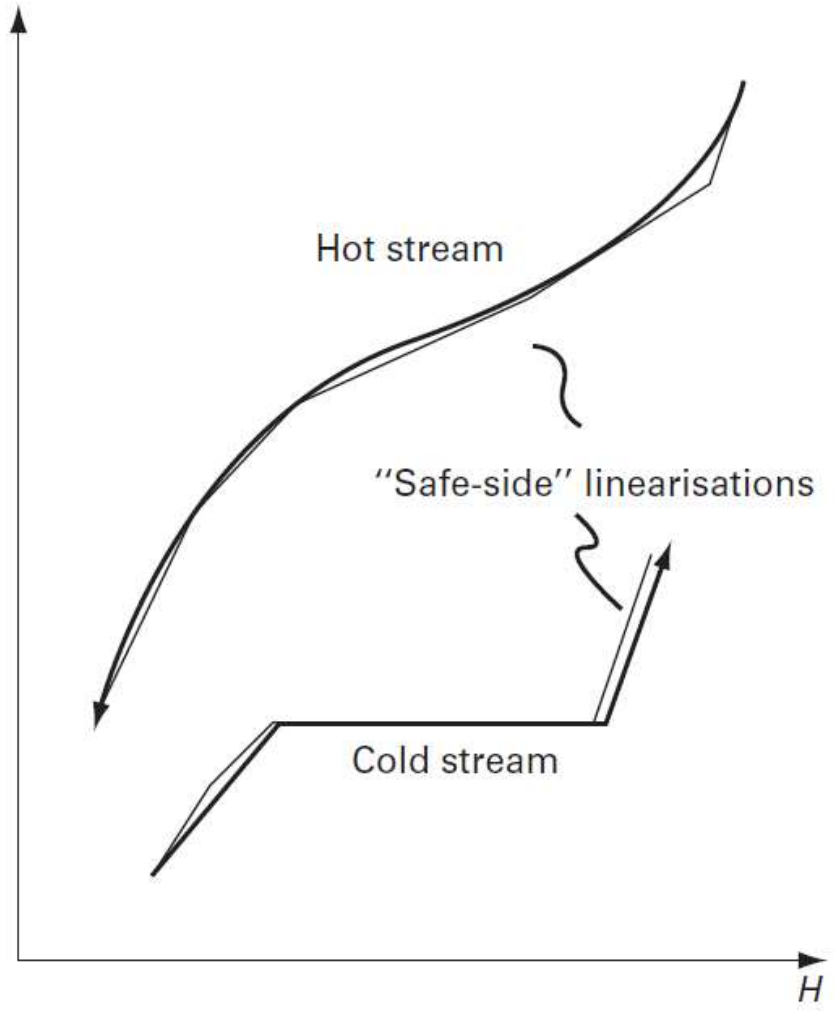
هدف گذاری انرژی

Energy Targeting

استخراج داده ها

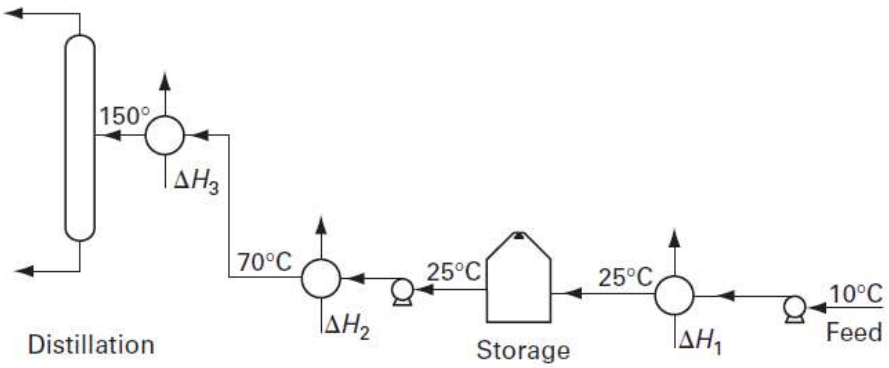
- ❖ استخراج داده ها از نقشه های فرآیندی یک مرحله حیاتی برای آنالیز پینچ و بهینه سازی فرآیند است.
- اولین گام در استخراج داده ها ایجاد یک موازنه جرم و انرژی برای فرآیند مورد نظر است.
- البته باید توجه نمود که در بسیاری مواقع شرایط واقعی فرآیند با موازنه جرم و انرژی در مرحله طراحی تغییراتی داشته است.
- چالش های دیگر در ایجاد موازنه جرم در یک کارخانه در حال کار نبود جریان سنج جرمی بر روی همه خطوط است. همچنین جریان سنج های فاز بخار می تواند مستعد خطا باشد که ارقام ۳۰٪ یا بیشتر غیرمعمول نیست.
- چالش های ایجاد موازنه حرارت پیچیده تر است. وجود تلفات حرارتی در فرآیند علی الخصوص در کوره ها و تاثیرات رسوب گرفتگی به مرور زمان از این جمله اند.

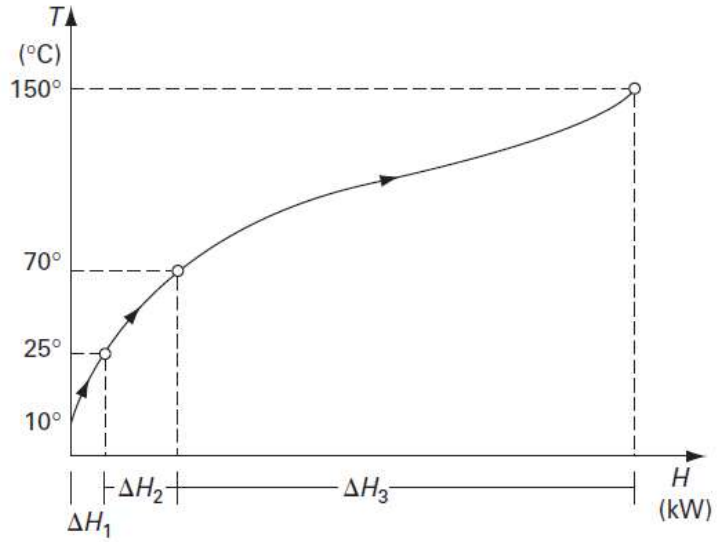
استخراج داده ها



- پس از ایجاد موازنه جرم و انرژی قابل اطمینان، مرحله بعد استخراج جریان های گرم و سرد است. در اینجا منظور از جریان، جریانی است که بار گرمایی آن تغییر کند اما ترکیب آن ثابت بماند.
- داده های مورد نیاز در این مرحله شامل محدوده دما، نوع جریان (گرم یا سرد) و ظرفیت گرمایی یا بار حرارتی جریان است. در عین حال باید توجه ویژه ای به گرماهای نهان در دمای ثابت و همینطور تغییرات ظرفیت گرمایی با تغییر دما به خصوص در مجاورت پینچ نمود. خطی سازی جریان ها در هر بخش دمایی می تواند پاسخگوی تغییرات ظرفیت حرارتی باشد.

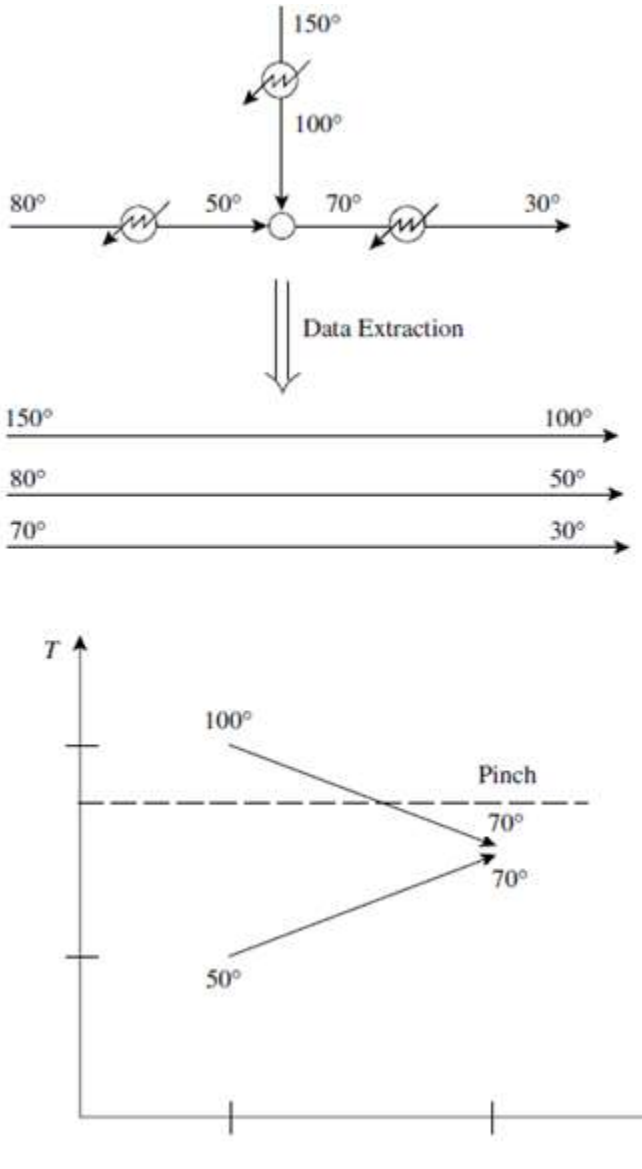
استخراج داده ها





در انتخاب جریان ها باید به این نکته توجه نمود که اگر جریان ها را به تعداد جریان بیش از حد مجزا تقسیم گردد پیچیدگی ظاهری شبکه و محدودیت های غیرضروری را نیز افزایش داده و فرصت های بازیابی گرما از بین می رود. بطور مثال سه جریان روبرو را می توان بصورت دو جریان قبل از مخزن و بعد از مخزن در نظر گرفت. حتی می توان سه جریان را بصورت فقط یک جریان در نظر گرفت و محل مخزن را پس از محاسبات و در صورت امکان جابجا نمود.

استخراج داده ها



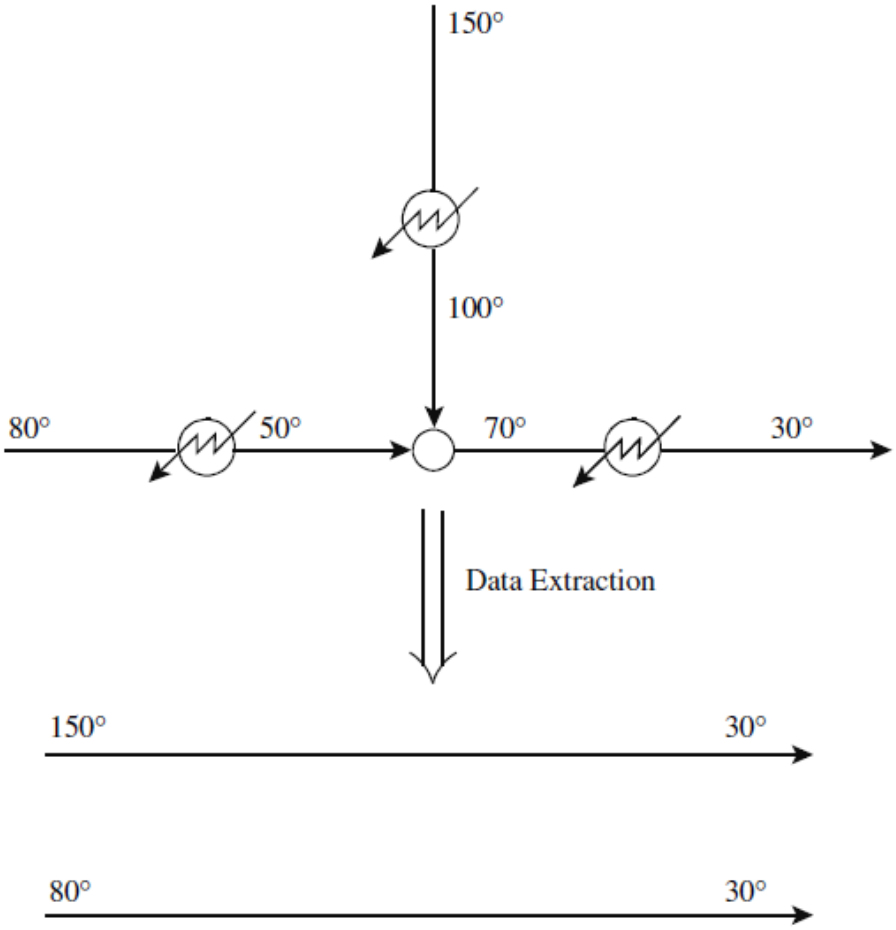
اختلاط جریان ها

باید در نحوه استخراج داده ها هنگامیکه اختلاط بین جریان ها وجود دارد دقت کافی داشت. همانطور که در شکل روبرو مشخص است با اختلاط دو جریان با یکدیگر جریان سومی ایجاد شده است. این اختلاط عامل یک انتقال حرارت از نوع مستقیم است. نمودار تغییرات دما در محل تقاطع جریان ها نیز ترسیم شده است. این نمودار نشان می دهد چنانچه دمای پینچ در محدوده دمای جریان های ورودی به نقطه تقاطع جریان ها باشد، آنگاه عبور حرارت از پینچ اجتناب ناپذیر بوده و یکی از قوانین طلائی نقض می گردد.

استخراج داده ها

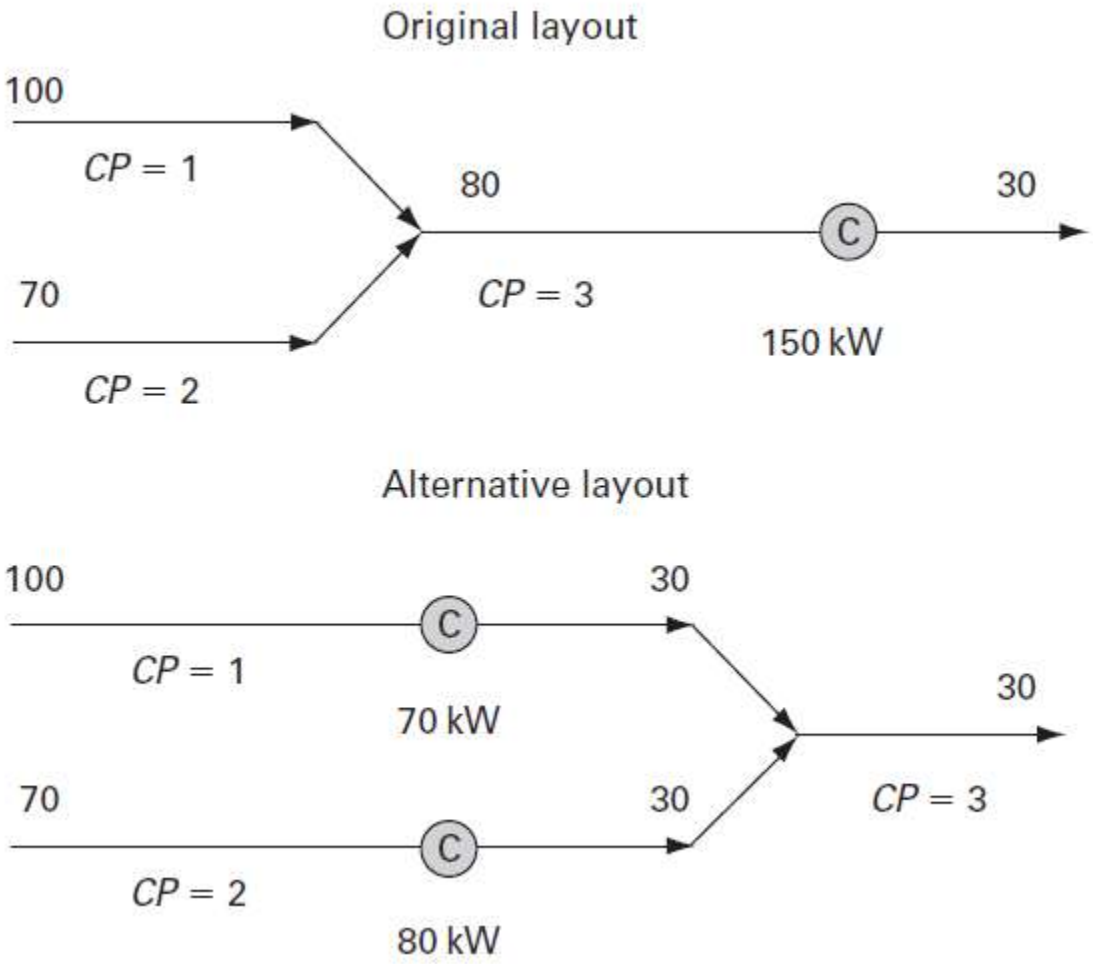
اختلاط همدمای جریان ها

بنابراین بمنظور جلوگیری از این نقض، داده ها را باید بصورتی استخراج نمود که در محل تقاطع جریان اختلاط بصورت همدما انجام شده تا انتقال حرارت در این نقطه منتفی گردد. مثال دیگری از این اختلاط همدما در صفحه بعد نشان داده شده است.



استخراج داده ها

اختلاط همدمای جریان ها



هدف گذاری انرژی

سهم ΔT_{min} برای جریان های منفرد

تاکنون جریان های گرم و سرد مختلف را بدون در نظر گرفتن خصوصیاتشان جهت تبادل حرارت بکار گرفتیم و برای اطمینان از برقراری حداقل اختلاف دما برای هر جریان سهم $\frac{1}{2}\Delta T_{min}$ در نظر گرفته شد.

اما بعضی از خصوصیات جریان که بر روی ضریب کلی انتقال حرارت موثر است می تواند این سهم را دچار تغییر کند.

می دانیم نرخ انتقال حرارت بر اساس رابطه زیر بدست می آید:

$$Q = UA\Delta T_{LM}$$

بنابراین سطح تبادل حرارت بصورت معکوس با ضریب انتقال حرارت و اختلاف دما رابطه دارد. برای جریان هایی که دارای ضریب انتقال حرارت اندک هستند نیاز به سطح تبادل زیادی است که ممکن است تامین آن امکان پذیر نباشد. در این شرایط می توان تغییراتی را در اختلاف دمای بین جریان ها ایجاد نمود تا بر این محدودیت غلبه نمود.

جریان های فاز گاز، ویسکوز، روغن های سنگین و موم ها و جریان های مستعد رسوب کردن از جمله جریان هایی هستند که دارای ضریب انتقال حرارت اندک می باشند.

هدف گذاری انرژی

برای غلبه بر این محدودیت می توان یک سهم ΔT_{min} برای جریان های منفرد تخصیص داد. در شرایط معمول این سهم برای جریان های گرم و سرد برابر $\frac{1}{2}\Delta T_{min}$ بود. اما اگر با یک جریان نامناسب مواجه شویم (بطور مثال جریان هایی با ضریب انتقال حرارت اندک که در شرایط معمول سطح تبادل حرارت بالایی نیاز دارند) می توانیم مقدار بالاتری را با عنوان ΔT_{cont} اختصاص دهیم. در اینصورت دمای شیفت یافته برای آن جریان بوسیله رابطه زیر محاسبه می شود:

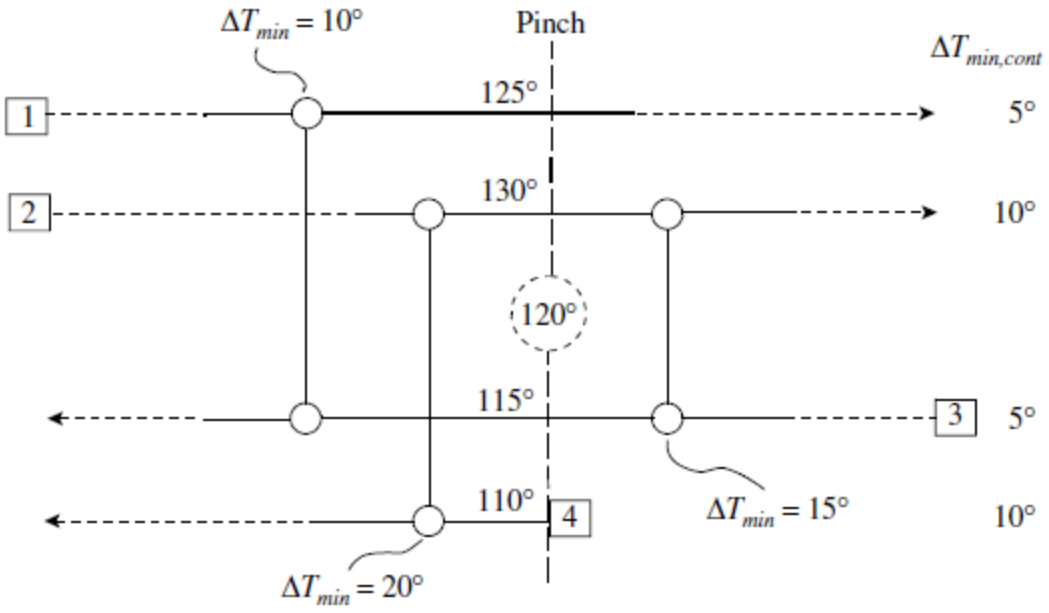
$$S = T \pm \Delta T_{cont}$$

همچنین در شرایطی که مقدار ضریب انتقال حرارت زیاد است (مانند جریان در حال جوشش یا میعان) می توان مقادیری کمتر از $\frac{1}{2}\Delta T_{min}$ را به ΔT_{cont} اختصاص داد.

به عنوان نمونه فرض کنیم جریان‌های مایع سهم 5^oC و جریان‌های گازی سهم 10^oC دارند. در اینصورت یک جفت مایع/مایع دارای ΔT_{min} برابر با 10^oC، یک جفت مایع/گاز دارای ΔT_{min} برابر با 15^oC و یک جفت گاز/گاز دارای ΔT_{min} برابر با 20^oC می باشند.

هدف گذاری انرژی

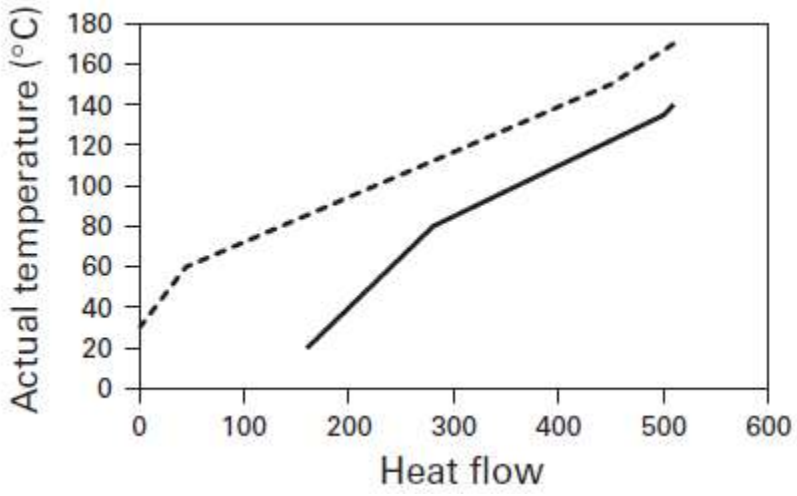
بر همین اساس اگر فرض شود دمای شیفت یافته پینچ برابر با 120°C باشد، مطابق با شکل زیر می توان با توجه به ΔT_{cont} هر جریان (مایع یا گاز)، دمای واقعی را در محل پینچ مشخص نمود. با اینکار ΔT_{min} مورد نظر بین هر جفت جریان قابل دستیابی است.

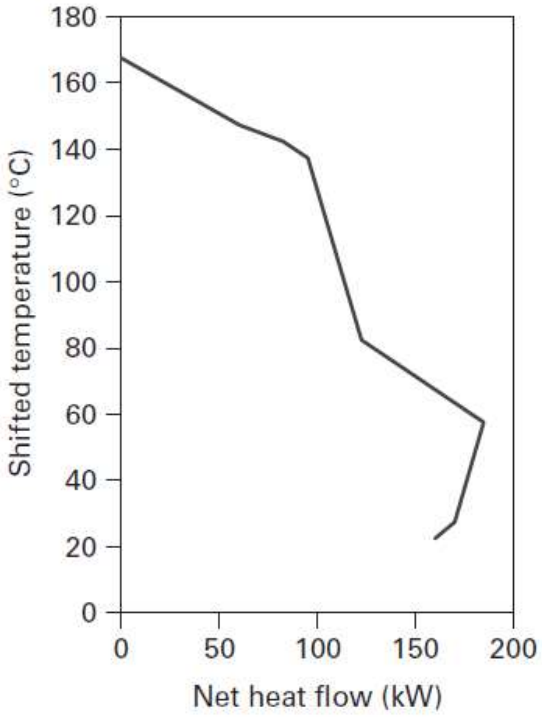


مسائل آستانه

به وضعیتی که فقط یک یوتیلیتی مورد نیاز است یک مسئله آستانه گفته می شود. مسائل آستانه در دو دسته قرار می گیرند که با نگاه به منحنی ترکیبی و گراند به راحتی می توان آن ها را تشخیص داد.

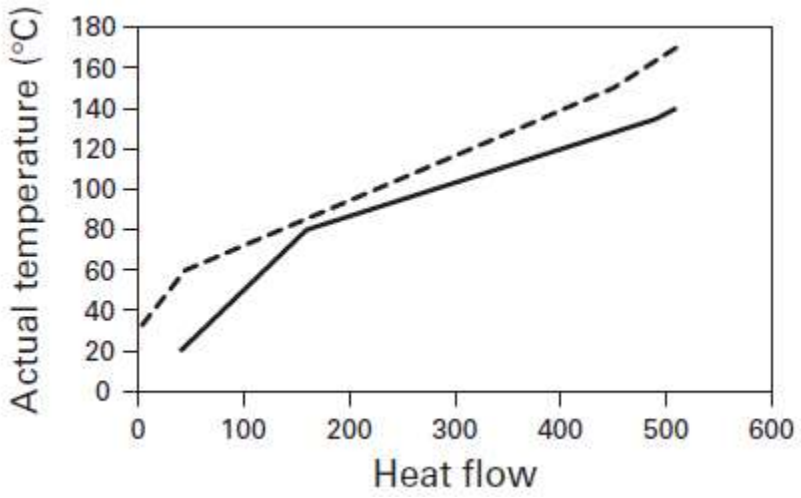
دسته اول: نزدیکترین فاصله دمایی بین منحنی های ترکیبی گرم و سرد در انتهای بدون یوتیلیتی است.

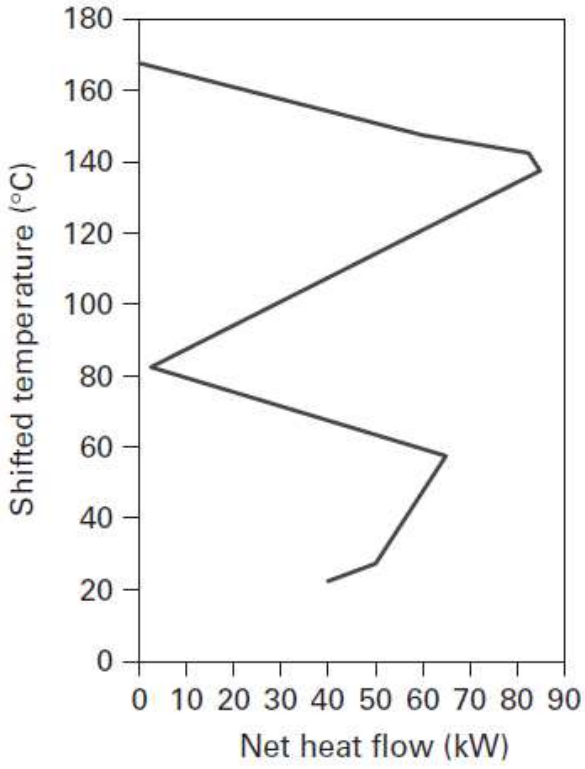




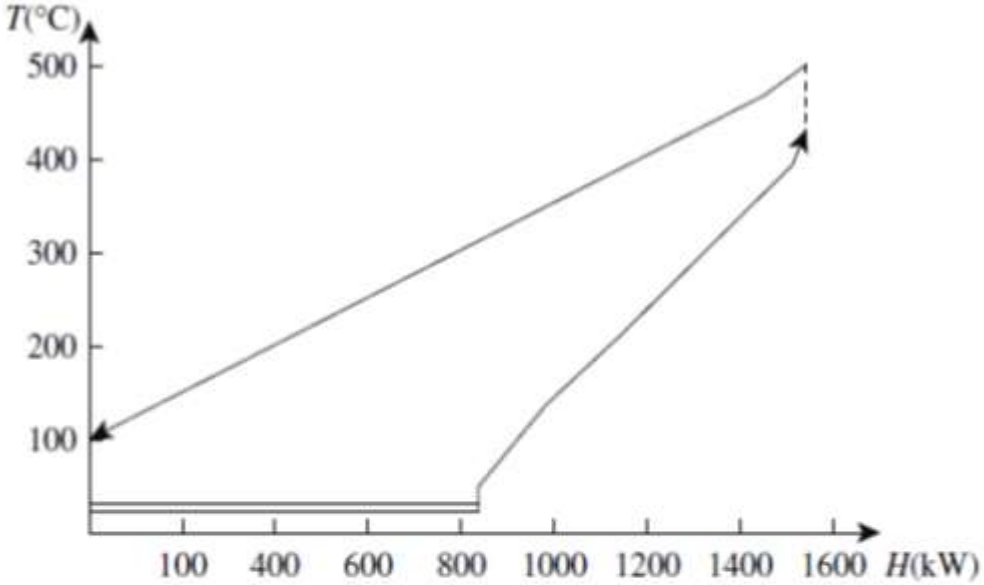
مسائل آستانه

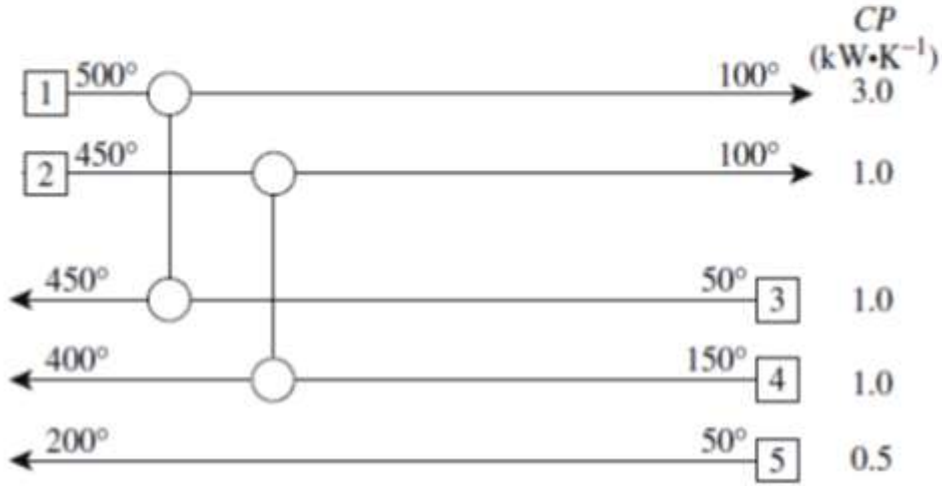
دسته دوم: در این دسته یک شبه پینچ میانی وجود دارد که می تواند از طریق منحنی های ترکیبی بعنوان ناحیه برخورد دما نزدیک مشخص شود. همچنین در نمودار گراند بعنوان ناحیه ای از جریان حرارتی خالص کم شناسایی شود.





مسائل آستانه





بطور مثال در شکل روبرو که نیازی به یوتیلیتی گرم وجود ندارد باید دقت کافی در جفت کردن جریان ها در سمت بدون یوتیلیتی داشت. زیرا امکان دارد بعضی از جفت شدگی‌ها اجتناب ناپذیر باشد. همانطور که مشخص است جفت شدگی جریان ۱ و ۳ اجتناب ناپذیر خواهد بود زیرا در غیراینصورت نیاز به یوتیلیتی گرم خواهد بود که با منحنی ترکیبی در تناقض است. همینطور جفت شدگی جریان ۲ و ۴ نیز اجتناب ناپذیر خواهد شد. چرا؟

یوتیلیتی های چندگانه

در هنگام تامین یوتیلیتی گرم و سرد باید توجه داشت که در عمل انواع مختلفی از یوتیلیتی در دسترس است که باید از آن ها استفاده نمود. این یوتیلیتی ها از نظر هزینه متفاوت بوده و به دو صورت دما ثابت و دما متغیر عمل می کنند.

انواع یوتیلیتی گرم

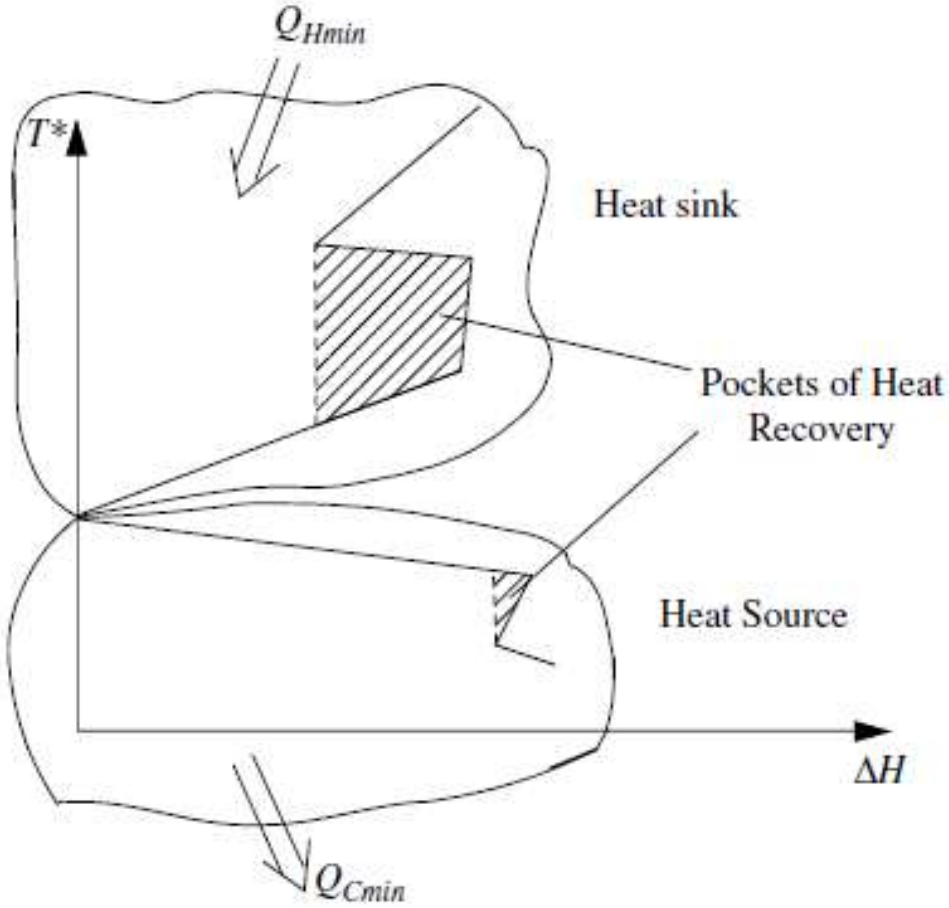
- بخار آب
- کوره ها
- هیترهای بخار
- گاز دودکش
- گرمای دفع شده از موتورهای حرارتی
- گرمایش الکتریکی

انواع یوتیلیتی سرد

- آب خنک کننده
- کولرهای هوایی
- دفع حرارت جهت تولید بخار آب و پیش گرمایش
- سیستم های تبرید

یوتیلیتی های چندگانه

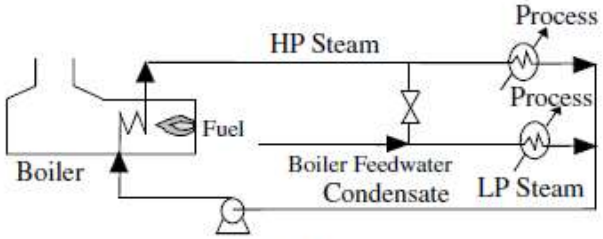
بهترین روش برای بررسی فصل مشترک میان سیستم فرآیندی و یوتیلیتی استفاده از منحنی های ترکیبی گراند است.



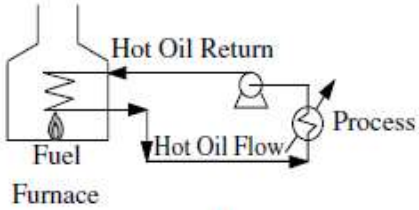
در این منحنی ها نواحی هاشورخورده نشان دهنده نواحی است که امکان بازیافت حرارت توسط بار حرارتی مازاد موجود در خود جریان های فرآیند فراهم است و نیازی به استفاده از یوتیلتی خارجی وجود ندارد.

یوتیلیتی های چندگانه

استفاده از منحنی های ترکیبی گراند این امکان را فراهم می کند بتوان گزینه های مختلف برای تامین یوتیلتی گرم و سرد را با هم مقایسه و ارزیابی نمود..



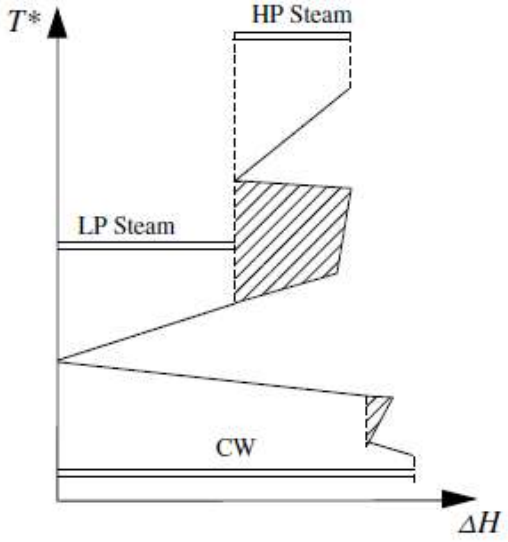
(a)

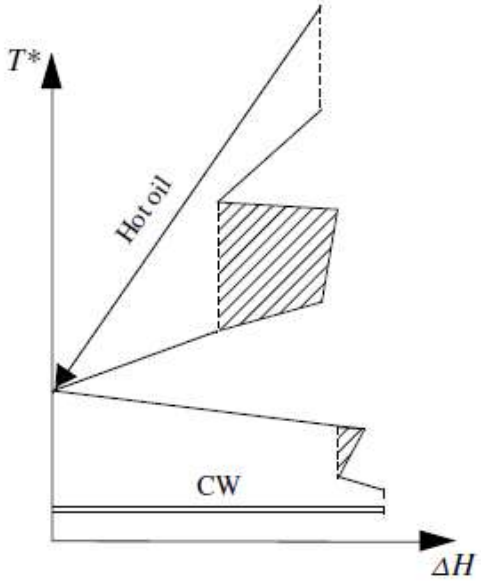


(b)

بطور مثال در شکل روبرو دو گزینه مختلف برای تامین یوتیلیتی گرم برای یک فرآیند که منحنی ترکیبی گراند آن مشخص شده نشان داده شده است.

در گزینه اول از بخار آب فشار بالا و فشار پائین (یوتیلیتی دما ثابت) و در گزینه دوم از مدار روغن داغ (یوتیلیتی دما متغیر) استفاده شده است.





یوتیلیتی های چندگانه

مثال: با استفاده از اطلاعات موجود در جدول زیر و ترسیم منحنی ترکیبی گراند آن به سوالات مربوطه پاسخ دهید:

الف) چنانچه برای تأمین یوتیلیتی گرم از جریان بخار اشباع فشار بالا و فشار پائین بترتیب در دمای 240°C و 180°C استفاده گردد، بار حرارتی قابل تأمین هر نوع بخار را در شرایطی بدست آورید که بار جریان بخار فشار پائین ماکزیمم گردد.

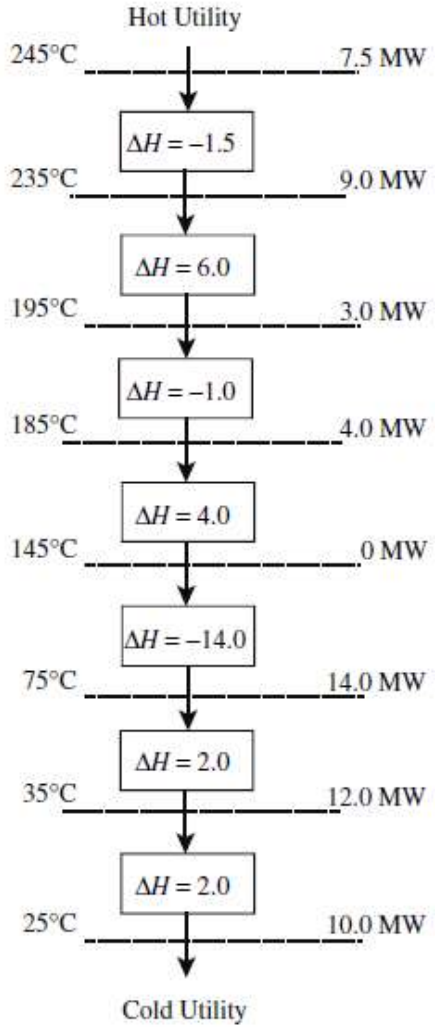
ب) چنانچه برای تأمین یوتیلیتی گرم از یک مدار روغن داغ با دمای اولیه 240°C و ظرفیت گرمایی ویژه $2.1\ kJ.kg^{-1}.K^{-1}$ استفاده گردد، مینیمم مقدار دبی جرمی روغن داغ را تعیین نمائید.

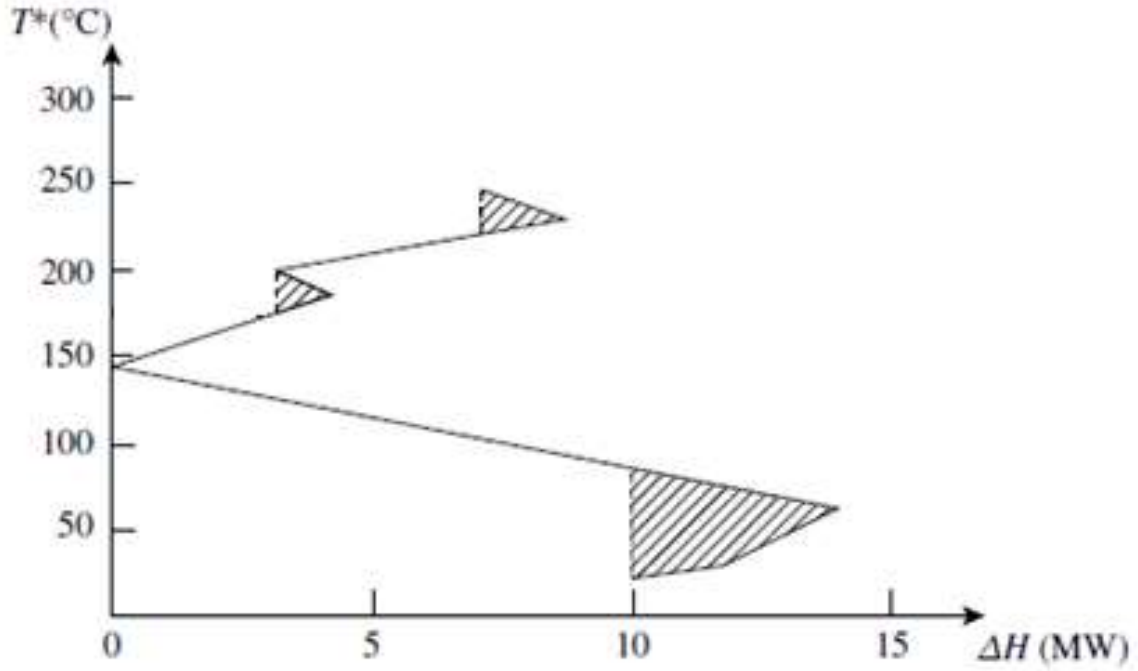
Stream	Type	Supply temperature T_S (°C)	Target temperature T_T (°C)	ΔH (MW)	Heat capacity flowrate CP (MW·K^{-1})
1. Reactor 1 feed	Cold	20	180	32.0	0.2
2. Reactor 1 product	Hot	250	40	−31.5	0.15
3. Reactor 2 feed	Cold	140	230	27.0	0.3
4. Reactor 2 product	Hot	200	80	−30.0	0.25

$\Delta T_{min} = 10°C$.

یوتیلیتی های چندگانه

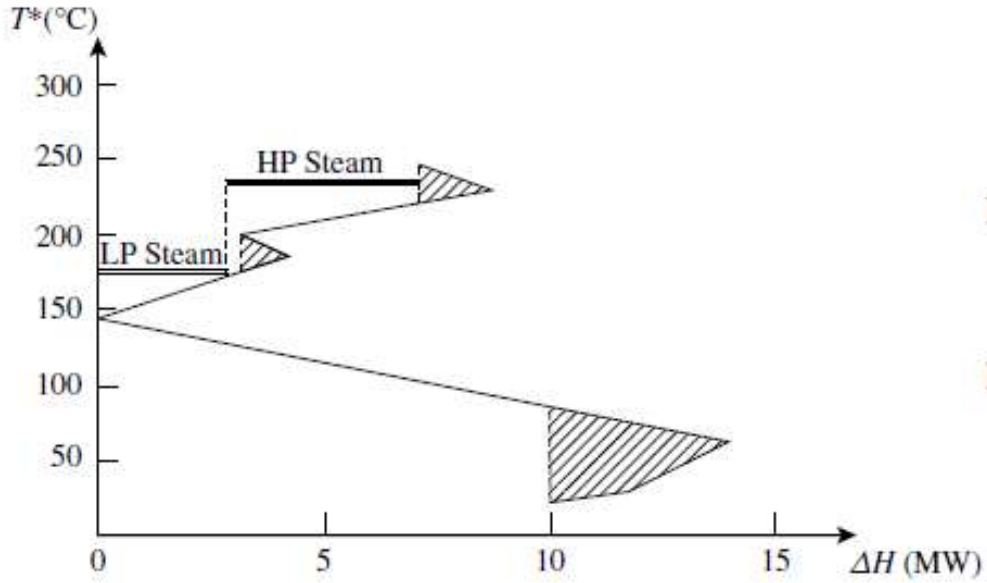
با تکمیل نمودار آبشاری جدول حل مسئله می توان نمودار ترکیبی گراند را مطابق شکل زیر ترسیم نمود.





یوتیلیتی های چندگانه

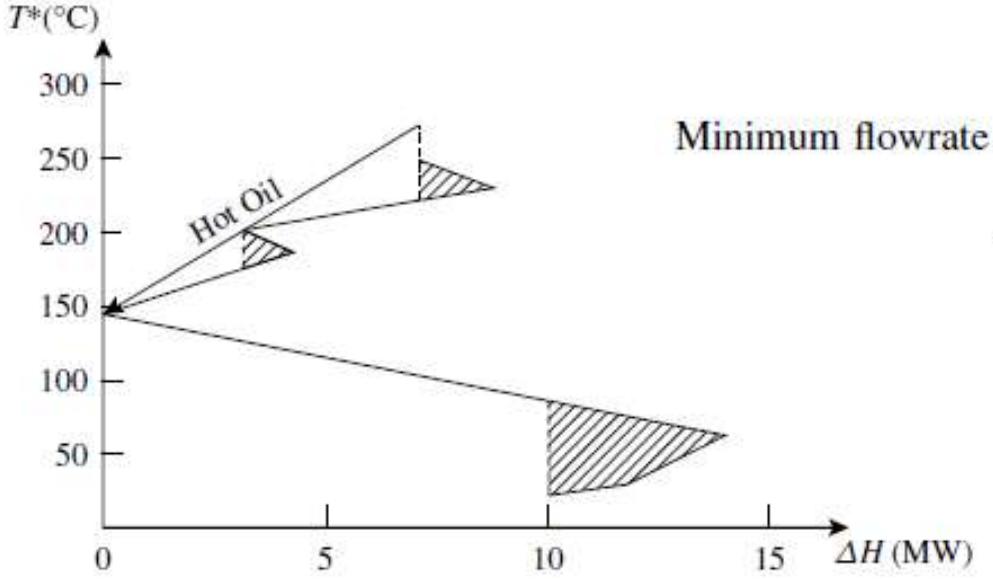
الف) با توجه به مقدار $\Delta T_{min}=10^oC$ نمودار دما-آنتاپی بخار فشار پایین و فشار بالا را بترتیب در دمای شیفت یافته 175^oC و 235^oC رسم کرده به نحوی که بار حرارتی بخار فشار پایین ماکزیمم ممکن گردد. در این شرایط با درونیابی مقادیر انتالپی روی نمودار در دمای 175^oC بار حرارتی بخار فشار پائین بدست می آید:



$$\text{Load of } 180^\circ\text{C steam} = \frac{175-145}{185-145} \times 4$$
$$= 3 \text{ MW}$$
$$\text{Load of } 240^\circ\text{C steam} = 7.5 - 3$$
$$= 4.5 \text{ MW}$$

یوتیلیتی های چندگانه

ب) در مورد یوتیلیتی روغن داغ برای تعیین مینیمم مقدار دبی جرمی، نمودار دما-آنتالپی باید به گونه ای رسم گردد که بیشترین شیب ممکن را داشته باشد (شیب نمودار برابر معکوس آهنگ ظرفیت گرمایی است). در این شرایط نمودار خطی دما-آنتالپی روغن داغ محور عمودی را در دمای شیفت یافته $145^{o}C$ معادل با دمای $150^{o}C$ قطع می کند. بنابراین با توجه به این نمودار می توان دبی جرمی روغن داغ را تعیین نمود:

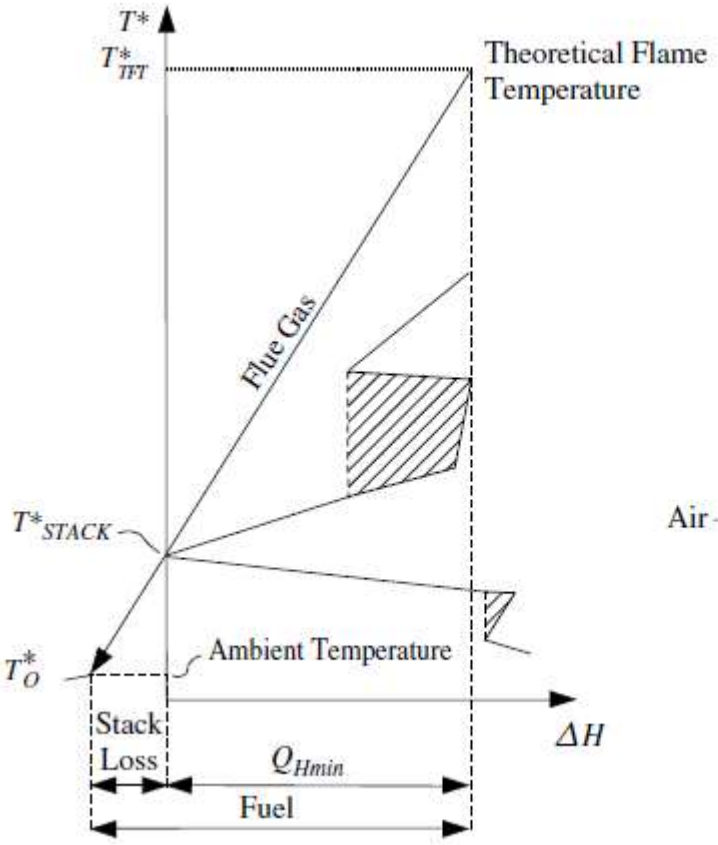


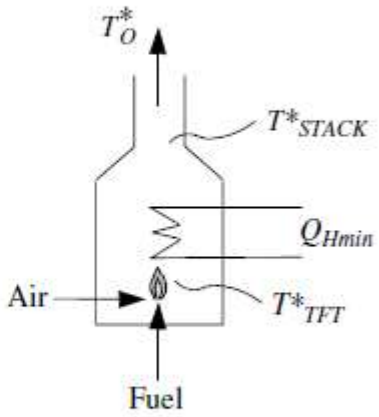
$$\text{Minimum flowrate} = 7.5 \times 10^3 \times \frac{1}{2.1} \times \frac{1}{(280 - 150)}$$

$$= 27.5 \text{ kg·s}^{-1}$$

یوتیلیتی های چندگانه

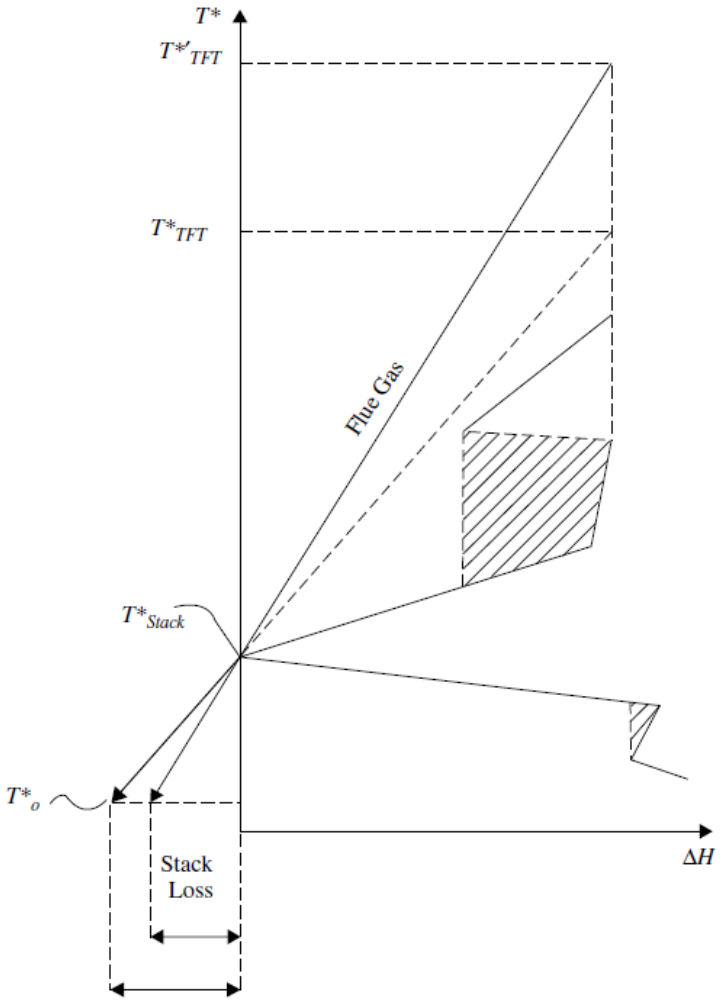
یکی دیگر از گزینه های تأمین یوتیلیتی گرم استفاده از کوره است. در شرایطی که نیاز به یک یوتیلیتی با دمای بالا و یا فلاکس حرارتی بالا وجود داشته باشد از حرارت تشعشعی ناشی از احتراق سوخت در کوره استفاده می گردد.





همانطور که در شکل روبرو مشخص است گاز دودکش حاصل از احتراق سوخت با هوا از دمای شعله تئوری T_{TFT} (دمای شعله آدیاباتیک) تا دمای دودکش T_{STACK} در داخل کوره تبادل حرارت کرده و در نهایت در دمای محیط T_o به اتمسفر تخلیه می گردد. میزان حرارت هدر رفته از گاز دودکش به اتمسفر همان بازه **Stack Loss** است.

یوتیلیتی های چندگانه



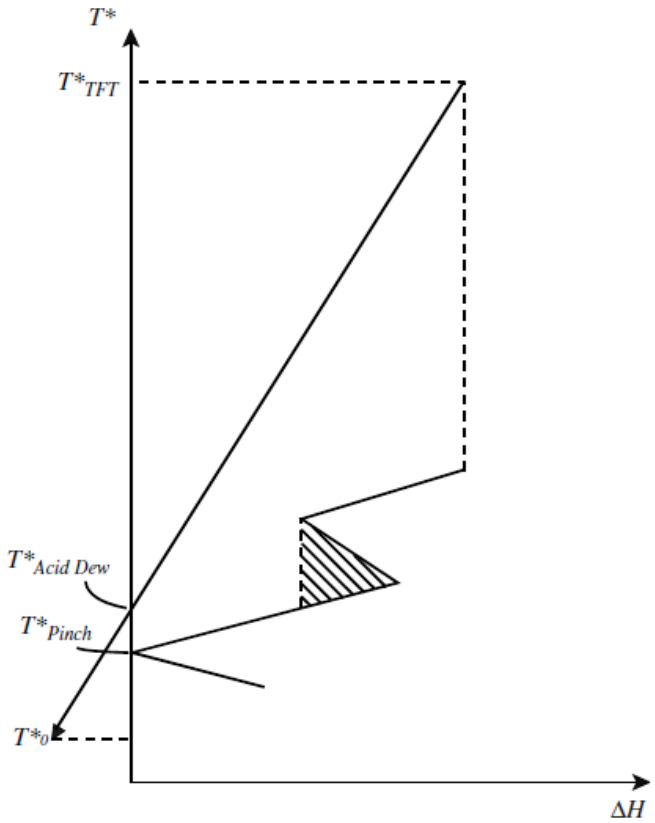
باید توجه داشت که بمنظور اطمینان از احتراق کامل در کوره ها از جریان هوا یا اکسیژن اضافی استفاده می شود که مقدار آن بسته به طراحی کوره و مشعل و نوع سوخت از 5% تا 20% متغیر است.

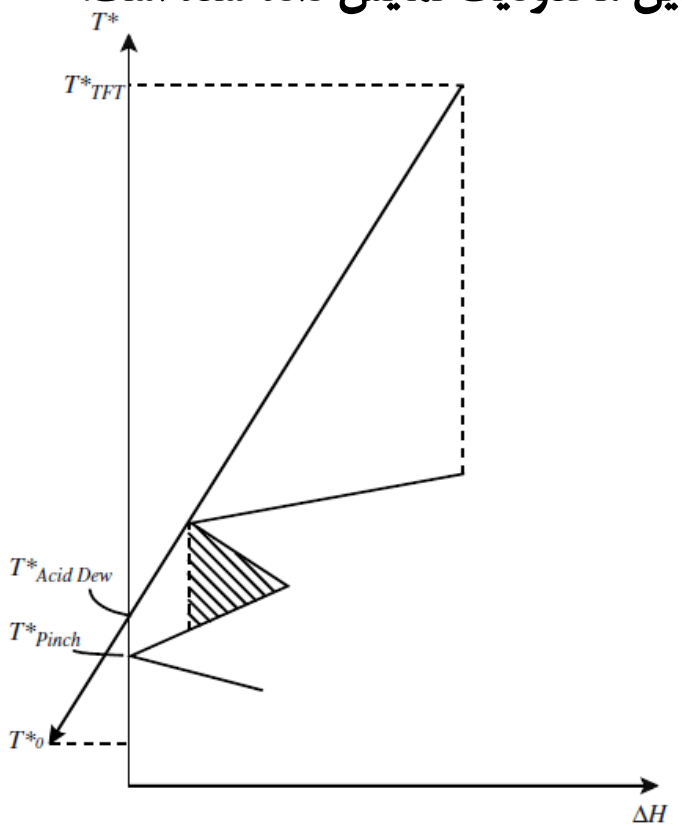
کاهش میزان هوای اضافی موجب افزایش دمای شعله آدیاباتیک و در نتیجه کاهش هدر رفت انرژی از دودکش و افزایش بازده کوره می گردد. همینطور پیش گرمایش هوای احتراق نیز چنین نتیجه ای را دربردارد.

اگر چه افزایش دمای شعله موجب کاهش مصرف سوخت در کوره می گردد اما از طرف دیگر موجب افزایش تشکیل اکسیدهای نیتروژن در گاز دودکش شده که یک مخاطره زیست محیطی است.

یوتیلیتی های چندگانه

همانطور که در نمودار صفحه قبل نشان داده شده است گاز دودکش قبل از تخلیه به اتمسفر می تواند تا دمای پینچ سرد گردد. اما همیشه چنین شرایطی وجود ندارد و ممکن است گاز دودکش به دلایل عملیاتی در دمایی بالاتر تخلیه گردد. در دو شکل زیر وجود دمای شبنم اسیدی و فرم خاص منحنی گراند بعنوان عوامل این محدودیت نمایش داده شده است.





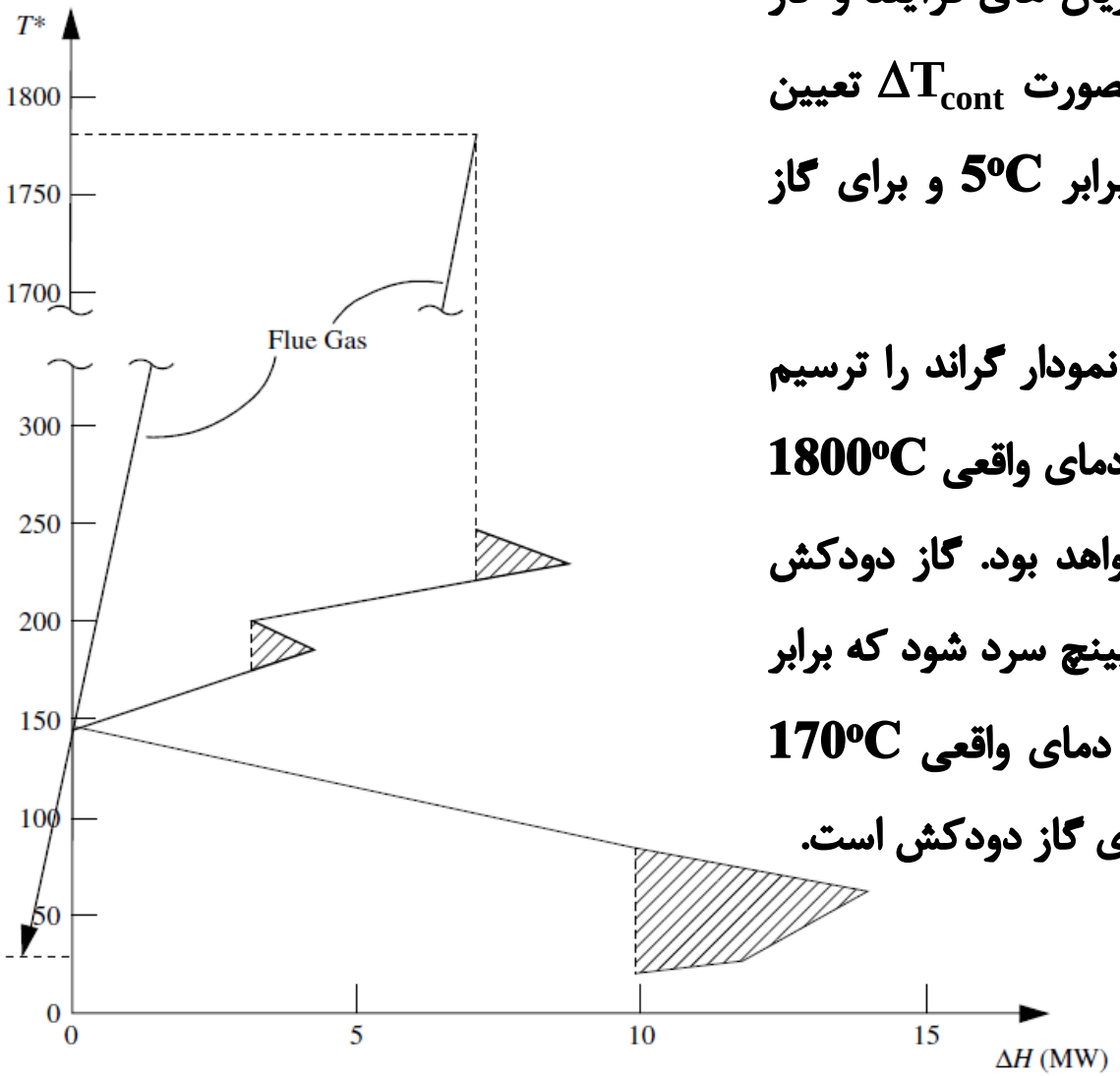
یوتیلیتی های چندگانه

مثال: برای فرآیندی با داده های جریان صفحه ۴۹ از یک کوره برای تأمین یوتیلیتی گرم استفاده خواهد شد. دمای شعله تئوری احتراق 1800^oC و دمای شبنم اسیدی برای گاز دودکش برابر 160^oC است. دمای محیط 10^oC می باشد.

فرض شود برای انتقال حرارت بین جریان های فرآیند $\Delta T_{min}=10^oC$ و برای انتقال حرارت بین فرآیند و گاز دودکش $\Delta T_{min}=30^oC$ است. این مقدار بیشتر ΔT_{min} بدلیل ضریب پائین انتقال حرارت در ناحیه همرفتی کوره در نظر گرفته شده است.

مصرف انرژی کوره، هدر رفت انرژی از دودکش و بازده کوره را بدست آورید.

یوتیلیتی های چندگانه

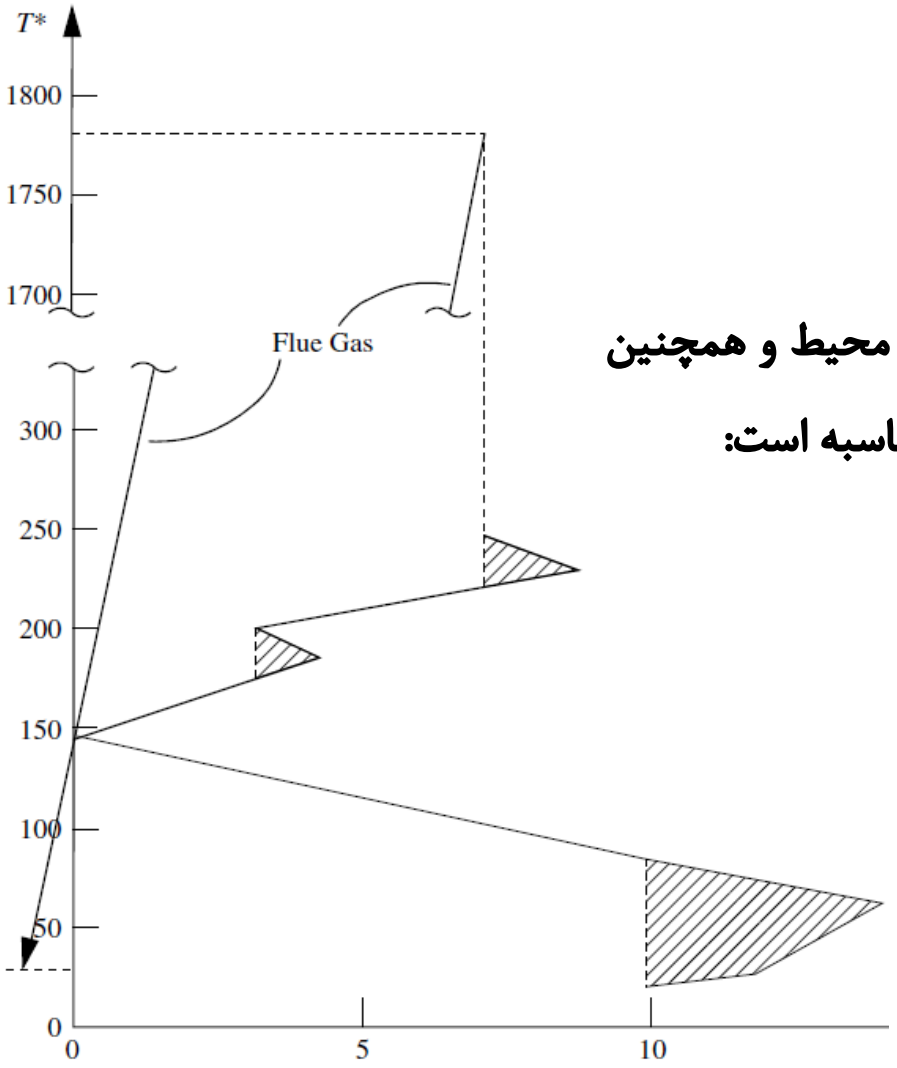


با توجه به مقادیر مختلف ΔT_{min} برای جریان های فرآیند و گاز دودکش می‌توان سهم هر نوع جریان را بصورت ΔT_{cont} تعیین نمود که برای جریان فرآیندی این سهم برابر 5^oC و برای گاز دودکش 25^oC خواهد بود.

ابتدا با استفاده از روش جدول حل مسئله نمودار گراند را ترسیم می‌نمائیم. نقطه آغاز برای گاز دودکش در دمای واقعی 1800^oC معادل با دمای شیفت یافته 1775^oC خواهد بود. گاز دودکش می‌تواند قبل از تخلیه به اتمسفر تا دمای پینچ سرد شود که برابر با دمای شیفت یافته 145^oC و معادل با دمای واقعی 170^oC می‌باشد. این دما بیش از دمای شبنم اسیدی گاز دودکش است.

یوتیلیتی های چندگانه

ابتدا CP گاز دودکش که برابر با معکوس شیب خط عملکرد آن است تعیین می گردد:



$$Q_{Hmin} = 7.5 \text{ MW}$$

$$CP_{FLUE\ GAS} = \frac{7.5}{1775 - 145}$$

$$= 0.0046 \text{ MW} \cdot \text{K}^{-1}$$

حال مصرف انرژی کوره در بازه دمای شعله تئوری و دمای محیط و همچنین هدر رفت انرژی در بازه دمای پینچ و دمای محیط قابل محاسبه است:

$$\text{Fuel required} = 0.0046(1800 - 10)$$

$$= 8.23 \text{ MW}$$

$$\text{Stack loss} = 0.0046(170 - 10)$$

$$= 0.74 \text{ MW}$$

$$\text{Furnace efficiency} = \frac{Q_{H\,min}}{Fuel\ Required} \times 100$$

$$= \frac{7.5}{8.23} \times 100$$

$$= 91\%$$