بررسی کوره‌ی واحد شیرین سازی گاز مایع پالایشگاه گاز سرخون و بهینه‌سازی عملکرد آن

●علی ذاکری
●صمد رحیمی
●ابوالفضل آتش جامه
●محمد حسین غفاری

چکیده

به منظور شیرین سازی گاز مایع LPG تولیدی از پالایشگاه گاز سرخون و قشم 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 می‌شود، این گاز در یک کوره‌ی Direct Fired Heater تا دمای حدود ۳۰۰C گرم شده و سپس به بستر غربال مولکولی تزریق می‌گردد. به منظور بهینه سازی عملکرد این واحد، کاهش سوخت و افزایش بازده آن، پژوهشی انجام شده است. در این پژوهش، با توجه به محاسبات و بررسی‌های 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 درصدافزایش یافته است.

واژه های کلیدی

بستر غربال مولکولی - شیرین سازی گاز مایع - بازده کوره‌ی شعله مستقیم

۱ـ مقدمه

جهت شیرین سازی گاز مایع تولیدی از پالایشگاه گاز سرخون وقشم، 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 ۹۰ ton/day و فشار ۱۴/۷ barg و دمای ۶۰C و با مقدار H_2S معادل ۷۰ppmv 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 مرحله‌ی جذب (Adsorption Phase) می‌شود. هدف از این مرحله زدودن H_2S از گاز مایع است. پس از حذف H_2S 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 ۱۳X و با فرمول شیمیایی ($Na_2O.Al_2O_3.2/5SiO_2.NH_2O$) با سایز ۹ آنگستروم است.

پس از گذشت ۲۴ ساعت از مرحله‌ی جذب، و اشباع تقریبی غربال مولکولی از H_2S، مرحله‌ی احیاء (Regeneration Phase) آغاز می گردد. این فاز شامل سه مرحلهٔ فرعی به شرح ذیل می‌باشد:

۱ـ خشک کردن (Drying)

۲ـ گرم کردن (Heating)

۳ـ خنک کردن (Cooling)

در این مقاله عمده‌ترین تمرکز بر مرحله‌ی گرم کردن یا

Heating است. در مرحله‌ی احیاء حرارتی حدود $360\ m^3/hr$ گاز فشار بالای خشک خروجی از پالایشگاه پس از کاهش فشار به حدود 5barg وارد یک کوره‌ی شعله مستقیم می‌شود. در این کوره دمای گاز طبیعی مورد نیاز مرحله‌ی احیاء تا حدود ۳۰۰C افزایش داده می‌شود و سپس توسط یک خط لوله‌ی ۳ اینچی از جنس کربن استیل با استاندارد ASTM A۱۰۶ GR. B با ضخامت جدارهٔ ۴۰. Sch به طول تقریبی ۱۱۶ متر و با عایقی از جنس پشم سنگ معدنی با دانسیتهٔ $100\ kg/m^3$ و ضخامت ۳۰mm به بسترهای غربال مولکولی تزریق می‌گردد. این مرحله حدود ۱۰ ساعت ادامه می‌یابد.

۲ـ کوره‌ی واحد احیاء

کوره‌ی واحد احیاء از نوع شعله مستقیم و بر اساس استاندارد API - RP ۵۶۰ 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

۳ـ محاسبه و نتایج

به منظور بررسی عملکرد کوره در فاصله ی زمانی فروردین ماه ۱۳۸۴ لغایت مرداد ماه ۱۳۸۴، مطالعات گسترده‌ای صورت پذیرفته که نتایج آنالیز گاز سوخت در جدول یک ارائه گردیده است.

جدول ۱ـ آنالیز گاز سوخت

	۸۴/۱/۲۶	۸۴/۲/۲۶	۸۴/۳/۲۹	۸۴/۴/۲
CH_4	0.7442	0.7440	0.7544	0.7541
C_2H_6	0.1104	0.1103	0.1272	0.1269
C_3H_8	0.0841	0.084	0.0589	0.0585
$I-C_4H_{10}$	0.0096	0.0097	0.0117	0.0115
$N-C_4H_{10}$	0.0139	0.0139	0.0176	0.0176
$I-C_5H_{12}$	0.005	0.0051	0.0053	0.0054
$N-C_5H_{12}$	0.0038	0.0038	0.0035	0.0036
C_6^+	0.0022	0.0025	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	21.864	21.68
LHV (kj/gmol)	1.0266×10^3	1.0273×10^3	1.023×10^3	1.0232×10^3

۴ـ محاسبه ی بازده حرارتی کوره :

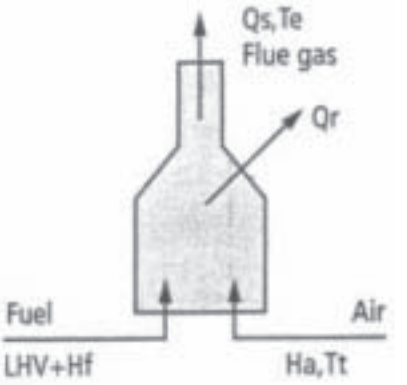
بازده حرارتی کوره احیاء با توجه به آنالیز گاز سوخت و دمای دود کش Stack از روش standard charts and a spreadsheet help محاسبه شده است [۱]. روش محاسبه بر اساس نمودارهای استاندارد هوای اضافی و نمودار آنتالپی اجزاء گاز سوخت بوده و محاسبه بازده حرارتی از رابطه (۱) انجام می‌پذیرد:

(۱)

$$efficency = \frac{total \cdot heat \cdot input - stack \cdot heat \cdot losses - radiation \cdot heat \cdot losses}{total \cdot heat \cdot input}$$

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



شکل شماره ۱

به این ترتیب [۲]:

(۲)

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

در روابط ۳ و ۴:

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 احیاء عبارتست از:

$$LHV = 1.0268\times10^6\ Kj/Kgmol$$
$$Hf = 637.35 Kj/Kgmol$$
$$Ha_1 = 4396 Kj/Kgmol$$
$$Ha_2 = 3516 Kj/Kgmol$$
$$Qs_1 = 92656.3 Kj/Kgmol$$
$$Qs_2 = 808114 Kj/Kgmol$$
$$e_1 = 89\%$$
$$e_2 = 90.1\%$$

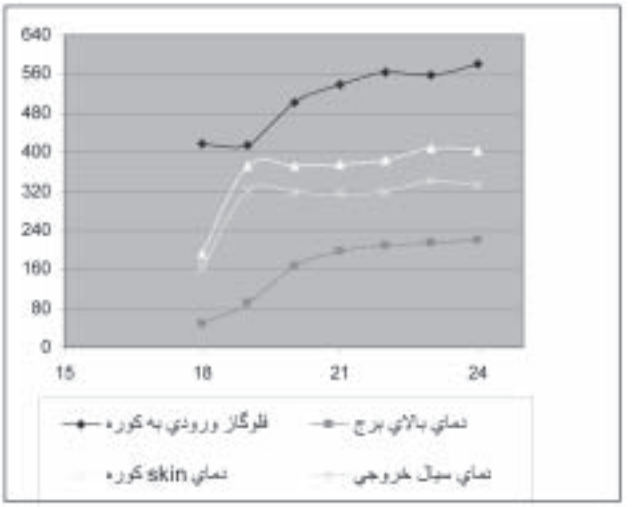
(۳)

$$Ha = \frac{Kg \cdot of.air}{Kg.of.fuel} * cp_{air} * (T_{tt} - T_d)$$

(۴)

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

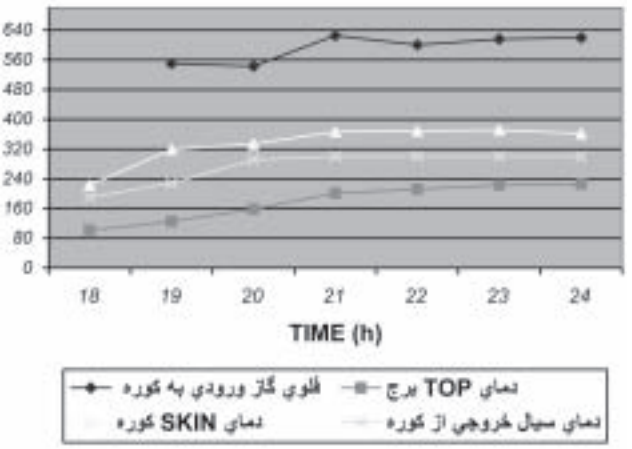
شرکت آریو پاد، نماینده مبدل های صفحه ای GEA Ecoflex آلمان و برج های خنک کننده GEA Polacel هلند



نمودار ۱ ـ دما و دبی عملیاتی

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

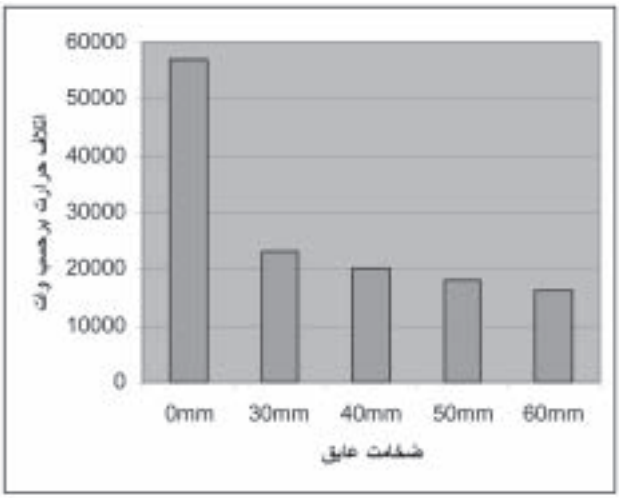
نمودار ۲ ـ نتایج شبیه سازی خط انتقال گرم به بسترها



نمودار ۲ ـ دماها و دبی عملیاتی پس از انجام اصلاحات

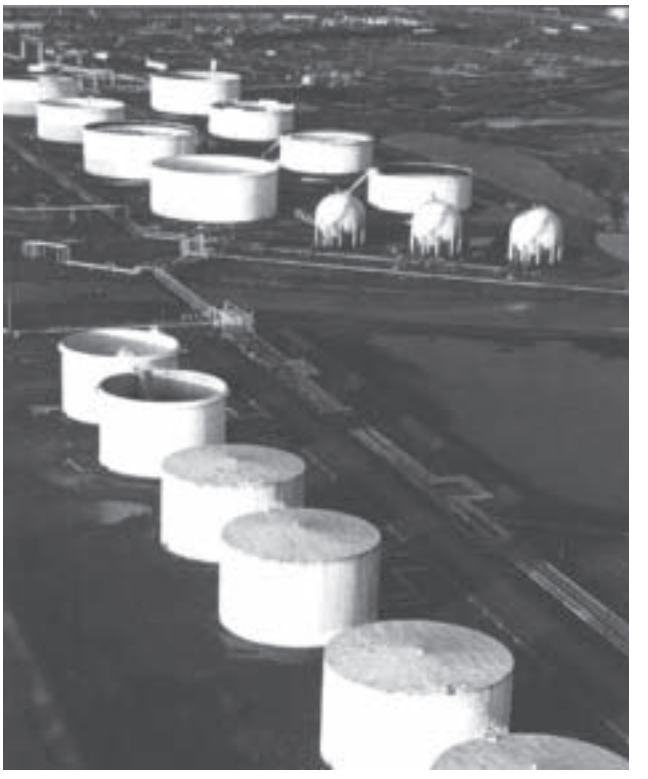
۵-تغییرات انتقال حرارت از کوره تا بسترهای غربال مولکولی

همانگونه که ذکر شد، جهت انتقال گاز گرم شده ی خروجی از کوره به بسترهای غربال مولکولی، از یک خط لوله‌ی ۳ اینچی از جنس کربن استیل با استاندارد ASTM A۱۰۶ GR .B و با ضخامت جداره ی ۴۰. Sch استفاده می‌گردد. برای جلوگیری از اتلاف حرارت در ابتدا از عایقی به ضخامت ۳۰mm از جنس پشم سنگ معدنی با دانسیتهٔ $K =۱۰۰ kg/m^3$ 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 یک ارائه شده است.

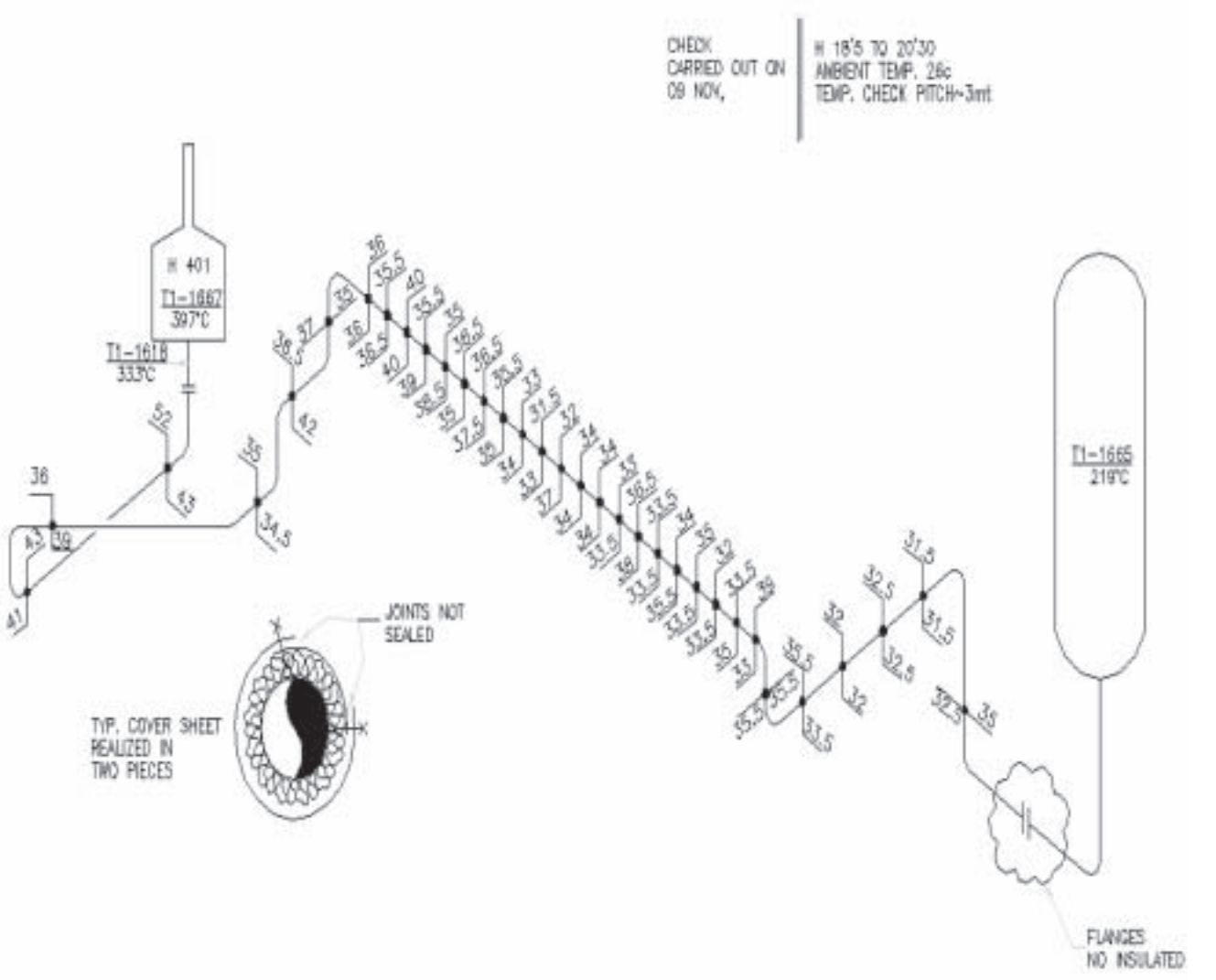


نمودار۳ ـ میزان اتلاف حرارت محاسبه شده بر حسب ضخامت عایق

شکل۲ـ فلنج‌های فاقد عایق



شرکت آریو پاد، نماینده مبدل های صفحه ای GEA Ecoflex آلمان و برج های خنک کننده GEA Polacel هلند



با توجه به داده های نمودار یک، مشاهده می گردد 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 شبیه سازی در جدول ۲ ارائه شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده، میزان ضخامت عایق به ۶۰mm افزایش داده شد و نتایج حاصل عملیاتی در نمودار دو ارائه گردیده است:

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

۶ـ 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 ۲۳۱۵۷/۰۸ کیلو ژول بر ثانیه بوده که از اصلاح عایق و عایق کاری شیر ها و فلنج‌ها مقدار اتلاف تا حدود۱۶۲۴۱/۹۳ کاهش یافته است.

-با توجه به داده‌های ارائه شده در جدول ۱ و اعداد طراحی جهت گاز سوخت مشاهده می گردد که مقدار وزن مولکولی گاز سوخت در حدود ۴/۷٪ نسبت به حالت طراحی سنگین‌تر 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 معنی داری ندارد.

مراجع

۱ـ حسن طوبی" اصول طراحی کوره‌ها" انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان،۱۳۸۴

1- S.Patel," simplify your thermal efficiency" Hydrocarbon processing,pp63-67,2005

2- Ghosh,R.K,"flue gas analysis,astorehouse of unformatuion",Hydrocarbon processing,53-56,2003

3- API,RECOMMENDED PRACTICE,532

شرکت آریو پاد، نماینده مبدل های صفحه ای GEA Ecoflex آلمان و برج های خنک کننده GEA Polacel هلند