دانشگاه تبریز
دانشکده مهندسی مکانیک
گروه مهندسی شیمی

پایان‌نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی شیمی

عنوان

انتگراسیون حرارتی شبکه مبدل‌های حرارتی واحد تقطیر پالایشگاه نفت امام خمینی (ره) شازند بعد از اعمال تغییرات طرح توسعه

اساتید راهنما
دکتر سید حسین حسینی
دکتر افضل کریمی

استاد مشاور
دکتر فرامرز طلعتی

پژوهشگر
سیامک بهرامی

شهریور ماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحیم

نام خانوادگی: بهرامی **نام:** سیامک

عنوان پایان نامه: انتگراسیون حرارتی شبکه مبدل‌های حرارتی واحد تقطیر پالایشگاه نفت امام خمینی (ره) شازند بعد از اعمال تغییرات طرح توسعه

استاد راهنمای اول: دکتر سید حسین حسینی **استاد راهنمای دوم:** دکتر افضل کریمی

استاد مشاور: دکتر فرامرز طلعتی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی شیمی **گرایش:**

دانشگاه: تبریز **دانشکده:** مهندسی مکانیک

تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ماه ۱۳۹۱ **تعداد صفحات:** ۹۴

کلید واژه: یکپارچه‌سازی گرمایی، فن‌آوری پینچ، شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی، واحد تقطیر

چکیده

امروزه فن‌آوری پینچ به عنوان ابزاری برای بهبود بازدهی گرمایی واحدهای فرآیندی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این فن‌آوری به دلیل داشتن پایه‌های تئوری مستحکم و ساده، نسبت به سایر روش‌های مطرح در این بخش کاربرد بیشتری دارد. در این پایان‌نامه با استفاده از فن‌آوری پینچ به ارزیابی شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی واحد تقطیر پالایشگاه نفت امام خمینی (ره) شازند پرداخته شده است. در ابتدا خلاصه‌ای از تاریخچه شکل‌گیری این فن‌آوری ارائه شده و به بیان اهمیت انتگرایسون فرآیندها پرداخته شده و با توجه به گستردگی کاربرد پینچ در مبحث یکپارچه‌سازی گرمایی، مزایا و معایب این روش بیان شده است. در فصل دوم به منظور آشنایی با این فن‌آوری، کلیات و روش برخورد فن‌آوری پینچ با مسائل یکپارچه‌سازی گرمایی بیان شده و در ادامه فرآیند واحد تقطیر پالایشگاه به طور خلاصه توضیح داده شده است. در فصل سوم داده‌های مورد نیاز به منظور اصلاح شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی واحد تقطیر استخراج گردید. و با استفاده داده‌های بدست آمده در این مرحله، به شبیه‌سازی شبکه موجود در نرم‌افزار Petro-SIM پرداخته شده است. نتایج هدف‌گذاری بر روی این شبکه نشان‌دهنده این مطلب بود که واحد تقطیر پالایشگاه از حالت بهینه گرمایی فاصله داشته و نیازمند اصلاح می‌باشد. بنابراین با استفاده از ابزارهای فن‌آوری پینچ به اصلاح شبکه و نصب مبادله‌کن‌های جدید پرداخته شد. با کامل شدن طراحی مشخص شد که شبکه موجود، نیازمند افزودن m^2 ۳۰۴۰/۲۴ سطح تبادل گرمایی جدید می‌باشد. در شبکه اصلاح شده مصرف جریان‌های جانبی گرم و سرد به ترتیب ۱۳ و ۱۶ درصد نسبت به شبکه اولیه کاهش یافت. نتایج اقتصادی مرحله هدف‌گذاری و اصلاح، نشان‌دهنده قابلیت اصلاح شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی این واحد می‌باشد.

این پایان نامه با حمایت و پشتیبانی شرکت پالایشگاه نفت

امام خمینی (ره) شازند اجرا شده است.

با تشکر و سپاس فراوان از اساتید راهنمای محترم، جناب آقای دکتر سید حسین حسینی و جناب آقای دکتر افضل کریمی و استاد مشاور محترم، جناب آقای دکتر فرامرز طلعتی به پاس راهنمایی‌ها و حمایت‌های بی دریغشان.

همچنین از کلیه اساتید محترم گروه مهندسی شیمی دانشگاه تبریز به ویژه مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر علیقلی نیایی، سپاسگزارم.

لازم میدانم از مدیریت محترم شرکت پالایشگاه نفت امام خمینی (ره) شازند و آقایان مهندس مهدی طالب بیگی، مهندس یزدیان و سرکار خانم گودرزی، تشکر ویژه‌ای داشته باشم.

و در پایان از کلیه دوستان عزیزم به ویژه جناب آقای مهدی پیری که در طی انجام این پروژه، لطف و محبتشان را از بنده دریغ ننمودند، سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
فصل اول: بررسی منابع	۴
۱-۱ مروری بر تاریخچه فن‌آوری پینچ	۵
۱-۲ اهمیت یکپارچه‌سازی فرآیندها	۸
۱-۳ سلسله مراتب طراحی فرآیند	۹
۱-۴ اهداف و شیوه عملکرد فن‌آوری پینچ	۱۱
۱-۵ مزایا و محدودیت‌های استفاده از فن‌آوری پینچ	۱۲
۱-۶ پیشینه پژوهش	۱۳
۱-۷ ضرورت تحقیق و اهداف تعیین شده	۱۹
فصل دوم: مبانی و روش‌ها	۲۱
۲-۱ هدف‌گذاری در پروژه‌های اصلاح	۲۲
۲-۲ هدف‌گذاری انرژی	۲۳
۲-۲-۱ اساس بازیافت گرما	۲۳
۲-۲-۲ نمودار آنتالپی – دما	۲۴
۲-۲-۳ منحنی ترکیبی	۲۶
۲-۲-۴ نقطه پینچ و اهمیت آن	۲۹
۲-۲-۵ انتخاب جریان‌های جانبی	۳۱

۲-۳ هدف‌گذاری هزینه‌های اصلی و کلی ۳۳
۲-۳-۱ حداقل تعداد واحدهای تبادل گرما در شبکه ۳۳
۲-۳-۲ حداقل سطح تبادل گرمایی مورد نیاز شبکه ۳۵
۲-۳-۳ هدف‌گذاری هزینه‌های اصلی ۳۷
۲-۳-۴ هدف‌گذاری هزینه کل ۳۷
۲-۴ طراحی نمودار شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۳۸
۲-۵ ارزیابی مبادله‌کن‌های موجود شبکه ۴۱
۲-۵-۱ بررسی مبادله‌کن‌هایی که از پینچ گرما عبور داده‌اند ۴۱
۲-۵-۲ ترسیم نمودار نیروی محرکه ۴۱
۲-۵-۳ تجزیه و تحلیل مسئله باقیمانده برای سطح ۴۲
۲-۶ اصلاح مبادله‌کن‌ها ۴۵
۲-۶-۱ تغییر دمای جریان‌های گرم و سرد وارد شده به مبادله‌کن ۴۵
۲-۶-۲ تقسیم جریان‌های گذرنده از مبادله‌کن ۴۵
۲-۶-۳ تغییر موقعیت مبادله‌کن ۴۵
۲-۷ طراحی مبادله‌کن‌های جدید ۴۶
۲-۸ بهینه‌سازی شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۴۶
۲-۸-۱ حلقه ۴۶
۲-۸-۲ شکستن حلقه ۴۷
۲-۹ جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز به منظور اصلاح شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۴۸
۲-۹-۱ جمع‌آوری اطلاعات فرآیندی ۴۹
۲-۹-۱-۱ معیارهای انتخاب جریان‌های فرآیندی ۵۰

۲-۹-۱-۱-۱ بار گرمایی ۵۰
۲-۹-۱-۱-۲ شرایط عملیاتی و کنترلی فرآیند ۵۰
۲-۹-۲ جمع‌آوری اطلاعات اقتصادی ۵۱
۲-۱۰ معرفی شرکت پالایش نفت امام خمینی (ره) شازند ۵۱
۲-۱۱ شرح فرآیند واحد تقطیر نفت خام ۵۲
۲-۱۱-۱ شرح فرآیند واحد تقطیر نفت خام پالایشگاه نفت امام خمینی (ره) شازند ۵۲
۲-۱۱-۱-۱ واحد تقطیر اتمسفری ۵۲
۲-۱۱-۱-۲ واحد تقطیر در خلاء ۵۷
۲-۱۲ معرفی نرم‌افزارهای مورد استفاده ۶۶

فصل سوم: نتایج و بحث ۶۷

۳-۱ استخراج داده‌های موردنیاز به منظور اصلاح شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۶۸
۳-۱-۱ بررسی ساختاری شبکه موجود ۶۸
۳-۱-۲ اطلاعات جریان‌ها ۶۸
۳-۱-۳ خواص فیزیکی جریان‌ها ۷۰
۳-۱-۴ شبیه‌سازی فرآیند واحد تقطیر با استفاده از نرم‌افزار Petro-SIM ۷۱
۳-۱-۵ ترسیم شبکه موجود مبادله‌کن‌های گرمایی واحد تقطیر ۷۳
۳-۲ اطلاعات اقتصادی ۷۵
۳-۲-۱ محاسبه هزینه جریان‌های جانبی ۷۵
۳-۲-۲ محاسبه هزینه نصب تجهیزات ۷۵

۳-۳ هدف‌گذاری به منظور اصلاح شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۷۶

۳-۳-۱ انتخاب ΔT_{min} ۷۶

۳-۳-۲ ترسیم منحنی‌های هزینه‌های ثابت و متغیر... ۷۷

۳-۳-۳ ترسیم منحنی ترکیبی و منحنی ترکیبی جامع ۷۹

۳-۳-۴ ترسیم نمودار نیروی محرکه ۷۹

۳-۴ طراحی اصلاحی شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۸۱

۳-۴-۱ بررسی شبکه موجود ۸۱

۳-۴-۱-۱ بررسی مبادله‌کن‌هایی که از مرز پینچ گرما عبور می‌دهند ۸۱

۳-۴-۱-۲ نحوه قرارگیری مبادله‌کن‌های گرمایی بر روی نمودار نیروی محرکه ۸۳

۳-۴-۲ اصلاح مبادله‌کن‌های موجود و قراردادن مبادله‌کن‌های جدید ۸۴

۳-۴-۲-۱ نحوه قرارگیری مبادله‌کن‌های گرمایی فرآیندی شبکه جدید ۸۶

۳-۴-۳ ارزیابی شبکه طراحی شده با شرایط حاکم بر واحد ۸۶

۳-۵ طراحی شبکه نهایی ۸۷

۳-۶ نتیجه گیری ۸۹

۳-۷ پیشنهادات ۹۰

منابع ۹۲

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ مدل پیازی طراحی فرآیند	۱۰
شکل ۱-۲ شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی موجود	۱۵
شکل ۱-۳ شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی پس از افزایش ظرفیت	۱۵
شکل ۱-۴ شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی نهایی	۱۶
شکل ۲-۱ نمودار آنتالپی-دما	۲۵
شکل ۲-۲ نمودار آنتالپی-دما برای هر یک از جریان‌های گرم	۲۷
شکل ۲-۳ نمودار آنتالپی-دما برای ترکیب جریان‌های گرم	۲۷
شکل ۲-۴ منحنی ترکیبی برای چهار جریان	۲۸
شکل ۲-۵ تقسیم منحنی ترکیبی به دو بخش چاه و چشمه گرمایی توسط نقطه پینچ	۳۰
شکل ۲-۶ انتقال گرما در عرض پینچ	۳۰
شکل ۲-۷ انتقال گرمای فرآیند به فرآیند در عرض پینچ	۳۱
شکل ۲-۸ منحنی ترکیبی جابه‌جا شده	۳۲
شکل ۲-۹ منحنی ترکیبی جامع	۳۲
شکل ۲-۱۰ استفاده مناسب از دو سطح جریان جانبی	۳۳
شکل ۲-۱۱ منحنی ترکیبی تراز شده	۳۵
شکل ۲-۱۲ ترکیب هزینه‌های اصلی و انرژی به منظور دستیابی به ΔT_{min} بهینه	۳۸
شکل ۲-۱۳ ضوابط اتصال جریان‌ها در زیر پینچ	۳۹
شکل ۲-۱۴ الگوریتم تقسیم جریان در بالای پینچ	۴۰

شکل ۲-۱۵ الگوریتم تقسیم جریان در زیر پینچ ۴۰
شکل ۲-۱۶ نمودار نیروی محرکه ۴۲
شکل ۲-۱۷ تجزیه و تحلیل مسئله باقی‌مانده ۴۳
شکل ۲-۱۸ نمودار جریان فرآیند شماره ۰۰۱ واحد تقطیر اتمسفری ۶۰
شکل ۲-۱۹ نمودار جریان فرآیند شماره ۰۰۲ واحد تقطیر اتمسفری ۶۱
شکل ۲-۲۰ نمودار جریان فرآیند شماره ۰۰۳ واحد تقطیر اتمسفری ۶۲
شکل ۲-۲۱ نمودار جریان فرآیند شماره ۰۰۴ واحد تقطیر اتمسفری ۶۳
شکل ۲-۲۲ نمودار جریان فرآیند شماره ۰۵۱ واحد تقطیر در خلاء ۶۴
شکل ۲-۲۳ نمودار جریان فرآیند شماره ۰۵۲ واحد تقطیر در خلاء ۶۵
شکل ۳-۱ ساختار شبکه موجود مبادله‌کن‌های گرمایی واحد تقطیر ۷۴
شکل ۳-۲ نمودار اثر متقابل بین هزینه‌های کلی هدف‌گذاری شده با تغییر مقدار ΔT_{min} ۷۷
شکل ۳-۳ نمودار اثر متقابل بین هزینه‌های اصلی و متغیر هدف‌گذاری شده با تغییر ... ۷۸
شکل ۳-۴ ترسیم سطح مورد نیاز شبکه بر حسب مقدار ΔT_{min} ۷۸
شکل ۳-۵ ترسیم منحنی ترکیبی برای شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۷۹
شکل ۳-۶ ترسیم منحنی ترکیبی جامع برای شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی ۸۰
شکل ۳-۷ ترسیم نمودار نیروی محرکه برای شبکه موجود ۸۰
شکل ۳-۸ وضعیت شبکه موجود با تعیین مرزهای پینچ بر روی شبکه ۸۲
شکل ۳-۹ نحوه قرارگیری مبادله‌کن‌های فرآیندی بر روی نمودار نیروی محرکه ۸۴
شکل ۳-۱۰ تکمیل شبکه بعد از طراحی مبادله‌کن‌های جدید ۸۵
شکل ۳-۱۱ نحوه قرارگیری مبادله‌کن‌های گرمایی فرآیندی شبکه جدید بر روی ... ۸۶
شکل۳-۱۲ طراحی شبکه نهایی ۸۸

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول ۱-۱ میزان بار گرمایی و هزینه مصرف انرژی در شبکه‌های موجود و بهینه شده ۱۴

جدول ۱-۲ مقایسه مصرف جریان‌های جانبی سرد و گرم شبکه در شرایط اولیه واحد ... ۱۶

جدول ۱-۳ مقایسه نتایج حاصل از طراحی با نتایج مرحله هدف‌گذاری ۱۸

جدول ۲-۱ مشخصات جریان‌های مسئله ساده بازیافت گرمایی ۲۴

جدول ۲-۲ موازنه جرمی خوراک و محصولات واحد تقطیر اتمسفری ۵۳

جدول ۲-۳ موازنه جرمی خوراک و محصولات واحد تقطیر در خلاء ۵۸

جدول ۳-۱ اطلاعات جریان‌های گرمایی ۶۹

جدول ۳-۲ خواص فیزیکی جریان‌های سرد ۷۱

جدول ۳-۳ خواص فیزیکی جریان‌های گرم ۷۲

جدول ۳-۴ برآورد اطلاعات اقتصادی مورد نیاز پروژه ۷۶

جدول ۳-۵ میزان گرمای عبوری از مرز پینچ ۸۳

فهرست علائم و اختصارات

نامگذاری

A	:	سطح تبادل گرمایی بر اساس سطح خارجی لوله
CP	:	گرمای ویژه
h	:	ضریب انتقال گرما
T_s	:	دمای مرجع
T_T	:	دمای هدف
Q	:	بار حرارتی
ΔH	:	تغییر آنتالپی
ΔT_{min}	:	حداقل اختلاف دمای تماس جریان‌ها
N	:	تعداد مبادله‌کن‌های گرمایی
S	:	تعداد جریان‌ها با در نظر گرفتن هر جریان جانبی به عنوان یک جریان
L	:	تعداد حلقه‌های مستقل
C	:	تعداد زیر مجموعه‌های جدا از هم در یک واحد
ΔT_{LM}	:	میانگین اختلاف دمای لگاریتمی
U	:	ضریب انتقال حرارت کلی
a	:	ضریب ثابت در قانون هزینه سرمایه‌گذاری
b	:	ضریب ثابت در قانون هزینه سرمایه‌گذاری
c	:	توان در قانون هزینه سرمایه‌گذاری
N	:	تعداد پوسته‌های موجود در شبکه
i	:	نرخ بهره سالیانه

نامگذاری

n : طول عمر کارخانه

α : نسبت بازدهی سطح

A_{1-1} : سطح مبادله‌کن‌های گرمایی بر اساس یک عبور برای طرف لوله

A_{min} : حداقل سطح مورد نیاز برای شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی

مقدمه

در اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ میلادی با آغاز بحران انرژی و افزایش شدید قیمت نفت خام در بازارهای جهانی، کشورهای صنعتی غربی که اکثراً وارد کننده نفت خام و سایر فرآورده های نفتی بودند، با چالش بزرگی مواجه شدند. به منظور حل این مشکل تحقیقات گسترده ای در راستای دستیابی به فن‌آوری‌های جدید به منظور کاهش مصرف انرژی در صنایع، علل خصوص صنایع فرآیندی به عنوان عمده مصرف‌کننده انرژی، آغاز شد. از این طریق علاوه بر کاهش هزینه‌های جاری تولید، از وابستگی کشورهای صنعتی به کشورهای صادر کننده نفت نیز کاسته می‌شد. از طرفی نیاز روزافزون صنایع به انرژی، افزایش آلودگی محیط زیست را نیز به همراه داشت. به همین دلیل تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه آغاز شد تا علاوه بر کاهش وابستگی به نفت خام و وابسته های آن، از انتشار روزافزون آلاینده‌های زیست محیطی هم کاسته شود.

تحقیقات صورت گرفته منجر به ارائه طرح‌های متنوعی منجمله جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر و استفاده از انرژی هسته‌ای به جای بهره‌گیری از منابع انرژی فسیلی شد. از طرفی با توجه به رشد سریع صنایع و نیاز روزافزون به انرژی و به دلیل مشکلاتی نظیر هزینه کلان سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های نو و تجدید پذیر، مخاطرات و محدودیت‌های استفاده از این انرژی ها و نیز بازدهی اندک برخی از آن‌ها، این طرح‌ها چندان مورد استقبال صاحبان صنایع قرار نگرفت.

از دیگر راهکارهای ارائه شده، بحث مدیریت و صرفه‌جویی در مصرف انرژی بود که تحقیقات و مطالعات متنوعی را شامل می‌شد. از جمله روش‌های ارائه شده در این زمینه ارائه روش‌هایی به منظور جلوگیری از هدررفت و استفاده مجدد از انرژی بود. بدین منظور بحث یکپارچه‌سازی انرژی مطرح گردید که هدف آن جلوگیری از هدررفت انرژی در قسمتی از فرآیند که دارای انرژی مازاد می‌باشد و انتقال آن به قسمتی از فرآیند که نیازمند انرژی می‌باشد، بود. در میان روش‌هایی که به منظور یکپارچه‌سازی گرمایی فرآیندها مطرح گردید، فن‌آوری پینچ به دلیل داشتن مزایای مختلف بیش از سایر روش‌ها مورد توجه قرار گرفت.

هدف اصلی این فن‌آوری کاهش نیاز فرآیند به استفاده از منابع گرمایشی و سرمایشی خارجی، از طریق بازاریابی انرژی مازاد در فرآیند می‌باشد.

این فن‌آوری با بهره‌گیری از مبانی ترمودینامیک در انتقال گرما، با محاسبات دقیق بر روی چگونگی و میزان گرما انتقال یافته، قادر به ارائه دیدگاه روشنی از بازدهی شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی به عنوان اصلی‌ترین بخش فرآیند از لحاظ امکان بازیافت انرژی و به طور کلی سود اقتصادی جلوگیری از هدررفت انرژی، می‌باشد.

امروزه با گسترش و پیشرفت رایانه‌ها و ارائه نرم‌افزارهای قدرتمند در این زمینه، فن‌آوری پینچ بیش از پیش و با دقت و سرعت بیشتری در صنایع فرآیندی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱ مروری بر تاریخچه فن‌آوری پینچ

هنگامی که لزوم طراحی سامانه‌ای شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی مطرح گردید، روش‌های ارائه شده از هدفگذاری استفاده نمی کردند و بیشتر بر حل مسئله ترکیبی اتصال جریان ها، تکیه داشتند. بدین منظور از روش الگوریتم های تحقیق درختی[۱]، روش‌های ابتکاری و برنامه ریزی استفاده شد. [۱]

در سال ۱۹۶۵ هوا[۲] نظریه ادغام حالت‌های مختلف شبکه را در قالب ابر ساختار ارائه کرد که سال‌ها بعد برای سنتز کل فرآیند با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار گرفت. [۲]

کسلر [۳]و پارکر[۴] در سال ۱۹۶۹، کوبایاشی و همکارانش[۵] در سال ۱۹۷۱ و سنا و همکارانش[۶] در سال ۱۹۷۷ مدل بهینه‌کردن برنامه‌ریزی خطی را برای حل مسئله طراحی شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی پیشنهاد دادند. تابع هدف مدل آنها سطح تبادل گرمایی بود که با تخمین مناسبی خطی شده بود.

---

[1]-Tree Searching Algorithm
[2]- Hwa
[3]- Kesler
[4]- Parker
[5]- Kobayashi et al.
[6]- Cena et al.

لی و همکارانش[۱] در سال ۱۹۷۰ و فو[۲] و لاپیداس[۳] در سال ۱۹۷۳ الگوریتم تحقیق شاخه درختی را برای ترکیب شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی پیشنهاد دادند. زمانی که شبکه مبادله کن گرمایی بزرگ بود، الگوریتم تحقیق به تشکیل درختی عظیم منجر می‌شد و به مشکل برخورد می‌کرد. [۱]

در سال ۱۹۷۱، هوهمان[۴] با استفاده از مفاهیم ترمودینامیکی گام‌های موثری در زمینه تعیین حداقل انرژی مورد نیاز شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی با استفاده از تحلیل جدول ارائه نمود. [۲] پونتون[۵] و دونالدسون[۶] در سال ۱۹۷۴ برای ترکیب شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی روشی را ارائه نمودند که در آن گرم‌ترین جریان گرم به جریان سرد با بالاترین دمای خروجی هدفگذاری شده متصل می‌شد. [۱]

در فاصله زمانی ۱۹۷۸ تا ۱۹۸۲ یومدا و همکارانش[۷] با ارائه مفاهیم تجزیه و تحلیل فرآیندها و منحنی‌های ترکیبی نشان دادند که چگونه می‌توان با استفاده از منحنی ترکیبی، میزان جریان‌های جانبی مورد نیاز فرآیندها را ارزیابی کرده و سپس به بازیافت گرمایی و در نتیجه کاهش هزینه‌ها پرداخت. در همان ایام لینهوف و همکارانش[۸] سنتز شبکه مبادله‌کن‌های گرمایی را با هدف کاهش مصرف انرژی مورد توجه قرار دادند و مفاهیمی همانند منحنی ترکیبی را معرفی نمودند. ولی بر خلاف یومدا و همکارانش بر روی نقطه پینچ به عنوان نقطه کلیدی در بازیافت گرمایی تاکید بیشتری نمودند و به همین دلیل نام فن‌آوری پینچ برای این روش انتخاب شد. [۳]

اما بحث هدف‌گذاری مساحت برای اولین بار در سال ۱۹۸۴ توسط لینهوف و تاو سند[۹] با نام فرمول مساحت بث[۱۰] بیان شد اما دارای فرضیاتی چون یکسانی ضرایب انتقال گرمای کلی و انتقال گرما به صورت عمودی در فواصل آنتالپی بود که می توانست از دقت محاسبات بکاهد. مشکل پیش آمده یا همان یکسان نبودن ضرایب انتقال گرما در منحنی ترکیبی و بحث عدم انتقال گرمای عمودی در سال ۱۹۸۵ توسط احمد[۱۱] و در سال ۱۹۹۰ توسط کولبرگ[۱۲] و مراری[۱۳] تکمیل شد. [۲]

1- Lee et al.
2- Pho
3- Lapidus
4- Hohmann
5- Ponton
6- Donaldson
7- Umeda et al.
8- Linnhoff et al.
9- Towsend
10- Bath
11- Ahmad
12- Colberg
13- Morari