Archive of SID

بهینه سازی مصرف انرژی کوره H- 702 پالایشگاه گاز سرخون وقشم به روش بازیافت انرژی

جمشید خورشیدی [۱] - بتول جهانشاهی [۲]
بندرعباس -دانشگاه هرمزگان
JKhorshidi@yahoo.com

چکیده

نظربه این که بیش از ۹۰ درصد انرژی مصرفی جهان از احتراق سوختهای فسیلی تهیه می شود .نیاز فرآیندی جهان به انرژی ،محدود بودن ،تجدیدناپذیر بودن کاهش سریع منابع سوخت فسیلی و مشکلات زیست محیطی بشر را برآن داشته است که نسبت به بهینه سازی مصرف این نوع از انرژی دقت بیشتری نماید. قسمت اعظم سوخت های فسیلی در بخش پالایشگاهی و در قسمت کوره های صنعتی به مصرف می رسد، بنابراین مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در کوره ها بسیار مهم می باشد. بر این اساس در این مقاله جهت افزایش راندمان کوره H702با استفاده از بازیافت انرژی گاز های خروجی از کوره به منظور گرم کردن هوای احتراق پرداخته شده است. ابتدا میزان مصرف گاز سوخت در کوره در شرایط موجود و همچنین مقدار انرژی گرمایی که از دودکش کوره خارج می گردد محاسبه شده است.سپس با توجه به بررسی انواع روش های بازیافت بهترین روش برای بازیافت این مقدار انرژی گرمایی در کوره H702،(استفاده از مبدل حرارتی پوسته و لوله) انتخاب شده است .بعد از طراحی مبدل حرارتی مورد نیاز فرآیند هوای مورد نیاز احتراق در مبدل حرارتی با گاز های خروجی از کوره تبادل حرارت نموده و درنتیجه دمای آن تا ۲۰۰درجه سانتیگراد افزایش خواهد یافت که نتیجه آن افزایش بازده کوره از ۸۱/۵۲ درصد به ۸۸/۶۵ درصد می باشد و همچنین مصرف سوخت کوره سالانه ۲۷۸۸۵۹ مترمکعب کاهش خواهد داشت . از طرفی از ورود گاز های احتراق با دمای بالا (^{o}c ۳۰۰) به هوا و افزایش دمای محیط جلوگیری خواهد شد . هزینه اولیه مورد نیاز جهت خرید مبدل حرارتی ۲۰۰۰۰۰۰۰۰ ریال می باشد که به این روش بعد ازهفت سال برگشت سرمایه خواهد داشت .

کلمات کلیدی : بهینه سازی مصرف انرژی , کوره های صنعتی , بازیافت انرژی , احتراق

www.energycon.ir
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گستردگی و اهمیت احتراق سوخت های فسیلی برای تولید انرژی در صنعت و وسایل نقلیه و مصارف خانگی برکسی پوشیده نیست.در اثر احتراق سوخت های فسیلی انرژی شیمیایی تبدیل به انرژی گرمایی می شود که یا مستقیما به مصرف می رسد و یا از طریق دستگاه های تبدیل کننده به کار مکانیکی تبدیل می شود .انرژی مکانیکی به نوبه خود یا مستقیما در صنعت استفاده می شود ویا در نیروگاه ها به انرژی الکتریکی تبدیل می شود . این سوخت برای ایجاد کار یا در فشار ثابت در کوره ها و یا در حجم ثابت در در موتورهای احتراق داخلی مصرف می گردد .

در عین حال ما با بنیادی ترین قوانین طبیعت نیز روبرو هستیم که آن را به عنوان اصول ترمودینامیکی می شناسیم . طبق اصل اول این علم انسان فقط می تواند ماده و انرژی موجود در طبیعت را از شکلی به شکل دیگر تبدیل کندو از آن برای آسایش خود بهره گیرد . به عبارتی انسان قدرت خلق و محو را ندارد. اصل دوم هشدار می دهد که بشر باید موظب سرمایه گرانبهای طبیعت باشد . [۱]

با توجه به این اصول از یک سو و نرخ گران انرژی های فسیلی ار سوی دیگر هرگونه بحث و پژوهش در مورد مدیریت انرژی های فسیلی حائز اهمیت است .

قسمت عمده مصارف انرژی در بخش صنعت در کوره های صنعتی می باشد .علاوه برآن کوره های صنعتی تاثیر فراوانی در مبحث آلودگی محیط زیست دارند و از آنجا که امکان تبدیل صد در صدی انرژی به کار مفید وجود ندارد بخشی از این انرژی به شکل گرما تلف می شود .از این رو به منظور استفاده مجدد از این حرارت هدر رفته و صرفه جویی در مصرف سوخت سیستم های متعددی توسعه یافته اند که به طور گسترده در صنایع مورد استفاده قرار می گیرند .اصول کار اکثراین سیستم ها انتقال حرارت از جریان گرم خروجی به جریان سرد ورودی با دمای پایین می باشد . بدین ترتیب بخش عمده ای از حرارت تلف شده به جریان دیگر بر می گردد. [۲]

یکی از راههای بهینه سازی مصرف انرژی استفاده از انرژی گرمایی گازهای خروجی از دودکش کوره می باشد .امروزه از این انرژی برای مصارف زیادی مثل پیش گرمایش هوای احتراق – گرمایش سیال فرایند – پیش گرمایش آب تغذیه بویلر – گرمایش آب مصرفی استفاده می شود [۱]

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و شرایط فیزیکی واحد 700 پالایشگاه گاز سرخون و قشم از راه های پیشنهاد شده برای بهره برداری ازاین انرژی حرارتی استفاده از آن برای پیش گرمایش هوای احتراق است . به این ترتیب در مصرف سوخت صرفه جویی خواهد شدمیزان هوای اضافی[۱]احتراق کاهش می یابد .فاکتورهای موثر در آلودگی زیست محیطی کم می شود و راندمان کوره افزایش خواهد داشت

در کار حاضر از پتانسیل حرارتی گازهای خروجی از دودکش کوره[۲] استفاده شده و توسط آن هوای لازم برای احتراق به اندازه $230\ ^{O}C$ گرم می شود. به این ترتیب انرژی گرمایی لازم برای گرم کردن هوای احتراق تا نقطه اشتعال کاهش می یابد. برای رسیدن به این هدف مبدل حرارتی [۳](رکوپراتور [۴])طراحی گردیده است . که در آن سیال گرم همان گازهای خروجی از دودکش و سیال سرد هوای احتراق می باشد.

این بهترین روش برای بازیافت انرژی به منظور بهینه سازی مصرف انرژی می باشد .

www.SID.ir

Archive of SID

۱- معرفی کوره H-702 واحد 700 پالایشگاه گاز سرخون و قشم

کوره H-702 پالایشگاه گاز سرخون و قشم از نوع استوانه ای با قطر داخلی حدود 3.6 m و ارتفاع 35.4m از سطح زمین و دارای دو بخش تابشی و جابجایی می باشد. پوشش داخلی کوره از جنس Light weight Insulating concrete با ضخامت 203 mm می باشد.

قطر داخلی دودکش 0.935 m و ارتفاع آن 22.37 m می باشد. کوره شامل ۳ مشعل است که در کف کوره قرار دارند ودر شرایط نرمال هر کدام 1.47MW گرما تولید می کنند.

سیال فرایند با دبی 14.3375 kg/s و تحت فشار و دمای به ترتیب 1690kpa , 236^{o} c وارد کوره شده و با جذب حرارت با فشار ودمای 1270kpa و 290^{o}c خارج می شود. سوخت مورد نیاز مشعل های کوره گاز طبیعی fuel gas با 15% هوای مازاد برای احتراق می باشد. ارزش حرارتی آندر حالت LHV برابر 47 می باشد و در اثر سوختن آن با هوای مازاد 4.474MW گرما تولید می شود که مقدار 3.647 MW آن توسط سیال فرایند جذب شده و بقیه تلف می شود. دمای گازهای خروجی از دودکش 290^{o}c می باشد.[۳]

---

1) Excess air

2) Stack

4)Recuperator

3)Heat exchanger

۲- محاسبه تلفات حرارتی گازهای خروجی از دودکش

گاز طبیعی با ترکیب مندرج در جدول ذیل همراه با ۱۵ ٪ هوای اضافی می سوزد. و طبق واکنش احتراق محصولات احتراق حاصل می شود.

$$1(fuel)+2.83(o2+3.76N2+0.175H2O) \rightarrow 1.33CO2+10.73N2+0.37702+2.79H2O \quad (1)$$

www.SID.ir

Archive of SID

دمای شعله، آریاباتیک عبارت است از: $2074.4\ ^{O}C$ [۴]

Af (نسبت هوا به سوخت)= 18.47 [۴]

جدول۱- ترکیبات گاز طبیعی مورد استفاده برای سوخت بر حسب درصد مولی [۵]

CH4	C2H6	CSH8	i-C4H10	nC4H10	i-C5H12	n-C5H12	C6	C7	C8	N2	Co2
77.39	9.64	5.13	1.14	1.7	0.43	0.59	0.35	0.19	0.04	2.79	0.61

بر اساس واکنش فوق و به استنادبه این که ترکیب گازهای خروجی از دودکش دارای Z = 0.99 و رفتار گاز ایده ال دارند مقدار کل آنتالپی ترکیب در دمای $290\ ^{O}C$ بر اساس جدول شماره ۲ محاسبه می شود

جدول۲- مقدار تغییرات آنتالپی گازهای خروجی از دودکش در دمای $290\ ^{o}c$ [۶]

ترکیب	مقدار مولی	درصد مولی	مقدار آنتالپی $\Delta h(\frac{kj}{kmol})$
CO_2	1.33	8.9	-382338.1
N_2	10.73	69.9	7783.7
O_2	0.377	2.5	8067.2
H_2O	2.79	18.4	-232657.3

$$(2)\Delta h = \sum yt\Delta h_t = -71194.55\frac{kj}{Kmol}$$

جرم مولکولی این ترکیب $27.6\ \frac{kg}{Kmol}$ و دانسیته آن $0.5431\ \frac{kg}{m3}$ و دبی جرمی آن 6658.74 Kg /hr می باشد.

اگر گازهای خروجی را که دارای دمای $290\ ^{o}c$ هستند تا دمای 150c سرد کنیم (نقطه شبنم اسید سولفوریک) مقدار حرارت آزاد شده عبارت است از: [۷]

$$(3)Q = \int_{T_1}^{T_2} mcpdt = \int_{T_1}^{T_2} m(a + bT + cT^2 + dT^3)dt$$

$$Q = -4748.83\ KW$$

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار سوخت مصرف شده توسط هر مشعل $114\frac{kg}{hr}$

مقدار هوای احتراق $6316.74\frac{kg}{hr}$ می باشد. [۳]

با برقراری بالانس انرژی هوای احتراق را می توان تا $200\,^{o}c$ گرم نمود.

۳-محاسبه آنتالپی هوای احتراق در دمای $200\,^{o}C$ [۶]

جدول۳- ترکیب هوای احتراق و تغییرات آنتالپی[۵]

ترکیب	مقدار مولی	درصد مولی	مقدار آنتالپی $\Delta h(\frac{kj}{kmol})$
O2	2.83	20.26	5252.7
N_2	10.64	76.2	5112.5
H_2O	0.495	3.55	-235842.3

مقدار دبی هوای احتراق $6316.74\ \frac{kg}{hr}$ می باشد که دارای جرم مولکولی $28.45\frac{kg}{Kmol}$ و Z= 0.993 می باشد. رفتار این ترکیب به صورت گاز ایده آل می باشد. برای افزایش راندمان کوره های صنعتی راههای متعددی توصیه شده است از میان روش های ذکر شده در بخش مقدمه با توجه به شرایط و توانایی های کوره H-702 و ویژگی های منطقه بهترین روش برای بالا بردن راندمان آن پیش گرمایش هوای احتراق با استفاده از انرژی حاصل از گازهای خروجی از دودکش می باشد .تا از هدر رفت این انرژی و افزایش دمای محیط جلوگیری شود.راه دستیابی به این هدف استفاده از مبدل حرارتی می باشد تا تبادل حرارت بین گاز های خروجی از دودکش و هوای احتراق صورت پذیرد .

با برقراری موازنه انرژی بین گازهای خروجی از دودکش از یک طرف (به عنوان سیال گرم) و هوای لازم جهت احتراق از طرف دیگر (به عنوان سیال سرد) در یک مبدل حرارتی دمای گازهای خروجی را از $340\,^{o}C$ به $150\,^{o}C$ (نقطه شبنم اسید سولفوریک) رسانده می شود .هوای لازم جهت احتراق سوخت را می توان از $25\,^{o}C$ تا $200\,OC$ گرم نمود

طراحی و محاسبات مربوط به مبدل حرارتی[6] مناسب برای کوره فوق به روش kern انجام شده است .[۷]

مقدار کل آنتالپی هوا و سوخت در شرایط کارکرد فعلی کوره که سوخت با دمای $45\,^{o}C$ و هوا با دمای $25\,^{o}C$ وارد محفظه احتراق می شود برابر است با :

$$\Delta h_1 = -199260.605\ Kj/Kmol$$

با افزایش دمای هوای احتراق تا $200\,^{o}C$ مقدار آنتالپی خواهد شد :

$$\Delta h_2 = -126825.67 \qquad Kj/Kmol$$

$$\Delta h = \Delta h_2 - \Delta_{h1} = 72434.93 \qquad (4)$$

همانطور که ملاحظه می گردد با گرم کردن هوا به میزان $200\,^{o}C$ مقدار آنتالپی به اندازه $72434.93\ Kj/Kmol$ به ازای یک کیلو مول سوخت افزایش یافته است .

www.energycon.ir

www.SID.ir

Archive of SID

با این رویکرد که در روند کارکرد کوره هیچ تغییری ایجاد نشود به عبارتی می خواهیم سیال فرایند باهمان دبی و دما و فشار ذکر شده وارد کوره شده و با همان شرایط افزایش دما پیدا کند.برای ثابت نگه داشتن مقدار آنتالپی کوره باید از مقدار سوخت بکاهیم .

گاز طبیعی با ترکیب ذکر شده دارای جرم مولکولی $21.55\ Kg/Kmol$ و $LHV = 47\ Mj/Kg$ و $= 0.771$ $\rho Kg/m^3$ می باشد .

مقدار آنتالپی سوخت صرفه جویی شده $3361.25\ KJ/Kg$ است .

مقدار انرژی گرمایی افزایش یافته

$$Q = \dot{m}\Delta h = 3\ *(114 / 3600)\ *3361.25 = 319.32\ Kw$$

نتایج :

از آن جایی که نیاز انسان به سوخت وانرژی های فسیلی هر روز بیشتر می شود ,مدیریت و بهینه سازی مصرف آن حائز اهمیت است یه این جهت انرژی گرمایی تلف شده از دودکش کوره H702 پالایشگاه گاز سرخون و قشم که مقدار قابل توجهی می باشد برای کمک به بهینه سازی مصرف انرژی و جلوگیری از اتلاف انرژی در این مقاله اندازه گیری شدو با استفاده از روش بازیافت نتیج زیر حاصل گردید.

$$\eta 1 = \frac{\text{گرمای جذب شده}}{\text{گرمای کل}} = \frac{3647}{4474} = 81.52\ \% \quad (5)$$

$$\eta 2 = \frac{\text{گرمای بازیافت شده+گرمای جذب شده}}{\text{گرمای کل}} = \frac{3647+319.32}{4474} = 88.65\%$$

$$\Delta\eta = \Delta\eta 2 - \Delta\eta 1 = 7.13\% \quad (6)$$

$$\dot{m} = \frac{319.32}{47800} = 0.0067\ Kg/s$$

مقدار سوخت صرفه جویی شده برابر $214.26\ ton$ در سال معادل $277894.8\ m^3$ می باشد.

بحث و نتیجه گیری

هر چند اغلب کشورهای دنیا در صدد استخراج هر چه بیشتر انرژی هستند باید نهایت دقت در کمتر هدر دادن آن با استخراج مناسب سوخت های جامد از معادن و نفت وگاز از چاهها شده و از آنها در واحدهای صنعتی به گونه علمی استفاده گردد.مصرف بی رویه و غیر اصولی انرژی های فسیلی و مساله مهم تجدیدناپذیر بودن این انرژی ها و همچنین قیمت رو به افزایش آن پژوهشگران و مهندسان کشور را وادار به ابداع و نوآوری روش هایی جهت بهینه سازی و مدیریت این انرژی نموده است .اکثر مصرف سوخت های فسیلی در کشور ما در صنایع پالایشگاهی می باشد .چون کوره های صنعتی بزرگترین مصرف کننده های این نوع انرژی هستند بهینه سازی کارکرد آنها گام بزرگی در جهت مدیریت مصرف انرژی می باشد .از جمله روش های بهینه سازی کارکرد کوره های صنعتی کنترل عایق دیوارها کوره و شکستگی و ترک در آجرهای نسوز و کنترل

www.SID.ir

Archive of SID

هوای اضافی احتراق و شناسایی و برطرف کردن نشتی در کوره و پیش گرمایش هوای احتراق می باشد .با توجه به شرایط خاص کوره H – 702 پالایشگاه گاز سرخون وقشم بهترین روش برای بهینه سازی مصرف انرژی وافزایش راندمان این کوره پیش گرمایش هوای احتراق است .بدین منظور از انرژی حرارتی گازهای حاصل از احتراق (خروجی دودکش) که دارای ارزش حرارتی بالایی بوده و در حال هدر رفتن است استفاده شده است و با قرار دادن این گازها در مجاورت هوای لازم برای احتراق در یک مبدل حرارتی تبادل حرارت بین این دو نوع سیال به وجود آمده است و منجر به افزایش دمای هوای احتراق از ^{O}C 25 به ^{O}C 200 شده است .مبدل حرارتی (رکوپراتور) برای انجام عملیات تبادل حرارت به روش Kern طراحی و محاسبه شده است .

این امر موجب افزایش راندمان کوره به اندازه % 7.13 شده که کار کرد کوره را بهینه می نماید .واستفاده ا انرژی گرمایی گاز های خروجی از دودکش مصرف سوخت را سالانه به اندازه 650 Ton معادل $277894.8\ m^3$ به ارزش 27789485 ریال کاهش می دهد .با عنایت به این که در روند کارکرد کوره جهت گرمایش سیال فرایند هیچ تغییری حاصل نمی شودو با ثابت بودن AF (نسبت هوا به سوخت) مقدار درصد هوای لازم جهت احتراق نیز کاهش می یابد هزینه خرید مبدل حرارتی جهت عملیات فوق2,000,000,000 ریال می باشد که بعد از هفت سال برگشت سرمایه به پالایشگاه را داردو این پروژه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است .

www.energycon.ir

تشکر و قدردانی

با توجه به این که پروژه فوق با حمایت مالی پالایشگاه گاز سوخون و قشم انجام گردیده است از همکاری و مساعدت مدیریت محترم آن مجموعه تشکر و قدر دانی می شود.

علایم

ρ = دانسیته

www.SID.ir

Archive of SID

Δh = تغییرات آنتالپی

yi = مقدار مولی

$\dot{m}$ = دبی جرمی

η = راندمان

www.energyconf.ir

منابع و مراجع

[1] Bamford CH Tipper CFH (1977)chemical kinetic,combustion.

www.SID.ir

Archive of SID

[2] ACaDrives,energy saving with adjustable frequency drives centrifugal fans, 2007www. Rock well automation.com

[3] Data sheets for H-702

[4] احتراق /ج .وارناتر یو ماس / مترجم محمد مقیمیان -دانشگاه فردوسی مشهد -۱۳۸۱

[5] گزارش ممیزی انرژی پالایشگاه گاز سرخون و قشم

[6] , Yunus A. Cengel(1990). Thermodynamics An Engineering Approach,TE

[7] Kern, D.Q. heat exchanger Design , process heat transfer , 1972 , McGraw – Hill, New york

www.energyconf.ir

www.SID.ir