راهکارهای مدیریت و بهینه سازی مصرف انرژی در صنعت سیمان

(مطالعه موردی دپارتمان پخت سیمان کاوان بوکان)

1- فوزیه عزیزی(کارشناس ارشد شیمی آلی- کارشناس کنترل کیفیت ، سرپرست انرژی سیمان کاوان بوکان)
Email: azizi.f89@gmail.com

خلاصه

نتایج بازنگری و اصلاح در موارد Operation در دپارتمان پخت سیمان بوکان منجر به کاهش مصرف انرژی الکتریکی به میزان10 کیلووات و کاهش مصرف گاز به میزان 86 متر مکعب در ساعت ، افزایش 4/2 % در خوراک کوره ساعتی شده است که در نهایت منجر به کاهش SEC سالیانه کارخانه (هرچند به مقدار جزئی) ونیز کاهش سهم انرژی در قیمت تمام شده ، کاهش مقادیر NOx و SO 2 ونیز سایر آلاینده های ناشی از سوخت خواهد شد. عملیات بهینه سازی راندمان و انرژی سوخت توسط پایش و کنترل و موازنه جرم و انرژی در ادامه این پروژه دستور کار قرار دارد و انتظار می رود که در صورت اتمام اندازه گیر ها و رفع موارد نشتی و اتلافات نتایج بهتری در خصوص بهینه سازی مصارف حرارتی و سوخت نیز حاصل گردد.

کلمات کلیدی: سیمان کاوان بوکان، مدیریت انرژی، فن های دپارتمان پخت .

1. مقدمه

امروزه در میان انواع انرژی های شناخته شده، انرژی الکتریکی یا نیروی برق یکی از مهمترین و تمیزترین انواع انرژی است که با صرف هزینه های بالای سرمایه گذاری به مراکز مصرف می رسد.

هدف از مدیریت انرژی کاربرد بخردانه و منطقی انرژی و استفاده صحیح از آنست که نتیجه آن حفظ و حتی افزایش تولید و رفاه جامعه خواهد بود.

در این مقاله سعی می شود به راهکارهای استفاده صحیح از انرژی تحت عنوان مدیریت انرژی برق در فن های پرایمری کوره و کلساینر سیمان کاوان بوکان پرداخته شود تا با کاهش هزینه و افزایش ظرفیت به بهینه سازی انرژی الکتریکی و نیز حرارتی در دپارتمان پخت سیمان کاوان بوکان دست یابیم.

نگرش تخصص های موجود در سیمان کاوان بوکان به محدودیت منابع و بودجه و نیز مباحث اقتصادی جامعه و شرایط تحریم ها بر موارد تامین قطعه و اثرات نهایی در قیمت تمام شده و توجه به الزامات قانونی از جمله ماده 24 قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی مورخ 4/12/1389 مصوب مجلس شورای اسلامی و نیز آیین نامه اجرایی ماده 26 قانون اساسی منجر شد تا تیم انرژی شرکت در قالب تحقیق و کنترل در عملیات، به بازنگری سیکل فرآیند تولید و چاره اندیشی ها و ارائه راهکارهای کاربردی به منظور بهینه سازی انرژی و بهبود شرایط تولید بر هزینه بپردازند در مجموع طرح ها و ایده ها پس از جمع

آوری و بحث و بررسی در کمیته های تخصصی و فنی و تصویب نهایی به صورت اولویت بندی شده در برنامه
کاری قرار گرفت تا پس از انجام هر مورد ، اثربخشی آن بر انرژی و تولید، سنجش بررسی و تحلیل گردد.که نتایج بازنگری و اصلاح در موارد Operation در دپارتمان پخت سیمان بوکان منجر به کاهش مصرف انرژی الکتریکی به میزان10 کیلووات ، کاهش 86 متر مکعب استاندارد گاز در ساعت و افزایش بارخوری کوره به میزان 4/2% در ساعت شده است که در نهایت منجر به کاهش SEC سالیانه کارخانه (هرچند به مقدار جزئی) خواهد شد. عملیات بهینه سازی راندمان و انرژی سوخت توسط پایش و کنترل و موازنه جرم و انرژی در ادامه این پروژه دستور کار قرار دارد و انتظار می رود که در صورت اتمام اندازه گیر ها و رفع موارد نشتی و اتلافات نتایج بهتری در خصوص بهینه سازی مصارف حرارتی و سوخت حاصل گردد.

2. ارسال مقالات کامل

فرآیند تولید در سیمان بوکان در قالب 5 دپارتمان تعریف شده است که عبارتند از
دپارتمان سنگ شکن
دپارتمان آسیاب مواد خام
دپارتمان پخت
دپارتمان آسیاب سیمان 1
دپارتمان آسیاب سیمان 2
دپارتمان پخت در سیمان بوکان از بالاترین سیکلون قسمت پیش گرم کن تا انتهای گریت کولر تعریف شده است و تجهیزات موجود در این دپارتمان و شرایط بهره برداری و کنترل کیفی مواد ، وضعیت مکانیک و کارکرد تجهیزات و بهره برداری در دپارتمان های آسیاب مواد خام و گریت کولر نیز بر عملکرد و راندمان تجهیز و نیز مصارف انرژی الکتریکی و حرارتی این دپارتمان تاثیر مستقیم و به سزا دارند که مجموعه این عوامل در قیمت تمام شده کلینکر سهم چشمگیری را بخود اختصاص می دهند که تحت عنوان آیتم انرژی معرفی و گزارش می گردد.
توجه به این عوامل و بیلان جرم و انرژی و مراکز و تجهیزات مصرف کننده انرژی در مرحله اول ما را به سمت رویکرد نگرش جزئی نگری سوق داد که در یکی از موارد از این دسته موضوعات فن های پرایمری کلساینر و مشعل اصلی کوره بود که مشخصات داکیومنت سازنده با شرایط بهره برداری در عمل فاصله داشته است این نکته ما را به سمت نگرش لزوم انجام ممیزی انرژی و مباحث ورودی و خروجی انرژی و مواد و بهینه سازی مصارف حرارتی و الکتریکی سوق داد .
فن های نامبرده وظیفه تامین هوای تازه به عنوان بخشی از هوای لازم برای احتراق سوخت در مشعل های کلساینر و کوره را دارند و همانطور که می دانیم میزان کل هوای لازم برای احتراق در سوخت گاز معمولاً 15-10% سوخت می باشد (در سوخت مازوت تقریباً 5-3% نسبت به گاز هوای بیشتری احتیاج است) که با توجه به تامین قسمت اعظم این هوای کل از طریق گازهای برگشتی از گریت کولر به سمت سیستم پخت ، میزان سهم مورد نیاز هوای تازه به کل هوای مورد نیاز شامل چند درصدی از این رقم 15-10% می باشد که در نتیجه تعیین کننده دبی هوای ورودی فن به سیستم پخت می باشد .
در عمل در صورت عدم وجود نشتی در مسیر و تامین میزان مناسب نسبت سوخت به هوا، میتوان مطمئن بود که احتراق کامل بوده و در نتیجه راندمان احتراق بالا و اتلاف سوخت به حداقل می رسد ضمن اینکه بر عمر تجهیز و استهلاک آن ، راندمان تجهیز و تولید و نیز کنترل عوامل بهره برداری نیز تاثیر مثبت دارد .چنانچه در این مرحله با کاهش

دبی فن کلساینر با تنظیم دمپر روی 45% ، دمای بالای سیکلون 5 میزان $10\ ^{\circ}C$ افزایش نشان داد.

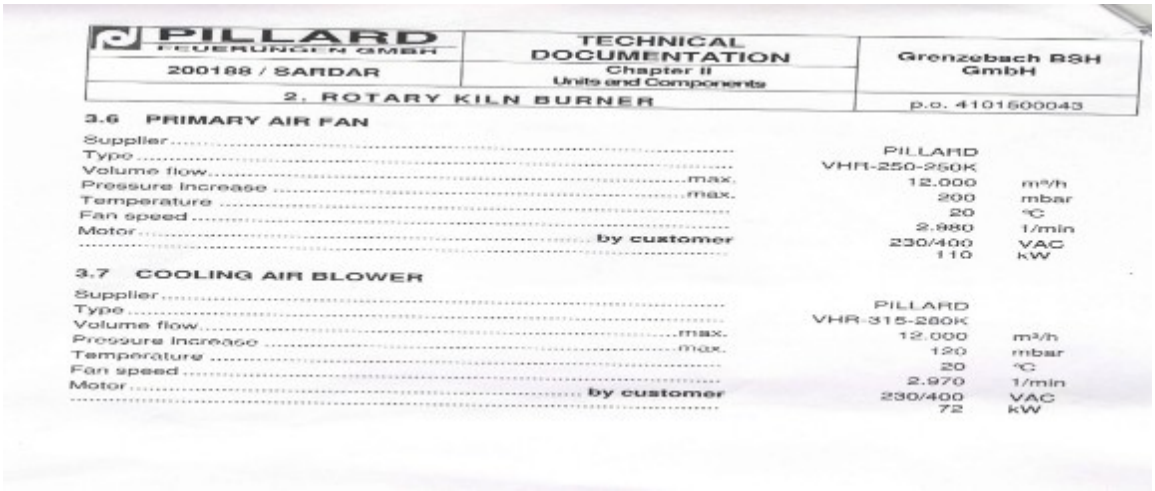
این پروژه در سیمان بوکان به منظور بهینه سازی احتراق و مصارف سوخت در حال انجام می باشد اما اثرات آن بر مباحث الکتریکی نیز حائز اهمیت می باشد و در این مقاله مباحث انرژی این پروژه مد نظر می باشد.

3. روش کار

در مرحله اول به دنبال مقایسه مدارک شرکت سازنده و واقعیت های موجود در عمل طبق تصاویر ذیل نکته آشکاری مشاهده می گردد.

شکل 1: دمپر جهت تنظیم جریان هوای ورودی مشعل کلساینر در محل

شکل2: پلاک



PILLARD FEUERUNGEN GMBH | TECHNICAL DOCUMENTATION Chapter II Units and Components | Grenzebach BSH GmbH

200188 / SARDAR

2. ROTARY KILN BURNER

p.o. 4101600043

3.6 PRIMARY AIR FAN

Supplier		PILLARD	
Type		VHR-250-250K	
Volume flow	max.	12.000	m³/h
Pressure increase	max.	200	mbar
Temperature		20	°C
Fan speed		2.980	1/min
Motor	by customer	230/400	VAC
		110	kW

3.7 COOLING AIR BLOWER

Supplier		PILLARD	
Type		VHR-315-280K	
Volume flow	max.	12.000	m³/h
Pressure increase	max.	120	mbar
Temperature		20	°C
Fan speed		2.970	1/min
Motor	by customer	230/400	VAC
		72	kW

شکل3: مشخصات فن موجود طبق مدارک شرکت سازنده

مشاهدات حاکی از آن بود در که دمپر که وسیله کنترل و تنظیم دبی هوای ورودی فن می باشد 100% باز بود یعنی فن در حال Full load کار می کرد که طبق مشخصات فن یعنی $12000M^3/hr$ و فشار در زمان اندازه گیری 5.6 mbar بوده است.

شکل4 : دبی فن در دمپر 1005 باز
اندازه گیری شده تجهیز در دمپر 100% باز

شکل5: فشار

4. روابط

با توجه به اینکه طبق پلاک روی مشعل کلساینر که برای سوخت گاز حداکثر هـوای مـورد نیاز 4350 nm^3/hr تعبیه شده است و از طرفی مشعل کلساینر دارای دو نازل کاملا شبیه می باشد در مجموع میزان هوای مورد نیاز برای مشعل کلسـاینر حـدود 8700 nm^3/hr می باشد که با محاسبه زیر در دمای محیط 20 درجه سانتی گراد و تنظیمـات دسـتگاه بـر اسـاس اسـتاندارد بـوده است

$$\frac{P1V1}{T1}=\frac{P2V2}{T2} \qquad (1)$$

$$\frac{8700*1.01325}{273}=\frac{1.01325*V2}{293}$$

$V2 = 9337\ sm^3/hr$

$$12000-9337=2663\ sm^3/hr$$

اختلاف بین شرایط در حال اجرا و مدارک سازنده و هوای اضافی

نفوذ مقدار هوای سرد اضافی محاسبه شده در بالا (با شرط سیکل بسته و عـدم وجـود نشتی در مسیر) با دمای متوسط سال $C\ ^\circ 20$ به محفظه احتراق مشعل کلساینر ضمن اختلاط با گازهای برگشتی از کوره به کلساینر با دمای متوسط $C\ ^\circ\ 800$ به دلیـل اختلاف دمای موجود باعث کاهش دمای بیشتر و در نتیجه مصرف سوخت بیشتر می گـردد(طبـق رابطه2) علاوه بر این که در ضمن این اختلاف دما و اختلاط هوای سرد و گرم یک جریـان اغتشاشی نیز در سیکلون ها به وجود می آید که اثرات آن نیز بر فرآیند بهره برداری قابـل بررسی می باشد. (شکل6) .

$$Q=mc\Delta T \qquad (2)$$

C= 0.26 Kcal /° C kg air

D= 1.2928 Kg/ m³ air

Q= 2663*1.2928* 0.26*(800-20)

Q= 698 kcal/hr

Arzesh Hararti gas = 8100 Kcal/m³

$$\text{V gas need} = \frac{Q}{AH} \qquad (3)$$

V gas saved = 86 sm³/hr

5. تعریف متغییرها

رابطه(1) = تبدیل شرایط نرمال متر مکعب به متر مکعب

Q= مقدار اتلاف انرژی حرارتی بر اثر هوای اضافی

D= m/V (4)

M = وزن هوا

V= حجم هوا

C= گرمای ویژه هوا

D= وزن مخصوص هوا

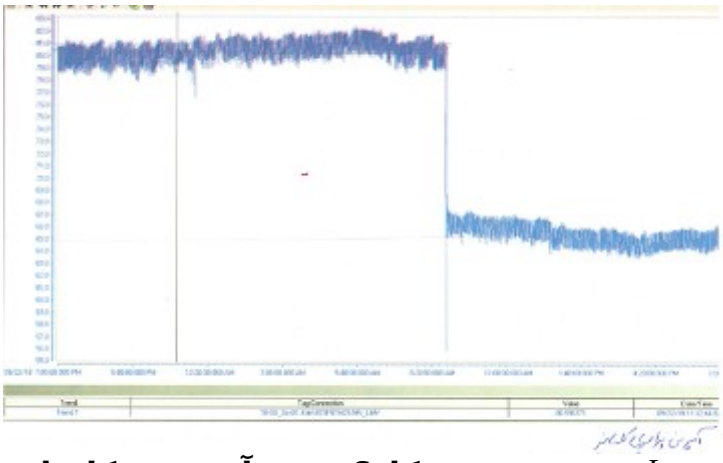
Arzesh Hararti gas = مقدار گرمای آزاد شده از احتراق یک متر مکعب گاز در شرایط نرمال

طبق تئوری این رقم به شرط آب بندی کامل و عدم وجود نشتی در مسیر، همان مقدار سوخت گاز قابل صرفه جویی است

با توجه به این که این فن ها و هوای مورد نیاز آنها در صورت فعالیت خط تولید باید 24 ساعته کار کنند با تبدیل ریالی این مقدار در روز و ماه و سال اعداد چشمگیر هزینه ای بدست می آید که اهمیت موضوع توجه به مباحث احتراق و انجام آب بندی و رفع نشتی های مسیر را آشکار می نماید.

$$Cost\ saved = \frac{\frac{\frac{86*24\,hr}{1\,day}*30\,day}{1\,mounth}*10\,mounth}{1\,year}*115\,toman}{1^3\,gas}$$

$$Cost\ saved = 71208000\,toman/year$$



شکل6: ترند آمپر فن کلسباینر

$I_{full\,load} = 81\,A$

$$I_{damper\ 45\%} = 65\ A$$

$$P = \sqrt{3} * I * V * \cos\varnothing \qquad (5)$$

$$P = \sqrt{3} * (81 - 65) * 380 * 0.95$$

$$P = 10\ KW$$

$$Cost\ saved = \frac{\frac{\frac{10 * 24\ hr}{1\ day} * 30\ day}{1\ mounth} * 10\ mounth}{1\ year} * 81\ toman}{1\ KW}$$

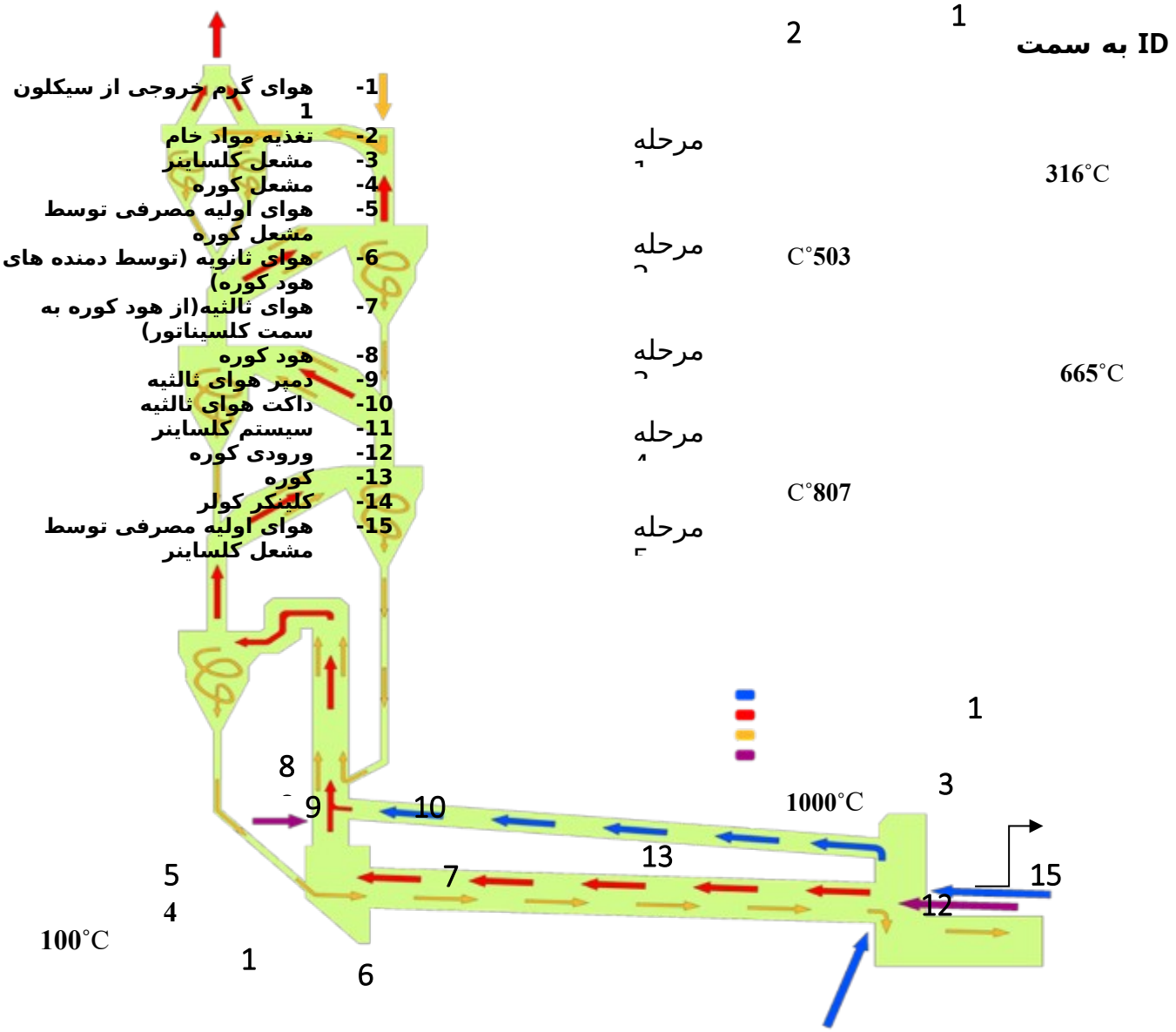
$$Cost\ saved = 5832000\ toman/\ year$$

جمع کل هزینه صرفه جویی شده در سال با مبنای قیمت سال 1398 برابر است با

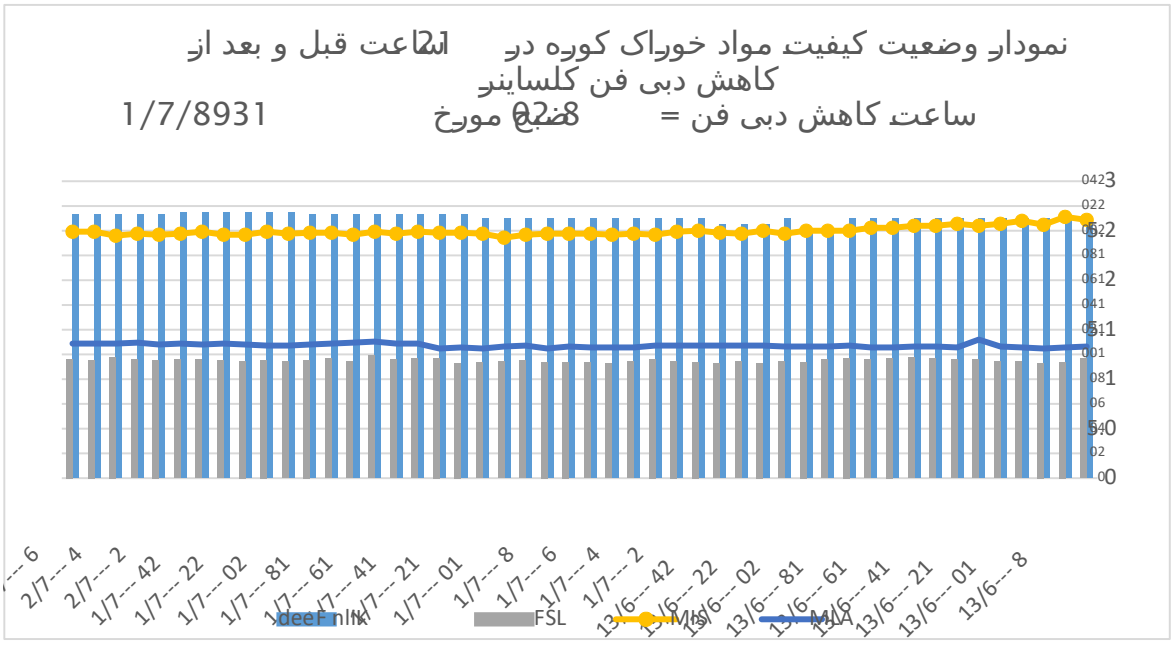
$$Cost\ saved\ total = 77040000\ toman/\ year$$

*افزایش بار خوری کوره در ساعت $\frac{215-210}{210}$ 100= 4/2 %

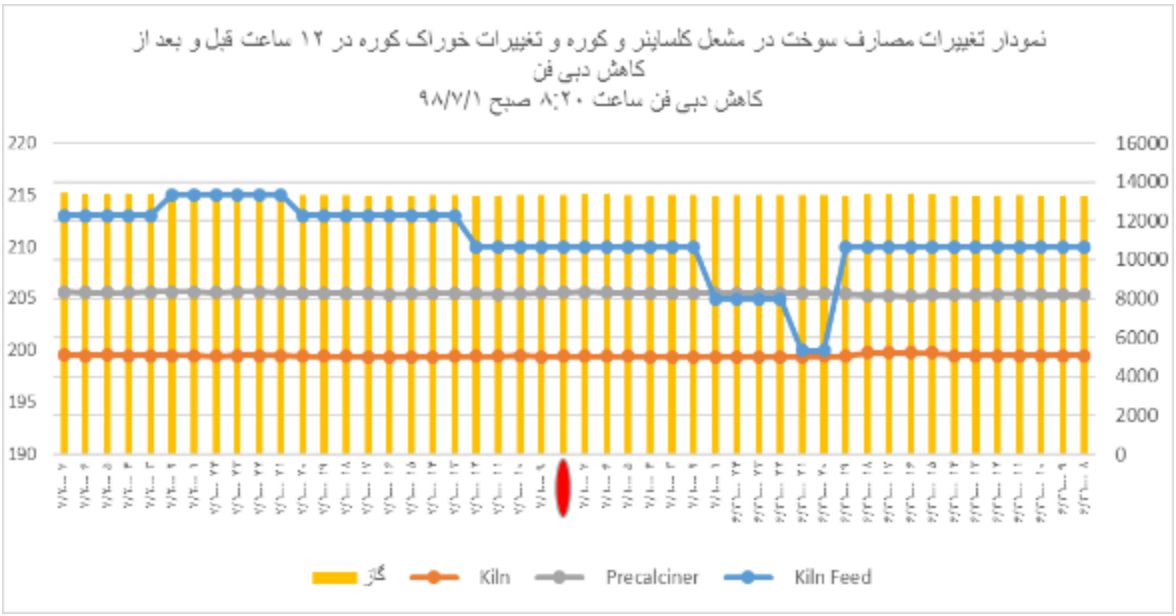
این هزینه های صرفه جویی شده به همراه هزینه های افزایش بارخوری ، سلامت تجهیزات مکانیکی و کاهش استهلاک آنها به همراه سایر مزایای آشکار و نهان پروژه نشان می دهد که با توجه به مباحث علمی و قوانین طبیعت و کاربرد اصول در عملیات بهره برداری تجهیز می توان از اتلاف انرژی بعنوان سرمایه ملی تا درصد قابل توجهی جلوگیری نمود و از طرفی با کمک به کاهش قیمت هزینه تولید، در دوام و پویایی صنعت و تولید کشور و منطقه سهیم بود.



شکل7: نمایش جریان موادوهوای داغ در پیش گرم کن



شکل8: نمودار وضعیت کیفیت مواد خوراک کوره



شکل9: نمودار تغییرات مصارف سوخت و خوراک کوره

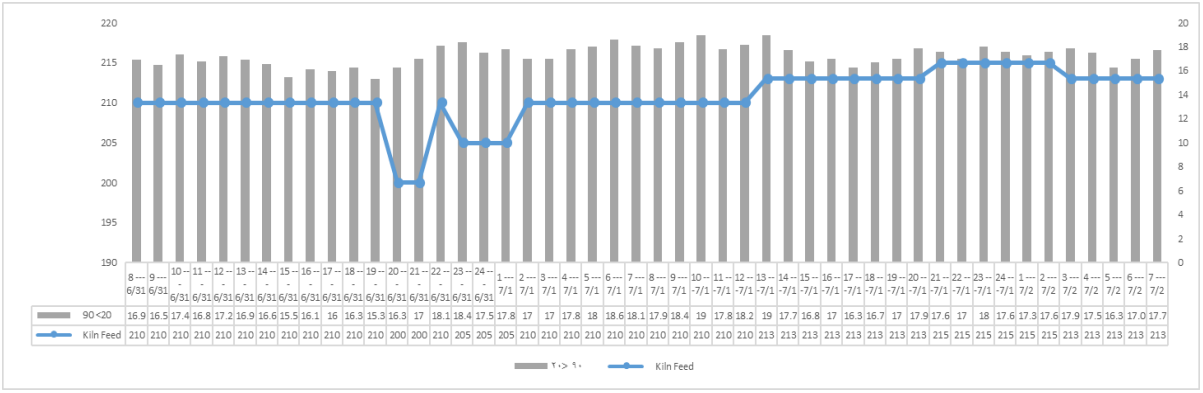
در این تست با کاهش هوای ورودی به مشعل کلساینر به مرور و با گذشت زمان چند ساعته دمای سیکلون ها بخصوص سیکلون 5 در نقاط بالا و پایین سیکلون بالا رفته (40 درجه سانتی گراد افزایش دما) و میتوان یا به کاهش سوخت اقدام نمود یا افزایش تناژ .

در این واحد برحسب شرایط و به دستور مدیریت نسبت افزایش تناژ اقدام شد که نمودار این فرآیند بوضوح قابل مشاهده است.

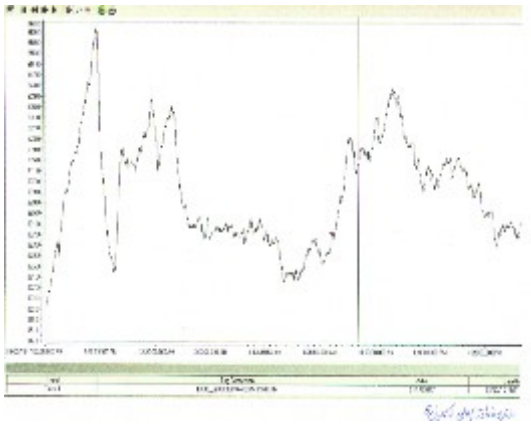
تحلیل دو نمودار شکل 8 و 9 و10 نشان می دهد که با وجود تغییرات و نوسانات کنترل کیفی مواد و افزایش باقیمانده الک 90 میکرون و تغییر به سمت شرایط پخت سختتر به دلیل افزایش در مقادیر SIM و LSF مواد و نیز ضمن افزایش تناژ خوراک ورودی به کوره نمودار مصارف سوخت تقریباً ثابت است ضمن اینکه این توضیح نیز لازم است بیان گردد که شنک خوراک کوره در این واحد صنعتی از کالیبره خارج شده و کالیبراسیون آن به توقفات خط جهت تعمیرات موکول شده است اما در شرایط فعلی با انجام وزن کشی در چندین مرحله مشخص کردید که مقادیر تناژ واقعی بیشتر از مقادیر ثبت شده در لاگ شیت های اتاق کنترل و در نتیجه نمودارهای بالا ست و نتایج وزن کشی حاکی از برابری نتایج جدول زیر می باشد.

جدول 1- مقایسه مقادیرشنک خوراک کوره

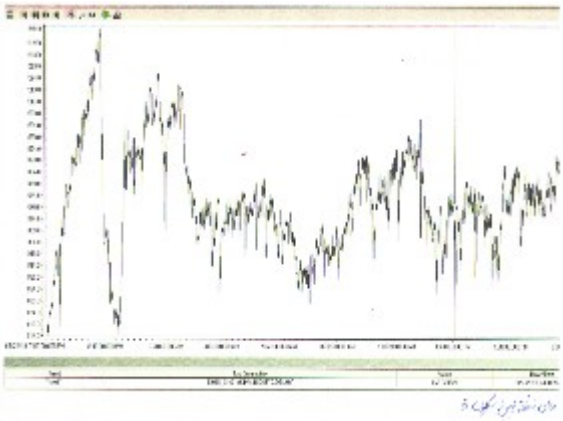
تناژ ثبت شده از طریق شنک خوراک کوره در اتاق CCR	مقادیر واقعی حاصل از وزن کشی
210	220
213	225
215	230



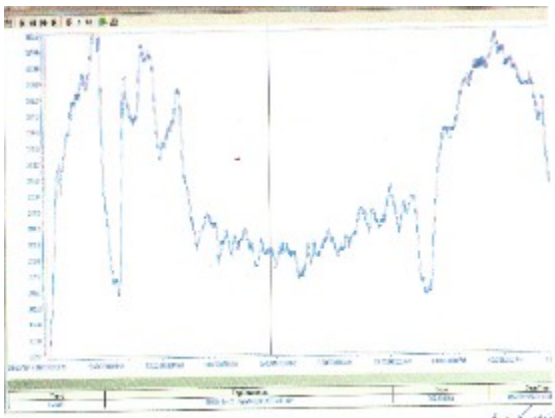
شکل10: تغییرات باقیمانده الک 90 میکرون و تناژ خوراک کوره



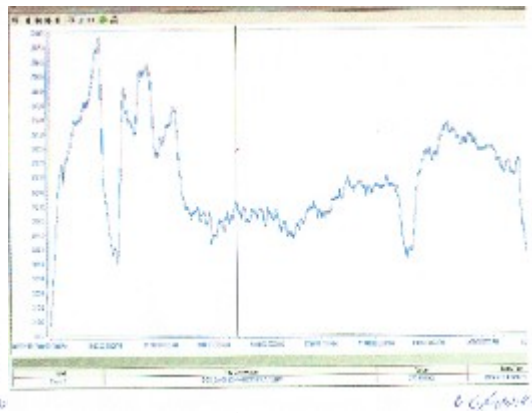
شکل11: ترند دمایی منطقه پایین سیکلون 5



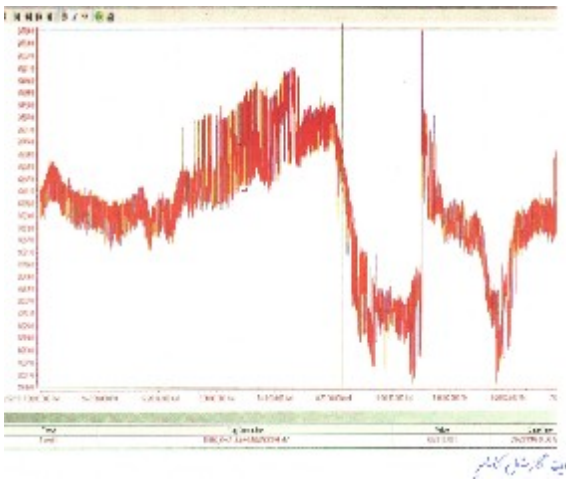
شکل12: ترند دمایی منطقه بالایی سیکلون5



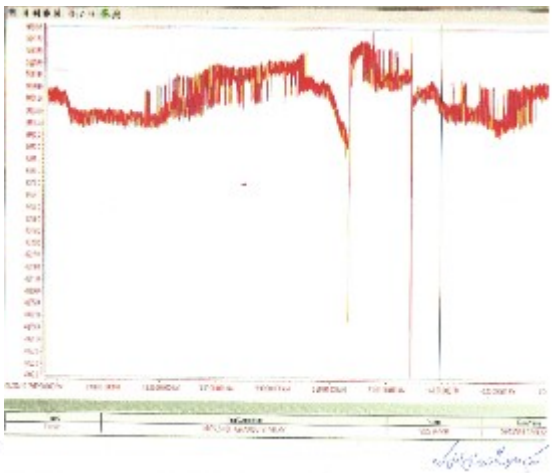
شکل13: ترند دمایی گاز خروجی از سیکلون B



شکل14: ترند دمایی گاز خروجی از سیکلون A



شکل15: ترند کمیت گاز در مشعل اصلی کوره



شکل16: ترند کمیت گاز در مشعل کلسباینر

6. نتیجهگیري

هزینه های صرفه جویی شده طبق محاسبات در متن مقاله – کاهش 10 کیلووات مصرف برق، کاهش 86 متر مکعب گاز مصرفی در ساعت ، افزایش بار خوری کوره به میزان 4/2% در ساعت - به همراه هزینه های افزایش سلامت تجهیزات مکانیکی و کاهش استهلاک آنها، کاهش مقادیر Nox ها و ... به همراه سایر مزایای آشکار و نهان پروژه نشان می دهد که با توجه به مباحث علمی و قوانین طبیعت و کاربرد اصول در عملیات بهره برداری تجهیز می توان از اتلاف انرژی بعنوان سرمایه ملی تا درصد قابل توجهی جلوگیری نمود و از طرفی با کمک به کاهش قیمت هزینه تولید، در دوام و پویایی صنعت و تولید کشور و منطقه سهیم بود.

نتایج این پروژه نشان می دهد که ضمن کاهش مصرف و بهبود مصارف الکتریکی در این بخش، با کاهش نوسانات و بهینه سازی پارامترهای کنترل کیفی، کالیبراسیون تجهیزات و صحه گذاری اعداد، رفع نشتی ها و مراکز اتلاف انرژی و تبادل هوای گرم و سرد، توجه به یافته ها و مدارک شرکت سازنده تجهیزات و بکارگیری دیدگاه و دانش مباحث انرژی در مراحل طراحی و نصب تجهیزات در صنایع ایران می توان مقادیر قابل توجهی ازاتلاف انرژی را به نفع حفظ سرمایه های ملی کاهش داد.

7. قدرداني

از مدیریت محترم کارخانه جناب آقای مهندس جلالی، مدیر محترم برق و الکترونیک جناب مهندس ابراهیمی ، مهندسین شیفت تولید ، همکاران محترم اتاق کنترل و آزمایشگاه الکترونیک وهم چنین آمارگر تولید جناب آقای امامقلیزاده جهت حمایت و مساعدت در انجام و کنترل و پایش پروژه کمال تشکر و قدردانی را دارم.

8. مراجع

1. گرجی و ساعی، سیف الله و آرمان. ، "*آثار نفوذ هوای کاذب در فرآیند تولید و ضرورت کنترل مستمر آن در کارخانجات سیمان،" مقاله، سایت مجلات سیمان .*
2. *عزیزیان، محمدرضا. (1387)، " تکنولوژی پخت سیمان،" کتاب ، ویرایش 3.*
3. *فیروز یوسفی و مجید محمودی ، راهبری کارخانه سیمان ، کتاب ، ترجمه.*
4. *دایکومنت های شرکت های سازنده تجهیزات در آرشیو دفتر فنی سیمان کاوان بوکان.*