

بررسی کوره واحد شیرین سازی گاز مایع پالایشگاه گاز سرخون و بهینه سازی عملکرد آن

علی ذاکری^۱ - صمد رحیمی^۲ - ابوالفضل آتش جامه^۳ - محمد حسین غفاری^۴
بندر عباس - بلوار دانشگاه آزاد - شرکت پالایش گاز سرخون و قشم - واحد مهندسی و خدمات فنی
researcheng1@gmail.com

چکیده

به منظور شیرین سازی گاز مایع LPG تولیدی از پالایشگاه، یک واحد شیرین سازی از نوع غربال مولکولی Molecular Sieve طراحی، نصب و اجرا گردیده است. احیاء بستر غربال مولکولی، توسط گاز طبیعی خشک (Dry Natural Gas) انجام می شود، این گاز در یک کوره Direct Fired Heater تا دمای حدود 300°C گرم شده و سپس به بستر غربال مولکولی تزریق می گردد. به منظور بهینه سازی عملکرد این واحد، کاهش سوخت و افزایش بازده، پژوهشی انجام شده است که در این پژوهش، با توجه به محاسبات و بررسی های بعمل آمده، با افزایش ضخامت عایق خط انتقال گاز گرم از کوره به بسترهای غربال مولکولی اتلاف حرارت به میزان ۳۰ درصد کاهش یافته و تغییرات دبی و آنالیز گاز سوخت بازده به مقدار ۱/۱ درصد افزایش یافته است.

واژه های کلیدی: بستر غربال مولکولی - شیرین سازی گاز مایع - بازده کوره شعله مستقیم.

۱- مقدمه

جهت شیرین سازی گاز مایع تولیدی از پالایشگاه گاز سرخون، یک واحد شیرین سازی گاز مایع از نوع غربال مولکولی طراحی، اجرا و نصب شده است. گاز مایع تولیدی در واحد تثبیت میعانات گازی با دبی 90 ton/day و فشار 14.7 barg و دمای 60°C و با مقدار H₂S معادل 70ppmv به این پکیج شیرین سازی پمپ می گردد. گاز مایع ورودی، وارد یک جدا کننده دو فازه شده و پس از حذف آب آزاد همراه، وارد مرحله جذب (Adsorption Phase) می شود. هدف از این مرحله، زدودن H₂S از گاز مایع است. پس از حذف H₂S گاز مایع شیرین شده جهت فروش به مخازن کروی پمپ می گردد. در این پکیج، دو برج جذب وجود دارد که یکی در فاز احیاء و دیگری در فاز جذب است. بستر غربال مولکولی این برجهای جذب از نوع 13X و با فرمول شیمیایی (Na₂O . Al₂O₃ . 2.5SiO₂ . NH₂O) با سایز ۹ آنگستروم است. پس از گذشت ۲۴ ساعت از مرحله جذب، و اشباع تقریبی غربال مولکولی از H₂S، مرحله احیاء (Regeneration Phase) آغاز می گردد. این فاز شامل سه مرحله فرعی به شرح ذیل می باشد:

۱. خشک کردن (Drying)

- ۱- کارشناس ارشد مهندسی شیمی - مهندس سوخت و احتراق و انرژی پالایشگاه گاز سرخون و قشم
- ۲- کارشناس مهندسی شیمی - رئیس مهندسی و خدمات فنی پالایشگاه گاز سرخون و قشم
- ۳- کارشناس ارشد مهندسی شیمی - مهندس ارشد پروسس پالایشگاه گاز سرخون و قشم
- ۴- کارشناس مهندسی مکانیک حرارت و سیالات - مهندسی مکانیک پالایشگاه گاز سرخون و قشم

۲. گرم کردن (Heating)

۳. خنک کردن (Cooling)

در این مقاله عمده ترین تمرکز بر مرحله گرم کردن یا Heating است. در مرحله احیاء حرارتی حدود $360 \text{ m}^3/\text{hr}$ گاز فشار بالای خشک خروجی از پالایشگاه پس از کاهش فشار به حدود 5 barg وارد یک کوره شعله مستقیم می شود. در این کوره دمای گاز طبیعی مورد نیاز مرحله احیاء تا حدود 300°C افزایش داده می شود و سپس توسط یک خط لوله $3''$ از جنس کربن استیل با استاندارد ASTM A106 GR.B با ضخامت جداره Sch.40 به طول تقریبی ۱۱۶ متر و با عایقی از جنس پشم سنگ معدنی با دانسیته 100 kg/m^3 و ضخامت 30mm به بسترهای غربال مولکولی تزریق می گردد. این مرحله حدود ۱۰ ساعت ادامه می یابد.

۲- کوره واحد احیاء

کوره واحد احیاء از نوع شعله مستقیم و بر اساس استاندارد API - RP 560 طراحی شده است، سایر مشخصات طراحی این کوره به شرح ذیل می باشد :

Fuel Gas MW = 20.84

Fuel Gas Temp. = 40°C

Fuel Gas L.H.V = 43.354 kJ/Nm^3

Design Capacity = 732.69 kJ/hr

Normal Capacity = 584.896 kJ/hr

Min Capacity = 146.538 kJ/hr



۳- محاسبه و نتایج

به منظور بررسی عملکرد کوره در فاصله زمانی فروردین ماه ۱۳۸۴ لغایت مرداد ماه ۱۳۸۴، مطالعات گسترده ای صورت پذیرفته که نتایج آن به شرح ذیل ارائه می گردند:

۱. نتایج آنالیز گاز سوخت :

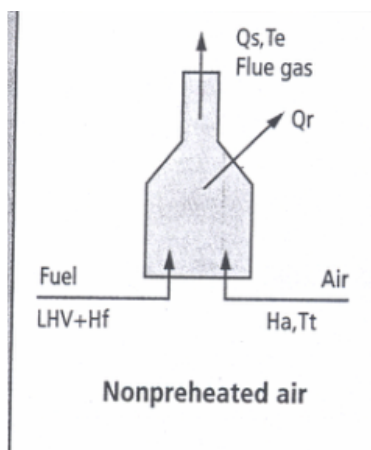
جدول ۱: آنالیز گاز سوخت

	۸۴/۱/۲۶	۸۴/۳/۲۶	۸۴/۳/۲۹	۸۴/۴/۲
CH ₄	0.7442	0.7440	0.7544	0.7541
C ₂ H ₆	0.1104	0.1103	0.1272	0.1269
C ₃ H ₈	0.0841	0.084	0.0589	0.0585
I - C ₄ H ₁₀	0.0096	0.0097	0.0117	0.0115
N - C ₄ H ₁₀	0.0139	0.0139	0.0176	0.0176
I - C ₅ H ₁₂	0.005	0.0051	0.0053	0.0054
N - C ₅ H ₁₂	0.0038	0.0038	0.0035	0.0036
C ₆ +	0.0022	0.0023	0.0025	0.0026
CO ₂	0.0021	0.0020	0.004	0.0042
N ₂	0.0247	0.0249	0.0154	0.0155
P (barg)	14.5	14.5	15	15.62
T (°c)	39	43	41	42
MW	21.942	21.954	21.664	21.68
L.H.V (kJ/gmol)	1.0268×10^6	1.0273×10^6	1.023×10^6	1.0232×10^6

۴- محاسبه بازده حرارتی کوره

بازده حرارتی کوره احياء با توجه به آناليز گاز سوخت و دمای دود کش Stack از روش standard charts and a spreadsheet help محاسبه شده است [۱]. روش محاسبه بر اساس نمودارهای استاندارد هوای اضافی و نمودار آنتالپی اجزاء گاز سوخت بوده و محاسبه بازده حرارتی از رابطه زیر انجام می‌پذیرد:

$$efficiency = \frac{total \cdot heat \cdot input - stack \cdot heat \cdot losses - radiation \cdot heat \cdot losses}{total \cdot heat \cdot input} \quad (1)$$



شکل شماره ۱

به این ترتیب [۲]:

$$e = \frac{(LHV + Ha + Hf) - Qs - Qr}{(LHV + Ha + Hf)} * 100 \quad (2)$$

که در رابطه ۲:

e: net thermal efficiency%

LHV: heat input or lower heating value of the fuel

Ha: heating input from of sensible heat of air

Hf: heat input in the form of sensible heat of fuel

Qs: calculated stack heat losses

Qr: assumed radiation heat losses

$$Ha = \frac{Kg \cdot of \cdot air}{Kg \cdot of \cdot fuel} * cp_{air} * (T_u - T_d) \quad (3)$$

$$Hf = cp_{fuel} * (T_f - T_d) \quad (4)$$

که در روابط فوق:

Cp air = specific heat of air

Cp fuel = specific heat of fuel

Tt = combustion air temperature

Tf = fuel temperature

Td = datum temperature(15C)

به این ترتیب با توجه به روابط بالا مقدار بازده حرارتی کوره احياء عبارتست از:

$$LHV = 1.0268 \times 10^6 \text{ Kj / Kgmol}$$

$$H_f = 637.35 \text{ Kj / Kgmol}$$

$$Ha_1 = 4396 \text{ Kj / Kgmol}$$

$$Ha_2 = 3516 \text{ Kj / Kgmol}$$

$$Q_{s_1} = 92656.3 \text{ Kj / Kgmol}$$

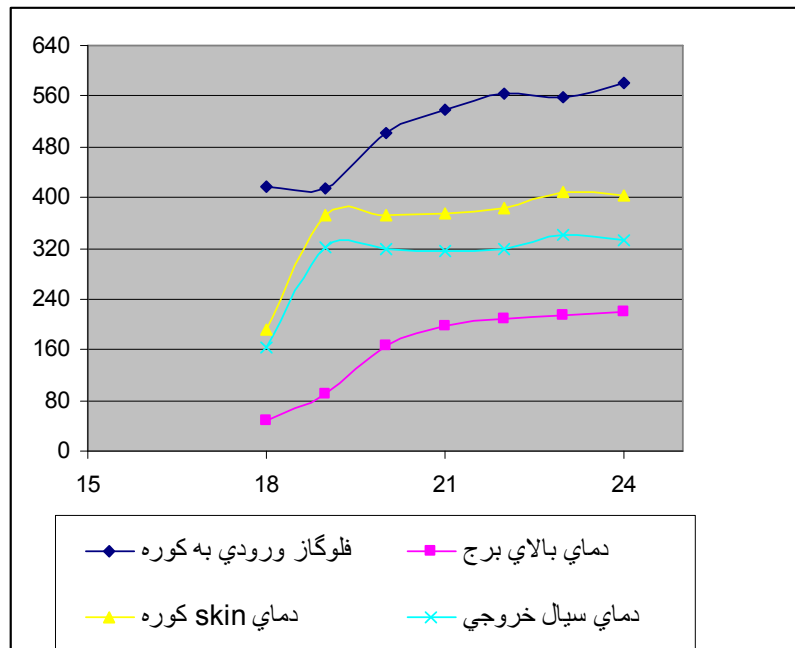
$$Q_{s_2} = 808114 \text{ Kj / Kgmol}$$

$$e_1 = 89\%$$

$$e_2 = 90.1\%$$

۵- تغییرات انتقال حرارت از کوره تا بسترهای غربال مولکولی

همانگونه که ذکر شد، جهت انتقال گاز گرم شده خروجی از کوره به بسترهای غربال مولکولی، از یک خط لوله 3" از جنس کربن استیل با استاندارد ASTM A106 GR.B و با ضخامت جداره Sch.40 استفاده می‌گردد. برای جلوگیری از اتلاف حرارت در ابتدا از عایقی به ضخامت 30mm از جنس پشم سنگ معدنی با دانسیته $K = 100 \text{ kg/m}^3$ استفاده شده بود. به منظور بررسی وضعیت عایق ابتدا شعاع بحرانی محاسبه گردید. براساس محاسبات انجام شده شعاع بحرانی برابر ۸۰ میلیمتر است [۳]. در هنگام راهبری سیستم، اعداد اندازه‌گیری شده به طور خلاصه در نمودار ۱ ارائه شده است.



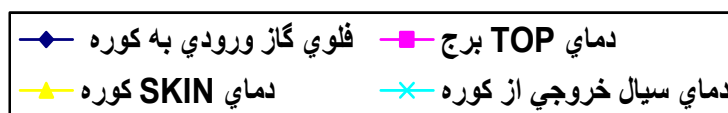
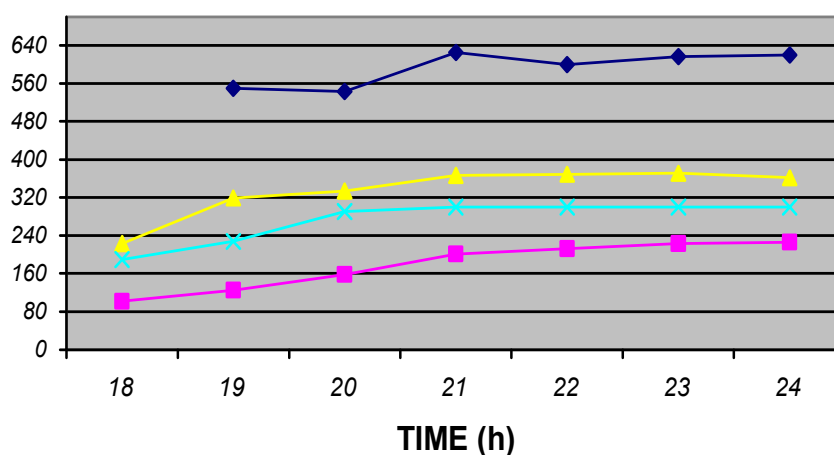
نمودار ۱- دما و دبی عملیاتی

با توجه به داده‌های نمودار ۱، مشاهده می‌گردد که میزان اتلاف حرارت نسبت به حالت طراحی، تقریباً بالاست که به منظور کاهش اتلاف حرارتی به کمک نرم افزار Hysys محاسبات انتقال حرارت انجام پذیرفت. نتایج حاصل از این شبیه‌سازی در جدول ۲ ارائه شده است.

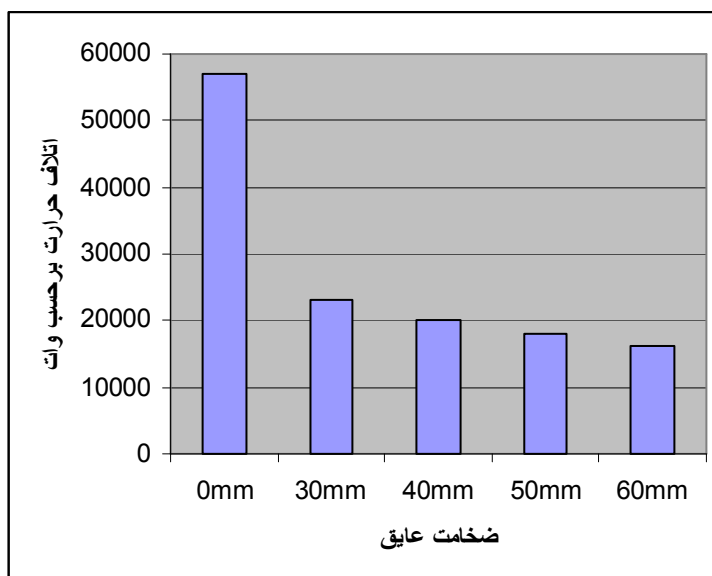
جدول ۲ - نتایج شبیه سازی خط انتقال گاز گرم به بسترها

فلو (m ³ /hr)	سرعت باد (m/s)	دمای محیط (°c)	ضخامت عایق (mm)	Tin/Tout (°c)	Pin/Pout (bara)
538	21	35	40	315/288	5/4.96
538	21	45	40	315/289	5/4.96
565	21	45	40	315/290	5/4.96
565	21	45	60	315/296	5/4.96
565	21	0	60	315/293	5/4.96
565	21	0	80	315/300	5/4.96

با توجه به نتایج بدست آمده ، میزان ضخامت عایق به 60 mm افزایش داده شد و نتایج حاصل عملیاتی در نمودار زیر ارائه گردیده است:



نمودار ۲- دماها و دبی عملیاتی پس از انجام اصلاحات

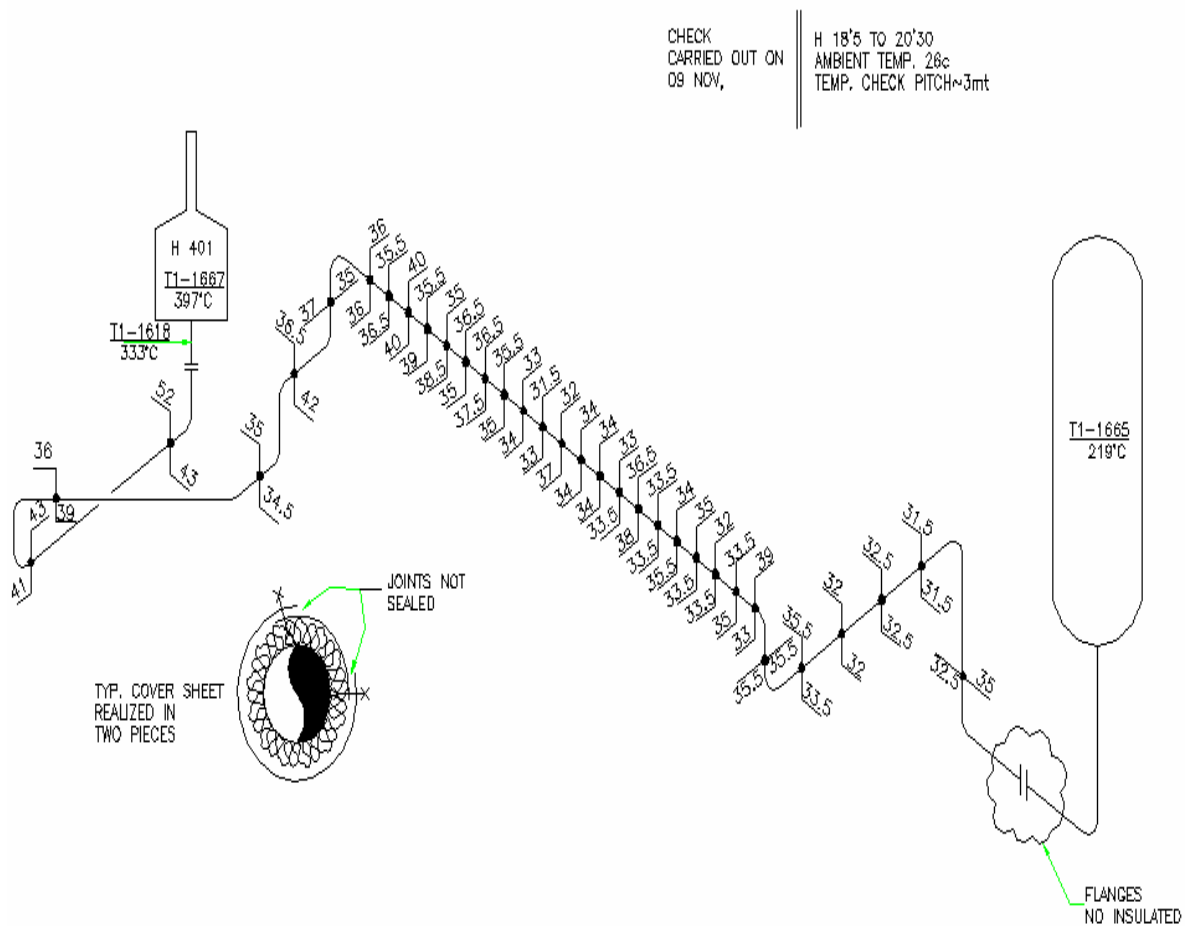


نمودار ۳- میزان اتلاف حرارت محاسبه شده بر حسب ضخامت عایق

همچنین به منظور بهینه سازی و کاهش اتلاف حرارتی، نقاطی مانند فلنج ها و شیرها که عایق نشده بودند نیز عایق شدند .



شکل ۲- فلنجهای فاقد عایق



شکل ۳- دماهای اندازه گیری شده بر روی پوشش عایق خط انتقال گاز گرم

۶- بحث و نتیجه گیری

- با بررسی های انجام شده مشاهده گردید که بازده کوره در حدود ۸۹٪ بوده است که با اعمال تغییرات بر ترکیب درصد سوخت و تغییر مقدار هوای اضافی بازده تا حدود ۹۰/۱٪ افزایش داده شد.

- با توجه به شرایط عملیاتی خط انتقال گاز گرم به بسترهای غربال مولکولی مقدار حرارت اتلاف شده $23157/08$ کیلو ژول بر ثانیه بوده که باز اصلاح عایق و عایق کاری شیرها و فلنچها مقدار اتلاف تا حدود $16241/93$ کاهش یافته است.
- با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول ۱ و اعداد طراحی جهت گاز سوخت مشاهده می‌گردد که مقدار وزن مولکولی گاز سوخت در حدود $4/7\%$ نسبت به حالت طراحی سنگین تر است، دمای ورودی نسبت به حالت طراحی تغییر معنی‌داری ندارد.
- به منظور بررسی وضعیت عایق دمای نقاط مختلف پوشش عایق اندازه‌گیری شد و مشاهده گردید این دما تفاوت معنی‌داری ندارد.

مراجع

- ۱- حسن طوبی "اصول طراحی کوره‌ها" انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۴
- 2- S.Patel, "simplify your thermal efficiency" Hydrocarbon processing, pp63-67, 2005
- 3- Ghosh, R.K, "flue gas analysis, a storehouse of unformatuion", Hydrocarbon processing, 53-56, 2003
- 4- API, RECOMMENDED PRACTICE, 532