ممیزي و ارائه راهکارهائي براي کاهش مصرف و بازیافت انرژي در کورة ۱۰۱ پالایشگاه اصفهان

سعید کیواني، مجتبي هراتیان، ملك ارسلان صدري، احمد پسندیده فرد
کمیتة تخصصي انرژي شهرك علمي و تحقیقاتي اصفهان

خلاصه

در این مقاله ضمن بررسي کوره ۱۰۱ پالایشگاه اصفهان که بزرگترین کوره در این واحد صنعتي مي‌باشد، پارامترهاي مؤثر در میزان هدر رفت انرژي کوره از جمله دماي دودکش، هواي اضافي، دماي بدنة کوره معرفي و مورد بررسي قرار مي‌گیرد. همچنین تأثیر تغییر سوخت کوره از مایع به گاز طبیعي بر میزان کاهش مصرف انرژي مورد بحث قرار گرفته است. در مقاله حاضر راهکارهائي نیز براي کاهش اتلاف انرژي نظیر کاهش افت از بدنه، استفاده از پیش گرمایش هواي احتراق و کاهش درصد هواي اضافي مورد مطالعه قرار مي‌گیرد. ضمناً در هر مورد برآورد اقتصادي اولیه نیز انجام شده و میزان تقریبي صرفه‌جویي انرژي برحسب تعداد بشکه نفت ارائه مي‌گردد.

واژه‌هاي کلیدي: کوره‌هاي فرآیند، صرفه‌جویي انرژي، بازیافت انرژي

۱ـ مقدمه

کوره‌هاي فرآيند در صنعت و به خصوص صنايع پالايش نفت و پتروشيمي از اهميت ويژه‌اي برخوردار هستند. بيشتر کوره‌ها تا حدود دهة ٦٠ ميلادي فقط داراي بخش تشعشعي با راندمان در حدود ٦٠ـ٥٠ درصد بودند ليکن با افزايش قيمت سوخت روشهايي براي کاهش مصرف انرژي و همچنين افزايش راندمان کوره‌ها ارائه شد و کوره‌هاي ساخته شده پس از آن عمدتاً با بخش جابجائي ساخته شدند [١، ٢، ٣ و ٤]. با افزايش بيشتر قيمت سوخت و همچنين با شدت گرفتن مقررات زيست محيطي تمهيدات بيشتري براي استفادة هرچه بيشتر از انرژي هدر رفتي صورت گرفت و حتي امروزه با اجراي پروژه‌هاي بازيافت انرژي بر روي کوره‌ها راندمان آنها تا حد ٩٢% رسيده است [١].

کشور ما نيز گرچه از لحاظ انرژي غني مي‌باشد ليکن به دليل تجديدناپذيربودن سوختهاي فسيلي و همچنين امکان صدور انرژي بازيافت شده در بازارهاي جهاني بايد به مسائل بازيافت انرژي در صنايع توجه شود.

صنعت پالايش نفت از صنايع با مصرف بالاي انرژي در سطح کشور مي‌باشد. از جمله پالايشگاه اصفهان ضمن تصفيه روزانه سيصدهزار بشکه نفتخام در حدود ٢٢٠٠٠ بشکه در روز انرژي مصرف مي‌کند، که نيمي از اين مقدار در کوره‌هاي فرآيند با راندمان حدود ٧٠ درصد مصرف مي‌شود. به همين منظور بهبود راندمان مربوط به اين کوره‌ها ضروري به نظر مي‌رسد. لذا جهت بررسي و ارائه راهکارهاي کاهش مصرف انرژي در کوره‌هاي پالايشگاه اصفهان، کورة ١٠١ يعني پرمصرفترين کوره اين واحد صنعتي با (مصرف تقريبي ١٦٠٠ بشکه نفت در روز) انتخاب شده و روشهاي مختلف کاهش مصرف يا بازيافت انرژي بر روي آن مورد بررسي قرار گرفت. روشهائي که در اين مقاله به بررسي آنها پرداخته مي‌شود عبارتند از کاهش افت از بدنه، کاهش هواي اضافي از طريق گازسوز کردن کوره و نيز توسط احتراق تحت مکش اجباري، پيش گرمايش هواي احتراق و توليد بخار جهت مصرف واحد.

در هر مورد ضمن ارائه برآورد اقتصادي اوليه، ميزان تقريبي صرفه‌جوئي و يا بازيافت انرژي نيز برحسب تعداد بشکه نفت محاسبه شده است.

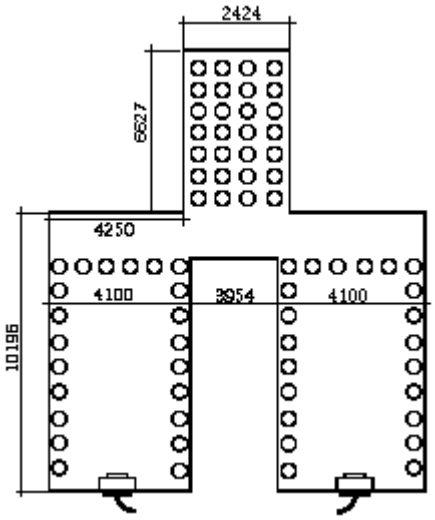
۲ـ ساختمان کوره ۱۰۱

کورة ١٠١ پالايشگاه از نوع افقي با دو محفظه احتراق همراه با دو بخش جابجائي مي‌باشد. بخش اول به منظور گرم کردن خوراک ورودي به بخش تشعشعي به کار

مي‌رود و بخش دوم جهت سوپر هيت كردن بخار از دماي C ْ ٢٠٤/٤ و فشار bar ga ٣/٤٥ تا دماي C ْ ٣٤٣/٣ به كار مي‌رود. شماتيك اين كوره در شكل (١) نشان داده شده است، بخشي از اطلاعات مورد نياز كوره درجدول (١) آورده شده است:

جدول ١ـ مشخصات كوره ١٠١ (طراحي) [١١]

بخشهاي كوره طراحي	تشعشعي	جابجايي	
نوع سرويس دهي	گرم كردن نفتخام	گرم كردن نفتخام	سوپرهيت كردن بخار
ميزان جذب حرارت (kw)	٤٧٩٩٧	١٩٤٠٠	١٣١٨/٨
دبي (Kg/s)	١٥٠/٥	١٥٠/٥	٣/٦٧٦
شرايط ورودي كوره ١٠١			
دما (C ْ)	–	٢٤٠	٢٠٤/٤
فشار نسبي (bar)	–	١٣/١	٣/٤٥
API (در دماي C ْ ١٥)	–	٣٠/٨	–
شرايط خروجي كوره ١٠١			
دما (C ْ)	٣٥١/٧	–	٣٤٣/٣
فشار نسبي (bar)	٢/٧٦	–	٢/٧٦
API (در دماي C ْ ١٥)	٢٢	–	–

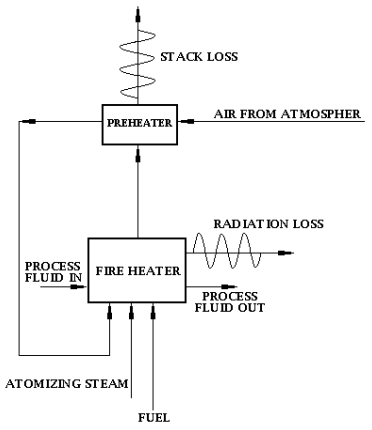


شكل ١ـ شماتيك كوره ١٠١ پالايشگاه

٣ـ آناليز انرژي كوره ١٠١

انرژي از طريق دودكش و بدنه كوره هدر مي‌رود و از طريق سوخت و هواي پيشگرم وارد كوره مي‌شود و

مابه‌التفاوت اين دو مقدار كه معياري از ظرفيت كوره (ديوتي duty) است به سيال فرآيند انتقال مي‌يابد. شكل (۲) جهت‌هاي ورود و خروج انرژي به كوره را نشان مي‌دهد. در شرايط طراحي مي‌توان مصرف سوخت كوره را به دو روش محاسبه كرد.



شكل ۲ـ انرژيهاي ورودي و خروجي از يك كوره

۱ـ۳ـ استفاده از راندمان و ظرفيت طراحي كوره

ظرفيت طراحي كوره ۶۷۰۰۰ kw و راندمان طراحي ۷۸ درصد مي‌باشد [۱۱].

راندمان * حرارت آزاد شده از سوخت = ظرفيت كوره

$$\text{حرارت آزاد شده} = \frac{\text{ظرفیت کوره}}{\text{راندمان}} = \frac{67000}{0/78} = 85900KW$$

$$= 85900\left[\frac{KJ}{Sec}\right] \times 3600\frac{s}{hr} \times \frac{1}{5816312}\frac{bbl}{KJ} = 1276/03\frac{bbl}{day}$$

۲ـ۳ـ استفاده از ظرفيت طراحي مشعلها

به دليل آنكه ديوتي كوره در نقطة طرح براساس ظرفيت طراحي مشعلها محاسبه مي‌شود لذا براساس شرايط طراحي و مقدار حرارت آزاد شده از هر مشعل مي‌توان مقدار سوخت مصرفي را به دست آورد [۱۱].

$$\text{مقدار حرارت آزاد شده در هر مشعل} = 9600\frac{MJ}{hr}$$

$$\text{تعداد مشعل} = ۳۲$$

$$\text{مقدار مصرف سوخت طراحي كوره} = 32(\text{تعداد}) \times 9/6 \times 10^6\frac{KJ}{hr} \times 24\frac{hr}{day} \times \frac{1bbl}{5816312(kJ)} = 1276/6\frac{bbl}{day}$$

اين دو روش براي حالت طراحي صادق است ليكن براي حالت واقعي كه شرايط باز و بسته بودن شير سوخت ورودي هر مشعل معلوم نيست و در ضمن بار كوره تغيير كرده، نمي‌توان از اين دو روش استفاده كرد.

به اين منظور از يك روش غيرمستقيم ديگر استفاده مي‌شود كه اين كار از طريق اندازه‌گيري كنتور سوخت مشترك سه كوره ۱۰۱ و ۱۵۱ و ۱۰۲ انجام مي‌گيرد. به اين ترتيب كه چون دبي‌سنج سوخت مايع براي سه كوره مشترك است در هنگام قطع جريان سوخت مايع هر يك از مشعلهاي كوره ۱۰۱، با اندازه‌گيري تغيير در نمايشگر كنتور سوخت مايع، مي‌توان مصرف سوخت مايع هر مشعل و در نتيجه سوخت مايع كوره ۱۰۱ را تعيين كرد، براي سوخت گازي هر كوره دبي‌سنج جداگانه‌اي وجود دارد.

با اندازه‌گيريهاي انجام شده مقدار سوخت مايع و گاز مصرفي، در حالت واقعي $\frac{bbl}{day}$ ۱٦٤٤ به دست آمد. نتايج محاسبات انجام شده براساس نتايج اندازه‌گيري ارائه شده در جدول (۲) مي‌باشد.

جدول ۲ـ پارامترهاي اندازه‌گيري شده از كوره ۱۰۱ - H۱ در سه مرحله تعويض سوخت ازنفت به گاز

تاريخ اندازه‌گيري	واحد	۷۹/۲/۱٤	۷۹/۲/۲۰	۷۹/۳/۱۱
تعداد مشعل با سوخت گاز	-	۲	۱۹	۲۲
تعداد مشعل با سوخت مايع و گاز (مخلوط)	-	۳۰	۱۳	۱۰
درصد اكسيژن از ارست (orsat)	%	۹/٦	۷/۸	۷/۲
درصد هواي اضافي	%	۸۰	٥٦	٤۸
درصد بازبودن دمپر هوا	%	۹۰	۸۰	۷۰
معادل بشكه نفت سوخت گازهاي غيرقابل تقطير	bbl/day	۲٤٤	۷٦۹	۸٦٦
معادل بشكه نفت سوخت گازهاي غيرقابل تقطير	bbl/day	۲٦	۲٦	۲٦
سوخت مايع	bbl/day	A	A_۷۳۲	A_۸۳۳

٤ـ اندازه‌گيريهاي انجام شده

در مرحلهٔ اوليه جهت ارائه راهكارهاي صرفه‌جوئي انرژي چند پارامتر مورد نياز اندازه‌گيري شد از جمله:

۱- دماي دودكش، جهت تعيين ميزان حرارتي كه از طريق دودكش به هدر مي‌رود.
۲- ميزان $O_۲$ در دودكش جهت تعيين ميزان هواي اضافي
۳- اندازه‌گيري دماي بدنه جهت تعيين سالم بودن عايق بدنه و افت از بدنه

نتايج اين اندازه‌گيري در تاريخ ۷۹/۲/۱٤ در جدول (۳) آمده است:

جدول ۳ـ نتايج اندازه‌گيريهاي انجام شده در تاريخ ۷۹/۲/۱٤ بر روي كوره ۱۰۱

دماي بدنه (°C)	دماي دودكش (°C)	هواي اضافي %	ميزان O_2 %
≈۱۰۰	٤۱۸	۸۰	۹/٦

٥ـ بررسي پارامترهاي اساسي و ارائه روش بازيافت

۱ـ٥ـ بازيافت انرژي از طريق افت از بدنه

مقدار افت از بدنه با دماي جداره خارجي كوره، دماي هواي محيط، سرعت باد، مساحت خارجي كوره و ضريب تشعشع سطح خارجي كوره بستگي دارد كه از رابطه زير مجموع افتهاي جابجائي و تشعشعي محاسبه مي‌شود [٥] و [٦].

$$H_1 = \left[0/174\times\varepsilon\left[T^4_s - T^4_s\right]\times10^{-8} + 0/296(T_s - T_a)^{1/25}\sqrt{\frac{(V_W + 69)}{69}}\right].A \qquad (۱)$$

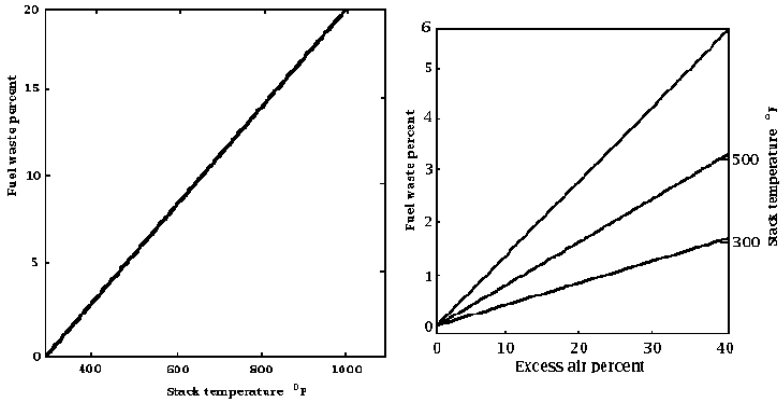
براي كاهش افت از بدنه دو عامل از پارامترهاي ذكر شده قابل بررسي است، يكي كاهش دماي جداره كه با بهبود كيفيت و همچنين ترميم قسمتهاي آسيب ديدة عايق و نسوز كوره حاصل مي‌شود. و ديگر ضريب تشعشع سطح كوره است كه با جلوگيري از زنگ زدگي سطح كوره كه سبب افزايش ضريب صدور سطح مي‌شود مي‌توان آن را كاهش داد و اين امر باعث كاهش افت بدنه مي‌شود. با اندازه‌گيري‌هاي انجام شده بر روي كورة ۱۰۱ (جدول ۳)، در دماي محيط ۲٥°C، دماي بدنه حدود ۹۰ـ۱۱۰°C ثبت شد كه به طور متوسط در حدود ۱۰۰ °C در نظر گرفته شد (لازم به ذكر است كه به طور معمول دماي بدنه كوره‌ها حدود ٦۰ـ۷۰ درجه سانتي‌گراد از دماي محيط بيشتر است [٥]. با توجه به اين مقادير و رابطه (۱) افت از بدنه حدود ۳۹ bbl/day برآورد شد كه در حدود % ۲/٤ = $\frac{39}{1644}$*۱۰۰ افت را تشكيل مي‌دهد. با در نظر گرفتن افت معمول در حدود ۱/٥ـ۱% براي اين كوره [۲]، با ترميم عايقها و نسوزهاي بدنه مي‌توان حداقل ۰/۹% از هدررفت انرژي جلوگيري نمود. ارزش صرفه‌جويي شده مربوط به بهبود كيفيت عايق و نسوز كوره كه به تكنولوژي بالائي نيز احتياج ندارد، با در نظر گرفتن قيمت هر بشكه نفت ۱۸ دلار به صورت زير محاسبه مي‌شود.

$$\text{مقدار ارزشي انرژي قابل بازيافت در اثر تعويض نسوزها و عايقها در يكسال} = \frac{0/9}{100} \times \left[1600(\frac{\text{بشكه}}{\text{روز}}) \times 365(\frac{\text{روز}}{\text{سال}})\right] \times 18(\frac{\text{دلار}}{\text{بشكه}}) = 940000$$

۲ـ٥ـ كاهش هواي اضافي

اثرات هواي اضافي بر روي راندمان در شكل (۳ـ الف) نشان داده شده است [۷].

با توجه به دماي دودكش (۷۷۰ْ F) ٤۲۰ْ C و نمودار شكل (۳) مي‌توان نتيجه گرفت كه افزايش هر ۱۰ % در هواي اضافي باعث كاهش راندمان در حدود ۱/٥% خواهد شد. مقادير بهينة هواي اضافي براي سوختهاي مايع و گازي مربوط به كوره‌هاي فرآيند و بويلرها در جدول (٤) آمده است [۸] و [۹]، اين مقادير براساس تجربيات و نيز مقادير بهينه براي احتراق كامل سوخت به دست آمده‌اند.



الف ـ مربوط به سوخت مايع ب ـ مربوط به سوخت گازي

شكل ۳ـ اثرات هواي اضافي و دماي دودكش بر روي راندمان [۷]

جدول ٤ـ مقادير شاخص هواي اضافي براي سوختهاي مختلف [۹]

	سوخت مايع	سوخت گاز
مكش طبيعي	۱٥ـ۲٥	۱۰ـ۲۰
مكش اجباري	۱۰ـ۱٥	٥ـ۱۰
مكش اجباري (پيش گرم هوا)	٥ـ۱۰	٥

با نمونه‌گيريهاي انجام شده در ارديبهشت ماه ۱۳۷۹ درصد هواي اضافي در حدود ۸۰% اندازه‌گيري شده است (جدول ۱). لذا با توجه به مايع سوز بودن كوره، راندمان آن در حدود ۷۰% برپايه HHV محاسبه مي‌شود. همچنين با مقايسه اين مقدار با مقادير جدول (٤)

ملاحظه مي‌شود كه اين مقدار تا حد قابل توجهي بيش از مقدار بهينه است، بر اين اساس بررسي و كنترل هواي اضافي با اهميت به نظر مي‌رسد.

براساس داده‌هاي جدول (٤) مقدار هواي اضافي در حالت بهينه براي گاز طبيعي كمتر از سوخت مايع است. با توجه به اين موضوع براي يك دماي يكسان محفظه احتراق، گازي كردن كوره از مقدار هواي اضافي خواهد كاست. لذا در طي يك طرح عملي و در طي دو مرحله از تعداد مشعلهاي نفت سوز كاسته و به جاي آنها از مشعل گازسوز استفاده شد، در پايان مرحلة دوم درصد هواي اضافي ٤٨٪ اندازه‌گيري شده (جدول ٢).

در اين حالت مقدار راندمان بر پايه HHV ٧٤/٨٪ محاسبه مي‌شود، همچنين با توجه به شكل (٣) نيز با كاهش ٣٠٪ هواي اضافي افزايش راندمان حدود ٥٪ پيش‌بيني مي‌شود. علاوه بر اين با گازسوز كردن مشعلها، بخار اتميزه كنندة مورد نياز مشعلهاي مايع سوز نيز حذف مي‌شود، مقدار اين بخار با توجه به $\frac{kg\ بخار}{kg\ سوخت}$ ٠/٢٥ به صورت زير به دست مي‌آيد:

$$66/7\left(\frac{بشكه}{hr}\right)\times 0/9\left(\frac{kg}{lit}\right)\times 159\left(\frac{lit}{بشكه}\right)\times 0/25\frac{kg\ بخار}{kg\ سوخت}\times\frac{1}{1000}\left(\frac{ton}{kg}\right)\approx 2/4\frac{ton\ بخار}{hr}$$

اين مقدار بخار از نظر انرژي معادل $\left(\frac{بشكه}{روز}\right)$ ٣٠/٤ است كه برابر ١/٩ درصد سوخت كوره مي‌باشد.

در مجموع تعويض سوخت از مايع به گاز طبيعي براي كوره ١٠١ از نظر صرفه‌جوئي در مصرف انرژي در پالايشگاه معادل حدود ٧٪ سوخت كوره مي‌شود كه نتايج اين كار در جدول (٥) به طور خلاصه نشان داده شده است.

جدول ٥ـ صرفه‌جوئي انرژي در اثر تعويض سوخت از مايع به گاز طبيعي در كوره ١٠١ پالايشگاه اصفهان

دلار براساس (هر بشكه نفت ١٨ دلار)	بشكه در سال	درصد صرفه‌جوئي نسبت به سوخت كوره در حالت سوخت مايع
٥٤٠٠٠٠	٣٠٠٠٠	٥ درصد ناشي از كاهش هواي اضافي
٢٠٥٠٠٠	١١٤٠٠	١/٩ درصد ناشي از حذف بخار اتميزه كننده
٧٤٥٠٠٠	٤١٤٠٠	٦/٩ درصد مجموع

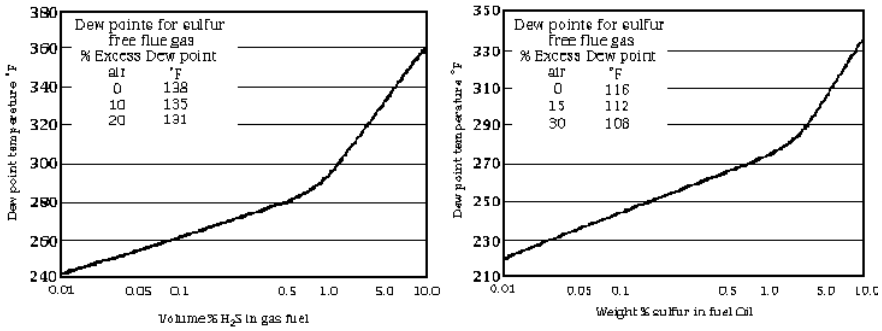
با توجه به مقدار ٤٨٪ هواي اضافي در حالت كنوني در مقايسه با مقادير جدول (٤) ملاحظه مي‌شود كه هنوز مي‌توان هواي اضافي را به ميزان قابل توجهي كاهش داد. ليكن به دليل افزايش ظرفيت كوره نسبت به حالت طراحي، بدون تعويض مشعلها و نيز بدون ايجاد مكش اجباري در كوره اين امر عملاً ممكن به نظر نمي‌رسد. اين كار نيازمند صرف هزينه جهت جايگزيني مشعلهاي مكش طبيعي با مشعلهاي مكش اجباري و نيز فن

القائي و كانال كشيهاي مربوطه مي‌باشد. البته با صرف چنين هزينه‌هايي كوره قابليت پيشگرم هوا را نيز خواهد داشت كه خود عاملي در جهت كاهش مصرف انرژي است. با اين تمهيدات در حدود ٥ % ديگر نيز در مصرف انرژي صرفه‌جويي خواهد شد كه معادل ٥٤٠،٠٠٠ دلار در سال مي‌باشد.

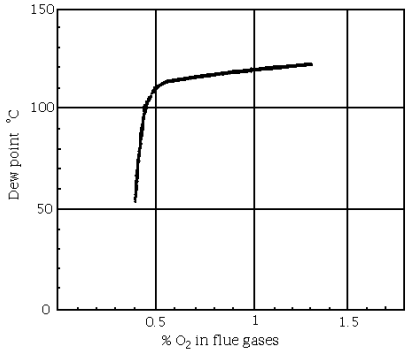
قيمت يك پيشگرم كننده براي كوره‌اي با ابعاد كوره ١٠١ پالايشگاه حدود يك ميليون دلار مي‌باشد [٧]. لذا مدت بازگشت سرمايه فقط به منظور كاهش هواي اضافي حدود ٢ سال خواهد بود.

٣ـ٥ـ كاهش دماي گازهاي خروجي از دودكش

گازهاي داغ خروجي از دودكش حاوي انرژي مفيد هستند كه مي‌توان از آن استفاده كرد. كاهش هر ٢٠°C دماي دودكش يك درصد راندمان كوره را افزايش خواهد داد [٢]، ليكن در كاهش دماي دودكش بايد به نقطه شبنم اسيدسولفوريك موجود در گازهاي خروجي نيز توجه داشت [١]. اين موضوع به خصوص براي سوختهاي مايع سنگين از اهميت ويژه‌اي برخوردار است. شكل (٤) دماي نقطه شبنم اسيدسولفوريك را براي سوخت مايع و گاز نشان مي‌دهد كه در كاهش دماي گازهاي خروجي از دودكش بايد به اين نمودارها توجه داشت. اسيد سولفوريك از تركيب سولفور موجود در سوخت با اكسيژن، مخصوصاً در مجاورت عناصر فلزي موجود در سوختهاي مايع نظير وانا‌ديم كه مانند كاتاليزور عمل مي‌كنند، ايجاد مي‌شود. هواي اضافي، اكسيژن موجود در گازهاي خروجي را افزايش داده و در نتيجه باعث افزايش اسيد سولفوريك در گازهاي خروجي خواهد شد. شكل (٥) وابستگي بين اكسيژن موجود در گازهاي خروجي دودكش و تشكيل اسيد سولفوريك را نشان مي‌دهد [٢].



الف ـ سوخت مايع ب ـ سوخت گازي
شكل ٤ـ دماى نقطه شبنم اسيد سولفوريك [١]



شكل ٥ـ بستگي نقطه شبنم به اكسيژن موجود درگازهاي خروجي [٨]

در اينجا به دو روش اساسي در استفاده از انرژي گازهاي داغ خروجي از كوره اشاره مي‌شود:

الف) پيش گرمايش هواي احتراق

بهترين و ساده‌ترين راه، استفاده از انرژي گازهاي داغ خروجي جهت پيش گرمايش هواي احتراق است. كاهش هر ٢٠ درجه سانتي‌گراد دماي دودكش باعث افزايش يك درصد در راندمان خواهد شد [٧]، ليكن دماي گازهاي خروجي از دودكش را فقط تا ١٥٠ $^{\circ}$C مي‌توان پايين آورد. البته جهت اين كار بايد احتراق از نوع مكش اجباري (Induced Draft)در نظر گرفته شود كه نياز به نصب فن القايي در خروجي دودكش و قبل از پيش‌گرم كننده و همچنين فن دمنده (Forced Draft) قبل از مشعلها و بعد از پيش‌گرم كننده مي‌باشد. درصد بازيافت از اين روش تا دماي ٢٠٠ $^{\circ}$C درخروجي دودكش به صورت زير محاسبه مي‌شود:

$$\%\,11 = \frac{\text{دماي گازهاي احتراق در خروج از پيشگرم كننده} - \text{دماي گازهاي احتراق در ورود به پيشگرم كننده}}{20} = \frac{٢٠٠-٤٢٠}{20}$$

٢٠ (هر ٢٠ درجه معادل يك درصد افزايش راندمان)

$$0/11\times 1600\frac{\text{bbl}}{\text{day}}\times 365\frac{\text{day}}{\text{year}}\approx 64{,}000\frac{\text{bbl}}{\text{year}}$$

نتايج بازيافت انرژي مربوط به اين روش در جدول (٦) آمده است.

جدول ٦ـ مقدار و زمان برگشت سرمايه مربوط به پيش گرمايش هواي احتراق و كاهش هواي اضافي

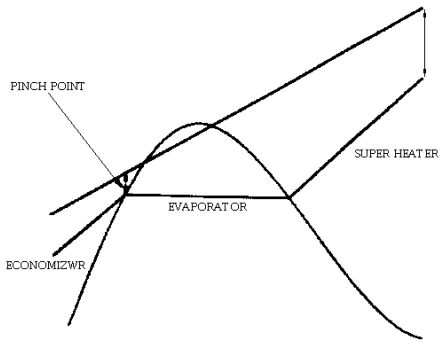
زمان بازگشت سرمايه (سال)	هزينه (دلار)	سال / دلار	bbl/year	
	-	١،١٠٠،٠٠٠	٦٤،٠٠٠	١١% بازيافت انرژي

شركت نرم افزاري شمال

				در اثر پيش گرمايش
$\frac{1,000,000}{1,620,000} = 0/62$ ماه ≈ ۷/۵	–	۵۲۰،۰۰۰	۲۹،۰۰۰	۵% بازيافت انرژي در اثر كاهش هواي اضافي
	–	۱،۶۲۰،۰۰۰	۹۳،۰۰۰	مجموع ۱۶% بازيافت انرژي
	۱،۰۰۰،۰۰۰			هزينه پيش گرم كننده هوا همراه با تجهيزات مكش اجباري [۷]

ب) استفاده جهت توليد بخار

راه ديگر استفاده از گرماي دودكش كه در مراجع مختلف مورد بررسي قرار گرفته است، استفاده از اين گرما جهت توليد بخار مي‌باشد [٤] و [٣] و [٢]. با توجه به دماي دودكش مي‌توان در مورد توليد سه نوع بخار با كيفيت بالا (bar ٤٠ ≥)، با كيفيت متوسط (bar ٢٠ ≥) و با كيفيت پائين (bar ٤ ≤) برنامه‌ريزي نمود. تصميم در مورد توليد هر كدام از اين بخارها در ابتدا به دماي دودكش و سپس به فشار مورد نياز مصرف بستگي دارد. در واحد تقطير پالايشگاه اصفهان حدود ۳۰ تن در ساعت بخار مورد نياز است. به همين منظور نقاط تنگنا (Pinch Point) [۱] براي توليد بخار ٤٠ بار مورد بررسي قرار مي‌گيرد. دماي اشباع بخار ٤٠ بار حدود ۲۵۰/٤ درجه سانتي‌گراد است و با در نظر گرفتن حدود C ۳۰° اختلاف دما در نقطه تنگنا، دماي گاز خروجي با توجه به شكل (٦)، C ۲۸۰° در نظر گرفته مي‌شود. اختلاف دماي نقطه تنگنا در برخي مراجع C ۲۵ـ۲۰° در نظر گرفته شده است [۸] و [۱].



شكل ٦ـ بررسي نقاط تنگنا جهت توليد بخار ٤٠ بار

در ضمن بايد به اين نكته توجه داشت كه در پالايشگاه اصفهان كوره ۱۵۱ كه تقريباً هم ظرفيت با كوره ۱۰۱ مي‌باشد و دماي دودكش آن C ٤۵۰° است، در

نزديكي كوره ۱۰۱ واقع شده است. با در نظر گرفتن يك واحد توليد بخار ٤٠ بار با درام مشترك براي دو كورة ۱۰۱ و ۱۵۱ مي‌توان حدود ۲۵ تن در ساعت بخار با كيفيت بالا توليد كرد. (حدود $\frac{\text{تن}}{\text{ساعت}}$ ۱۳ از كورة ۱۰۱ و حدود $\frac{\text{تن}}{\text{ساعت}}$ ۱۲ از كوره ۱۵۱) درصد و ميزان بازيافت انرژي و نيز هزينه‌هاي مربوطه براي هر دو كورة ۱۰۱ و ۱۵۱ در جدول (۷) آمده است:

جدول ۷ـ ميزان بازيافت و هزينه‌هاي مربوط جهت توليد بخار ٤٠ بار براي كوره‌هاي ۱۰۱ و ۱۵۱

زمان بازگشت سرمايه	هزينة ديگ بخار ۲۵ تني [۳]	هزينة صرفه‌جويي شده (هر بشكه ۱۸ لار)	صرفه‌جويي انرژي (بشكه نفت در سال)	درصد بازيافت انرژي (برمبناي سوخت مربوط به هر كوره)	
-	-	۷۲۰،۰۰۰	٤۰،۰۰۰	۷	كورة ۱۰۱
	-	٦٤۸،۰۰۰	۳٦،۰۰۰	۸/۵	كورة ۱۵۱
حدود ٤ ماه	حدود ٤۰۰،۰۰۰ دلار با هزينه‌هاي جانبي	۱،۳٦۸،۰۰۰	۷٦،۰۰۰		مجموع

٦ـ نتيجه‌گيري

با توجه به داده‌هاي ارائه شده مقادير قابل توجهي انرژي از كورة ۱۰۱ پالايشگاه اصفهان دفع مي‌شود كه با روشهاي نه چندان پيچيده مي‌توان از هدر رفت مقدار قابل ملاحظه‌اي از آن جلوگيري نموده و راندمان كوره را به طور چشمگيري افزايش داد. در اين مقاله نشان داده شد كه گازسوز كردن مشعلهاي مايع سوز كوره ۱۰۱ علاوه بر كاهش هواي اضافي، مصرف بخار اتميزه را حذف نموده و در حدود ٦/۹ درصد انرژي صرفه‌جويي مي‌شود. همچنين با بهبود كيفيت عايقهاي كوره مي‌توان انتظار داشت تا حدود ۰/۹ درصد از هدر رفت انرژي جلوگيري شود. به علاوه پيش گرمايش هواي ورودي و نيز استفاده از گرماي گازهاي خروجي جهت توليد بخار براي كاهش دماي گاز خروجي از دودكش پيشنهاد شده و از نظر ميزان بازيافت انرژي مورد بررسي قرار گرفته است.

با بررسي نتايج ذكر شده در جداول (٤) تا (۷) مي‌توان گفت كه در احداث واحدهاي جديد بايد به مسئله راندمان كوره‌ها اهميت داده شود، زيرا خريد و نصب يك واحد با راندمان بالا در مقايسه با واحدي مشابه ولي با راندمان پايين در ابتدا تفاوت چنداني ندارد، ليكن در درازمدت از هدررفت مقادير زيادي انرژي جلوگيري مي‌شود. همچنين در واحدهاي ساخت دهه‌هاي ۷۰ و

۸۰ ميلادي، كوره‌ها كه از مصرف‌كننده‌هاي اصلي انرژي هستند، بايد مورد بررسي قرار گرفته تا با اعمال روشهاي بازيافت از هدررفت انرژي در آنها جلوگيري شود.

نمادها

A ـ سطح خارجي (ft^2)
V_w ـ سرعت باد (fpm)
H_1 ـ افت از بدنه ($\frac{Btu}{hr}$)
ϵ ـ ضريب صدور تشعشعي سطح
≈ ۰/۸ براي سطح فولادي خشن
T_a ـ دماي محيط (R °)
T_s ـ دماي بدنه (R °)
bbl- بشكه نفت

مراجع

1- H. C. Mith, J.E. Hardie, “Make heaters 92% efficient”, Hyd. Proc, May 1979, pp 139-144.
2- C. Bonnet, “Save energy in fired heaters”, Hyd. Proc, March 1982, pp 131-137.
3- M. S. Peteres, “Plan design and economics for Chemical Engineerings”, 3 rd ed., 1983, McGraw Hill.
4- A. Garg, “How to boost the performance of fired heaters”, Chem. Eng, Nov 1989, pp 239-244.
5- V. Ganapathy, “Find surface heat loss and flue gas density quickly”, Hydrocarbon Processing, April 1985, pp 82-83.
6- V. K. Arora, “Check fired heater performance”, Hyd. Proc, May 1985, pp 85-87.
7- J. G. Seebold, “How to conserve fuel in furnace and flares”, Hyd. Proc, Nov 1981, pp 263-267.
8- V. Ganapathy, “Applied Heat Transfer”, Pennwell Books, 1982.
9- A. Garg, “Better burner specifications”, Hyd. Proc, August 1989, pp 71-72.
10- H. L. Berman, “fired heaters I”, Chem. Eng, 19 June 1978.
۱۱- دستورالعملهاي كاركرد كوره ۱۰۱ در پالايشگاه اصفهان.