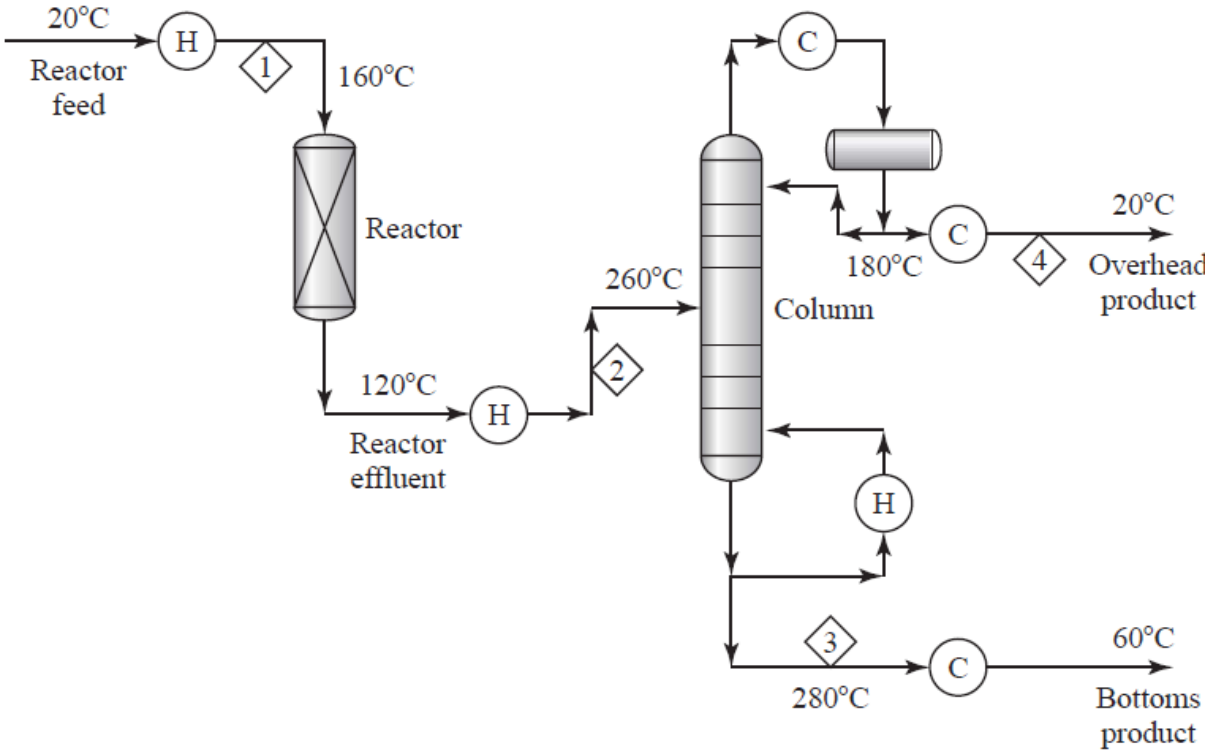
مفهوم تکنولوژی پینچ براساس اصول ترمودینامیک می باشد، این تکنولوژی روشی سیستماتیک برای بهینه سازی انتگراسیون انرژی در یک فرایند ارائه می دهد. پیشرفتهای مرتبط با این تکنیک در فرایند، در نتیجه استفاده از عملیات واحد پیشرفته نیست بلکه در اثر ایجاد طرح انتگراسیون حرارتی می باشد. یکی از مزایای مهم تکنولوژی پینچ نسبت به روشهای طراحی معمولی توانایی تنظیم هدف انرژی برای طراحی است. هدف انرژی، حداقل انرژی نظری درخواستی برای کل فرایند می باشد. هدف اصلی این فن آوری مطابقت جریان های گرم و سرد فرایند با شبکه ای از مبدل ها بوده به گونه ای که درخواست برای تأسیسات انرژی به حداقل برسد. تکنولوژی پینچ یک اختلاف درجه ایجاد کرده، به نحوی که دمای منطقه عملیاتی مشاهده شده در فرایند را به دو منطقه دمایی جدا می کند.
هنگامی که تکنولوژی پینچ بکار گرفته شود، گرما از منابع بیرونی باید تنها در دمای بالای پینچ برای فرایند فراهم شودو تنها با سرد کردن تجهیزات در دمایی زیر دمای پینچ از بین رود. چنین روشی، بازیافت گرما در فرایند را با ایجاد شبکه تبادل گرمایی بر اساس اصول تجزیه و تحلیل پینچ به حداکثر خواهد رساند.بهترین طرح برای یک شبکه مبدل حرارتی با انرژی کارآمد در نتیجه تبادل بین انرژی بازیافتی و هزینه های سرمایه گذاری در این بازیابی انرژی خواهد بود. موفقیت در فن آوری پینچ باعث شکل گیری ایده های جامع تر یکپارچه سازی فرایند در فرایندهای شیمیایی که کارامدی هر دو گزینه جرم و انرژی بررسی شده است، می شود. گرچه انتگراسیون فرایند یک تکنولوژی نسبتا جدید بوده، اهمیت آن در طراحی فرایند باعث ادامه رشد آن به عنوان فرایندهای پیچیده تر شده است.همانطور که در بالا ذکر شد، یک مفهوم از تجزیه و تحلیل پینچ، تنظیم اهداف انرژی قبل از طراحی شبکه مبدل حرارتی می باشد. این اهداف می توانند درواقع بدون تکمیل طراحی برای شبکه مبدل حرارتی تنظیم گردند. اهداف انرژی نیز می توانند برای تأسیسات حرارتی در سطوح مختلف دما مانند یخچال و سطوح تأمین گرمای بخار تنظیم شوند. تجزیه و تحلیل پینچ، قوانین ترمودینامیکی را برای حصول اطمینان از اینکه اهداف انرژی درطول طراحی شبکه مبدل حرارتی بدست آمده است، فراهم می آورد[5].

1-2-1 تحلیل تکنولوژی پینچ

نقطه آغازین برای تجزیه و تحلیل تکنولوژی پینچ در فرایند، شناسایی تمامی جریان های فرایند که نیاز به گرم و سرد شدن دارند، می باشد. یعنی شناسایی جریآن ها، سرعت جریان و ویژگیهای حرارتی، تغییرات فاز و دامنه دما که از طریق آن ها باید گرم و سرد شوند، می باشد. این امر می تواند پس از اینکه تعادل جرم انجام شده و دما و فشار برای جریان های فرایند تثبیت شدند، انجام پذیرد.
مقدار انرژی مصرفی می تواند به راحتی با استفاده از یک برنامه شبیه سازی شده یا با محاسبات سنتی ترمودینامیکی محاسبه شود. ممکن است برخی از خدمات گرمایی در تحلیل شبکه گنجانده نشود، چراکه بطور مستقل از انتگراسیون انجام می پذیرد. به عنوان مثال، گرمایش ریبویلر برج تقطیر و سرمایش کندانسور ممکن است به صورت مستقل از سایر خدمات گرمایی انجام پذیرد. گرچه چنین خدمات مستقلی همیشه باید برای قرارگرفتن درشبکه در نظر گرفته شود. تمامی جریان های فرایند که گرم می شوند، دمای آن ها و میزان تغییرات آنتالپی متناسب با تغییرات دمای مربوط از تغییرات فاز، جدولبندی می شوند. میزان تغییرات آنتالپی برای هر جریان از $\Delta H = \dot{m}Cp\Delta T = CP\Delta T$ بدست می آید که در آن ΔH میزان تغییرات آنتالپی؛ m سرعت جریان توده؛ cp ظرفیت گرمایی؛ΔT تغییرات درجه حرارت جریان و cp میزان ظرفیت گرمایی تعیین شده به عنوان محصول mcp . سپس میزان تغییرات آنتالپی به هر فاصله دمایی که شامل یک یا چند جریان گرم شده می باشد، اضافه می شود.
مقادیر به دست آمده باعث اجازه وضع دما درمقابل میزان آنتالپی برای ارائه یک منحنی مرکب از تمام جریان های مورد نیاز یک منبع گرما می شود. اطلاعات و رویکردهای مشابه برای ارائه یک منحنی مرکب از جریان های سرد شده نیز استفاده می شود. نمودار حاصل که در شکل 1-1 نشان داده شده است، بعنوان یک نمودار مرکب برای مشکل انتگراسیون حرارتی طراحی شده است. مراحل واقعی آماده سازی چنین نموداری در شکل 1-2 نشان داده شده است[4].



شکل1-1 نمودار مرکب تحلیل پینچ



شکل1-2 شکل مربوط به نمودار مرکب تحلیل پینچ

باید مشخص شود هنگامی که هردما بر روی محور عمودی مقداری ثابت می باشد، میزان تغییرات آنتالپی نیز مقادیری نسبی می باشد. تغییرات آنتالپی نسبت به آنتالپی های مطلق از طریق روشهای

ترمودینامیکی محاسبه می شود. از اینرو محل افقی یک خط ترکیبی برروی نمودار به طور قراردادی ثابت می باشد. به منظور تجزیه و تحلیل تکنولوژی پینچ، منحنی مرکب جریان های سرد درهر دمایی در سمت چپ منحنی های مرکب جریان های گرم قرار می گیرد. تثبیت محل منحنی های مرکب با توجه به یکدیگر با استفاده از مقادیر از پیش تعیین شده دمای مینیموم نمودار کامپوزیت را تکمیل می کند. محل دمای مینیموم بر روی نمودار کامپوزیت محل تلاقی دو منحنی با نزدیکترین دما برروی مسیر عمودی می باشد. در رسم اول این منحنی ها، فاصله عمودی بندرت با دمای مینیموم از پیش تعیین شده برابر خواهد بود. این نقص با حرکت عمودی یکی از این دو منحنی تا جائیکه فاصله نزدیکترین مسیر عمودی با دمای مینیموم از پیش تعیین شده منطبق گردد، رفع می شود. این امر به صورت گرافیکی یا از طریق محاسبه انجام می پذیرد. تمامی این مراحل به آسانی با یک صفحه بزرگ انجام میگیرد؛ مقادیر ترمودینامیکی کافی ارائه شده موجود می باشد. مقدار بهینه برای دمای مینیموم به طور کلی در محدوده 3 تا 40 درجه سانتیگراد برای شبکه های مبدل حرارتی می باشد اما برای هر شبکه منحصر به فرد بوده و قبل از اینکه تجزیه و تحلیل تکنولوژی پینچ تکمیل گردد، باید مشخص شود. اگر هیچ وسیله خنک کننده ای نیاز به دمای زیر 10 درجه سانتیگراد نداشت، دمای مینیموم بهینه اغلب در محدوده 10 تا 40 درجه سانتیگراد می باشد. با توجه به دمای مینیمم منحنی های کامپوزیت وظایف تأسیسات گرمایشی و سرمایشی را تعیین می کنند. منحنی های مرکب پروفایل های کلی قابلیت دسترسی به گرما و گرمای مورد نیاز در فرایند را در تمام محدوده دمایی نشان می دهد. این منحنی ها منابع گرمایی تجمعی و سینک های گرمایی در فرایند را نشان می دهد. همپوشانی بین دو منحنی مرکب نشان دهنده حداکثر مقدار گرمای بازیافتی ممکن در فرایند می باشد. از حد خارج شدن منحنی کامپوزیت گرم نشان دهنده حداقل مقدار سرمایش خارجی مورد نیاز و از حد خارج شدن منحنی کامپوزیت سرد نشان دهنده حداقل مقدار گرمایش خارجی مورد نیاز برای فرایند می باشد. توجه داشته باشید که منحنی های کامپوزیت می توانند برای ارزیابی کلی بین انرژی و هزینه های سرمایه گذاری استفاده شود. افزایش در دمای مینیموم باعث افزایش هزینه های انرژی شده اما با اینحال باعث افزایش نیروهای محرک برای انتقال گرما و همراه با آن کاهش هزینه های سرمایه ای می شود[4و5و6].

1-3-1 ساختار یک نمودار ترکیبی

شکل 1-2 یک جریان فرایند را که در آن دو جریان واکنش دهنده، هریک در دمای 20 درجه سانتیگراد، تا دمای 160 درجه سانتیگراد گرم شده و به راکتور تغذیه می شود. تصمیم گرفته شده است که دو جریان قبل از گرم شدن با یکدیگر ترکیب شوند، از اینرو هر دو واکنش دهنده نیاز به گرم شدن

در دمای یکسان را داشته و به هرحال در راکتور ترکیب خواهند شد. ترکیب این جریان های خوراک قبل از اینکه وارد راکتور شوند باعث کاهش تعداد مبدل های گرمایی مورد نیاز از دو مبدل به یک عدد می شود. از آنجا که این واکنش کمی گرماگیر است، جریان محصول راکتور را با دمای 120 درجه سانتیگراد ترک می کند. پس از گرم کردن بیشتر جریان واکنش دهنده تا 260 درجه سانتیگراد، این جریان به ستون تقطیر فرستاده می شود. محصول مایع مقطر ستون در دمای 180 درجه سانتیگراد برای ذخیره سازی باید تا 20 درجه سانتیگراد سرد شود. محصول انتهایی ستون از 280 درجه به 60 درجه سانتیگراد سرد می شود. گرچه تجهیزات گرم و سرد باید برای تمامی وسایل گرمایشی و سرمایشی مورد استفاده قرار گیرد، واضح است که یک فرصت برای صرفه جویی مبدل گرمایی وجود دارد همانگونه که در شکل 2 آشکار است جریان های فرایند در اغلب قسمت ها در محدوده های دمایی با یکدیگر منطبق هستند. از آنجا که دمای ریبویلر برای مبدل حرارتی در هر جریان از فرایند بسیار بالا بوده، این امر تبدیل به یک مشکل مبدل حرارتی مستقل شده است. یک جریان از تجهیزات نفت داغ موجود در دمای 320 درجه و سرد شده ان تا 310 درجه سانتیگراد برای گرم کردن ریبویلر استفاده میشود، علاوه بر این هرگونه گرمایش فرایند منجر به تبادل فرایند-فرایند نمی شود. هزینه نفت داغ 2/25 دلار می باشد. دمای کندانسور تا حدی است که می تواند برای گرم کردن برخی از جریان های فرایند مورد استفاده قرار گیرد؛ با اینحال برای ایجاز اهداف در تحلیل حاضر گنجانده نخواهد شد. ابزار سرمایشی، آب موجود را در دمای 10 درجه سانتیگراد با یک افزایش دمای مجاز 10 درجه ای و هزینه 0/25 دلار سرد می کند[4و5و6].

2-1 مقدمه‌اي بر انتگراسيون فرآيند

انتگراسيون فرآيند چگونگي بازيافت حرارت را بيان مي‌كند. و به طور خلاصه انتگراسيون فرآيند يعني:

"مدلهاي سيستماتيك و عمومي براي طراحي انتگرالي سيستمهاي توليد، فرآيندهاي جدايي ناپذير در كل سايت با تاكيد در كاربرد موثر انرژي و كاهش تأثيرات محيطي."

اين نقطه مشخص روش های طراحي است اما واژه انتگراسيون فرآيند براي توصيف آرايش فيزيكي از قبيل به هم وصل كردن تجهيزات و خطوط فرآيند در واحد نيز مي‌باشد[7].

روش های انتگراسيون فرآيندها عموما براي موضوعات مختلفي كاربرد دارد. ليست پايين دلايل استفاده از انتگراسيون فرآيندها را در واحدها و طراحي نشان مي‌دهد[7]:

1- كاهش هزينه‌هاي سالانه به وسيله مشخص كردن ارتباط پاياپاي بين هزينه عمليات (مواد خام و انرژي) و هزينه سرمايه‌گذاري(تجهيزات). موقعيت اين ارتباط پاياپاي در انتگراسيون فرآيندها مي‌تواند در كاهش مصرف انرژي، بهبود مصرف مواد خام و كاهش هزينه تجهيزات باشد.

افزايش حجم توليد (ظرفيت واحد) استفاده از انتگراسيون فرآيند براي رفع گلوگاه ها.

2- كاهش مشكلات فرآيند(راه‌اندزاي و خاموش كردن) با بيشترين تصحيح كه بيشترين استفاده انتگراسيون فرآيند است.

3- افزايش كنترل پذيري فرآيند (از ابزار داخلي مي‌باشد و با كنترل فرآيند متفاوت است) . به وسيله انتخاب اتصالات واحد (توپولوژي) و پارامترهاي تجهيزات براي ساده‌تر كردن كنترل بدون توجه به كنترل واقعي سيستم.

اطمينان از انعطاف پذيري سيستم با رعايت مشخصات واحد (مواد خام و يا محصولات جديد،سازگاري حجم توليد و غيره) و ناخواسته‌ها (از قبيل گرفتگي مبدلها و يا غير فعال شدن كاتاليستها) در برابر تغيير شرايط عملياتي، با انتخاب مناسب اتصالات واحد و شاخصهاي تجهيزات .

4- كاهش ناخواسته‌هاي دور ريز واحد، براي مثال كاهش سوخت هاي فصيلي، اتصال به منابع فرعي توليد انرژي،فرآيندهاي بسته و غيره مي‌باشد .

5- اضافه كردن چالش هايي به فرآيند صنعتي و جامعه براي توسعه پايدار.

3-1 مزاياي استفاده از انتگراسيون فرآيندها

نقطه آغازين انتگراسيون فرآيند به سال 1980 در جهت كاهش مصرف انرژي بر مي‌گردد. از سال 1990 به بعد روش هايي براي كاربردهاي صنعتي آن از قبيل كل هزينه‌هاي سالانه، كاربرد در واحد و انعطاف‌پذيري واحد، توسعه داده شود. امروزه برآورده‌هاي اجتماعي از قبيل محيط زيست و تغذيه در انتگراسيون فرآيند به صورت پخش جدايي ناپذيري تبديل گشته است[7].

دليل اصلي براي دستيابي به مزاياي استفاده از انتگراسيون فرآيندها در حقيقت موضوعاتي هستند كه به نيازمنديهاي سيستم ما را نزديك مي‌كنند. بيشتر واحدها در صنايع داراي اتصالات داخلي بسيار

پيچيده‌اي از قبيل قطعات پيشرفته، با توجه به اين مسائل است كه به نيازهاي اساسي واحد نزديك خواهيم شد. تحقيقات محلي بدون شك در نتيجه‌گيري براي بهينه‌سازي بسيار موثرند.

در سطح انتگراسيون حرارتي، انتگراسيون فرآيند مي‌تواند سطح بهينه بازيافت حرارتي را كه با طراحي شبكه مبدلها از نظر كمترين هزينه تجهيزات همخواني داشته باشد را مشخص كند. در سطح حرارت و تولن، انتگراسيون فرآيند مي‌تواند مقدار بهينه بارگذاري و يا سطح مصرفو يا توليد بخار را و همچنين موقعيتهاي تركيب سيستم هاي حرارتي و تواني را مشخص كند. در بهينه‌سازي درست اقتصادي و ترموديناميكي مي‌توان با به كاربردن نمودارهاي گرافيكي و روش هاي سيستماتيك در انتگراسيون فرآيند پمپ حرارتي مناسب را انتخاب كرد .

در زمينه افزايش توليد واحد، انتگراسيون فرآيند مي‌تواند در از بين بردن گلوگاهها براي افزايش ظرفيت توليد مورد استفاده قرار گيرد. به عنوان يك مثال واضح يك سيستم انرژي را در نظر بگيريد كه داراي محدوديت دبي جريان جرمي در طول فرايند است. اين موضوع در بسياري از واحدهاي پالايش نفت موقعي كه كوره در حداكثر ظرفيت خود كار مي‌كند ديده مي‌شود. انتگراسيون فرآيند همچنين در اجتناب از سرمايه‌گذاري در بخش واحدهاي پشتيبان با استفاده از بازيافت بهينه حرارت در فرايند بسيار موثر است[7و8].

وقتي وارد مبحث عمليات واحد مي‌شويم، كنترل پذيري و انعطاف‌پذيري واحد، نشانداده كه خيلي وقت ها اتلافات اصلي در اتصالات داخلي قطعات تجهيزات فرآيند مي‌باشد .

انتگراسيون فرآيند تمركز زيادي روي ساختار فرآيند دارد. همخواني روش ها از ابزار حياتي براي پيدا كردن اتلافات وابسته به عمليات واحد است. به عنوان مثال، ممكن است انعطاف پذيري واحد از طريق نصب تجهيزات اضافي و قطعات بزرگتر از نياز اصلي واحد به دست آيد. در اين حالت انتگراسيون فرآيند مي‌تواند در مشخص كردن محل سرمايه‌گذاري اضافي در جهت تعيين سرماية موثر انعطاف‌پذير،استفاده شود[8].

در بخش محيط زيست و توسعه پايدار، انتگراسيون فرآيند روش هاي سيستماتيك را در جهت كاهش سرمايه، رعايت مقررات حكومتي و انتظارات جامعه، ارائه مي‌كند. مثالي از مزاياي آن كاهش گازهاي آلاينده و فاضلاب مي‌باشد (معني آن كاهش مصرف آب مي‌باشد).

در نهايت مي‌توان گفت كه نتايج انتگراسيون فرآيندها باعث افزايش آگاهي درباره عناصر كليدي و وابسته‌ها در واحد مي‌شود . انتگراسيون حرارتی یک روش برای حداقل نمودن مصرف انرژی بر اساس معادلات ترمودینامیکی می باشد.این هدف با بهینه نمودن سیستم های بازیابی حرارتی،روش های تامین انرژی فرایند و شرایط عملکرد آن حاصل می شود.این تکنولوژی به نام های انتگراسیون حرارتی ، انتگراسیون انرژی یا انتگراسیون تکنولوژی پینچ نیز معروف است . تکنولوژی پینچ در

طراحی شبکه مبدل های حرارتی حداقل مصرف انرژی را تضمین می کند . آنالیز اگزرژی از قوانین اول و دوم ترمودینامیک بهره می گیرند تا بتواند جریان اگزرژی را در سیستم محاسبه و نیز اجزاء غیر بهینه را مشخص کند.اما متاسفانه این روش راه حل عملی جهت جلوگیری از تلفات اگزرژی ارائه نمیدهد. از سوی دیگر تکنولوژی پینچ یک روش کلی جهت طراحی فرایند ها محسوب می شود که توانایی هدف گذاری بیشترین اصلاحات ممکن قبل از طراحی و شبیه سازی نهایی را دارا می باشد . اما نقطه ضعف این روش زمانی نمایان می گردد که از آن در سیستمهای تولید نیرو استفاده شود، بنابراین روش جدیدی برای غلبه بر ضعف های دو روش فوق توسعه یافته است که آنالیز ترکیبی پینچ و اکسرژی نامیده می شود . این روش جدید می تواند برای بهینه سازی سیستم هایی چون نیروگاه به کار گرفته شود. بعضی از پالایشگاه ها در حال اجرای تکنیکی خاص به نام هیدروژن پینچ هستند تا بتوانند با اجرای یک مدیریت کارامد روی هیدروژن و منابع مختلف تامین آن میزان هزینه های سرمایهگذاری را به حداقل برسانند و با صرفهجویی در این هزینههای کاهش یافته به سود اقتصادی در کوتاه مدت نیز دست یابند.در این روش قانون اول ترمودینامیک برای محاسبه تغییرات آنتالپی در جریان گذرا از یک مبدل حرارتی استفاده می شود و قانون دوم جهت جریان گرما را مشخص می کند . در طراحی سنتی، اول فرایند طراحی می شود و توسط موازنه جرم و حرارت دماها و دبی جریآن ها تعیین می شود. سپس طراحی سیستم بازیابی حرارتی کامل می شود و در نهایت موارد باقیمانده تعیین می شوند. هر کدام از این مراحل به طور مستقل از سایر انجام میشود. اما در طراحی پینچ، انتگراسیون فرایند با استفاده از تکنولوژی پینچ قبل از طراحی بازیابی حرارتی شبکه برای حداقل کردن مصرف انرژی راه حل ارائه می دهد. محدودیتهای سیستم بازیابی حرارتی و یوتیلیتی بعداً در نظر گرفته می شوند. طراحی پینچ فرصتهای بهینه کردن فرایند و بهبود انتگراسیون حرارتی را مشخص می کند،این روش به بهینه کردن تجهیزات انتقال حرارت در طول طراحی آن ها کمک می کند [7-9].

4-1 دامنه کاربردهاي انتگراسيون فرآيندها

نظر به اينكه انتگراسيون فرآيند يك سيستم روش شناسي سازگار يافته است از بزگترين مزايا و محسنات آن پيش‌بيني فرآيندها يا واحدهاي پيچيده از قبيل پالايش نفت، كارخانجات شيميايي و پتروشيميايي و غيره مي‌باشد. در واحدهاي ساده و كوچك مانند صنايع غذايي و نوشيدني نيز انتگراسيون فرآيند كاربردي و پر ارزش است. از صنايع ديگري كه انتگراسون فرآيند به طور موفقيت آميزي در موردشان عمل كرده است صنايع خمير و كاغذ، داروسازي و فلزي مي‌باشد.

انتگراسيون فرآيند در درجه اول براي طراحي استفاده مي‌شود البته مشخصا موقعيت واحد و عمليات را نيز مشخص مي‌كند،روش های آن به طور عموم براي فرآيندهاي پيوسته و ناپيوسته كاربرد دارد. ارتباط بين طراحي، نقشه و عمليات به ويژه در فرآيندهاي ناپيوسته زياد است[10].

يكي از مفصل‌ترين مباحث انتگراسيون فرآيند، طراحي و توصيف راكتورها، جداكننده‌ها (مخصوصاً سيستماي با مصرف انرژي مثل برج هاي تقطير، خشك‌كن ها و تبخير كننده‌ها)، شبكه مبدلها و واحدهاي پشتيباني (بخار در فشارهاي مختلف، كوره‌ها، سردسازها و غيره) است. روش های بهينه كردن واحدهاي پشتيبان شامل استفاده از پمپ ها و موتورهاي حرارتي(گاز،بخار يا توربين ديزل)مي‌باشد. اخيرا از انتگراسيون فرآيندها براي حداقل كردن فاضلاب و طراحي سيستم تصفيه نيز استفاده مي شود. با استفاده از تشابه بين انقال حرارت و جرم، انتگراسيون فرآيند همچنين مي‌تواند براي طراحي شبكه‌هاي انتقال جرم شامل تجهيزات عملياتي از قبيل جذب كننده‌ها، استخراج كننده‌ها و غيره استفاده شود.

يكي از مهمترين ويژگی های كاربرد انتگراسيون فرآيند كه در طول كمتر از دو سال اخير توسعه يافته است. مربوط به پالايش نفت و محيط های جديد است كه پايه خواص نفت گاز و ديزل (گوگرد كم و آروماتيكهاي كافي) مي‌باشند[10].

5-1 مفاهيم اوليه در انتگراسيون فرآيند

تحليل Pinch ،در آغاز براي بازيافت حرارت توسعه داده شد و اين از مهمترين عناصر انتگراسيون فرآيندهاست. در واقع مفهوم Pinch آغازي بود بر انتگراسيون فرآيند، كشف Heat Recovery Pinch مهمترين راه كار در توسعه تحليل و روش هاي طراحي براي كاربرد موثر انرژي در فرآيندها و صنايع بود. نقطه Pinch غير آميختگي بنيادي از نظر انرژي گرمايي سيستم را در واحد بيان مي‌كند[11].

در منحني دما / آنتالپي (T-Q) (شكل1-1)، نقطه Pinch محل انباشتگي دمايي است كه دو مسير فرآيند سرد شدن(منحني تركيب شدة گرم) و فرآيند گرم شدن (منحني تركيب شدة سرد) به يكديگر نزديك شده‌اند (كمترين فاصلة عمودي- ΔT). در اينجا كوشش براي افزايش بازيافت حرارت (و همچنين كم كردن گرم و سرد كننده‌هاي خارجي) است. دو توزيع (منحني هاي تركيبي) در راستاي افق به سمت يكديگر حركت مي‌كنند و نقطه Pinch به عنوان گلوگاه محدود كننده نيروي انتقال حرارت عمل مي‌كند . بالاي نقطه Pinch به عنوان محل كمبود حرارت فرآيند محسوب مي شود كه حرارت قابل دسترس كافي

با دماي بالا با مقدار زياد براي راضي كردن نيازهاي حرارتي موجود نمي‌باشد و به طور مشابه پايين نقطه Pinch فرآيند داراي حرارت مازاد مي‌باشد[11].

هر گونه انتگراسيون حرارتي فرآيند (به فرآيند مبدل ها، انتگراسيون برج هاي تقطير، استفاده از پمپ هاي حرارتي يا موتورهاي حرارتي و غيره) بايد اين Pinch غير آميخته بنيادي در جهت توجيه به وسيله هماهنگ كردن چشمه‌هاي حرارتي با دماي بالا با منابع جذب حرارت دما پايين گرفته شود. انتگراسيون حرارتي از قوانين كلي ذخيره انرژي طبيعت نمي‌كند كه اين مي‌تواند سرمايه را اتلاف كند[11].

بازيافت حرارت از طريق Pinch مي‌تواند بينشي راجع به مسائل اساسي سيستم هاي بازيافت حرارت مورد استفاده كه اصطلاحاً Performance Targets مي‌گويند را براي دستيابي به كاهش مصرف انرژي، ($Q_{H.min}$ و $Q_{c.min}$)، كمترين مقدار مبدل (U_{min}) ، كمترين سطح انتقال حرارت (A_{min}) كاهش كار محوري براي سيستم هاي تبريد(W_{min}) و كاهش اتلافات و غيره را بدهد[11].

برخلاف طراحي هاي سنتي، انتگراسيون فرآيند يك Tow-Stage Approach پيشنهاد مي‌كند. در اينجا، هدف از انجام به دست آوردن يك طرح اوليه و استفاده از روش هاي مرحله به مرحله سيستماتيك براي نقشه‌هاي وابسته كاربردي كه رسيدن به هدف ها را تضمين مي‌كنند است[11].

در فرآيندهاي انتقال جرم، تغليظ(يا به طور دقيق‌تر: متفاوت از نظر پتانسيل شيميايي) نيرويي مشابه نيروي انتقال حرارت دارد. بنابراين تمام شيوه‌ها مورد استفاده براي Heat Pinch براي Mass Pinch در شبكه‌هاي انتقال جرم نيز صادق است.

يك كاربرد خاص آن ايجاد يك همبستگي بين انتقال حرارت و جرم براي مشكلات مديريت فاضلاب در فرآيندهاي صنعتي است. با استفاده بهينه و مجدد و چندگانه از خطوط آب، ميزان آب مصرفي و فاضلاب به حداقل مي‌رسد. با تركيب اين دو شيوه Water Pinch ناشي مي‌شود كه در طراحي توزيع فاضلاب و سيستم هاي بازيافت موثر بوده كه در نهايت مقادير زيادي در هزينه صرفه‌جويي شده يا مسائل زيست محيطي رعايت شده‌اند [11].

تازه‌ترين مطالعات درباره Pinch بر روي طراحي سيستم هاي مديريت هيدروژن در پالايش نفت صورت گرفته است. هيدروژن به عنان يك محصول جانبي از راكتورها (براي مثال ريفورمر) توليد مي‌شود، اما هيدروژن در بسياري از راكتورهاي ديگر تلف مي‌شود(دي سولفانايزر، هيدروتريتمنت و غيره). در واحدهاي پايين دستي، هيدروژن در راكتورهاي گازي جهت تغييرات مختلف مصرف مي‌شود، در حالي كه هيدروكربون ها (خطوط مختلف نفت) به صورت مايع وارد راكتور مي‌شوند . خطوط گاز در اين راكتورها باقي مي‌ماند در حالي كه مقادير زيادي از جزء مولي‌شان هيدروژن مي‌باشد . راكتورهاي مصرف كننده هيدروژن زيادي در پالايش هستند كه به هيدروژن خالص نياز