

بررسی کمی و کیفی راهکارهای صرفه جویی مصرف انرژی در فرایندها و تجهیزات صنعتی

امیر دودابی نژاد - محمد اکبری سیار

سازمان بهره‌وری انرژی ایران - تهران - شهرک قدس - پژوهشگاه نیرو

a.doudabi@saba.org.ir akbari@saba.org.ir

چکیده

به منظور تعیین راهکارهای صرفه‌جویی انرژی با پتانسیل مناسب جهت معرفی به صنایع، گزارش‌های ممیزی انرژی انجام شده در واحدهای صنعتی طی ۱۰ سال گذشته توسط سازمان بهره‌وری انرژی ایران مورد بررسی قرار گرفته و از برخی واحد ها بازدید نیز بعمل آمده است. در این مطالعه ۲۰ کارخانه از ۱۰ گروه صنایع کشور شامل صنایع کاشی و سرامیک، آجر ماشینی، سیمان، ریخته‌گری، آلومینیوم، قندوشکر، نساجی، لاستیک، چوب و کاغذ و شیرکه عمدتاً ممیزی انرژی شده بودند مورد بررسی مجدد و بازنگری در اطلاعات و شاخصهای انرژی قرار گرفتند. راهکارهای مناسب برای اجرا، با مطالعه و بررسی گزارشهای ممیزی انرژی استخراج گردیده و مشاوره حضوری برای اعمال نظرات مدیران و واحدهای مدیریت انرژی کارخانه ها برای تعیین راهکارهای قابل قبول با پتانسیل صرفه جویی انرژی بالا دریافت شده است. بر مبنای مطالعات و اطلاعات گرد-آوری شده، پتانسیل صرفه‌جویی انرژی هر راهکار به طور تقریبی برآورد گردیده است. مقدار صرفه جویی انرژی حاصل از اجرای هر راهکار و درصد کاهش مصرف انرژی در کارخانه های مورد مطالعه در قالب جدول آورده شده است. عدد درصد صرفه جویی مربوط به هر راهکار تقریباً قابل تسری به هر واحد صنعتی دیگر می باشد.

کلیدواژه

شاخصهای انرژی - پتانسیل صرفه جویی انرژی - راهکارهای اجرایی - ممیزی انرژی

۱- شرح مختصر راهکارهای صرفه جویی انرژی

۱-۱- بازیافت حرارت از دودکش کوره‌ها

به طور کلی از آنالیز گازهای خروجی دودکش کوره‌ها در صنعت آلومینیوم چنین استنباط می‌شود که مقداری زیادی حرارت مفید به صورت گازهای داغ با دمای ۷۰۰-۶۰۰ درجه سانتی‌گراد همواره در حال هدر رفتن است. بازیافت این حرارت و استفاده مفید از آن مانند پیش گرم نمودن هوای احتراقی یا تولید آب گرم مبلغ قابل توجهی صرفه‌جویی را به دنبال دارد.

۱-۲- تبدیل کوره‌های پیش گرم قالب الکتریکی به حرارتی

با توجه به راندمان متوسط نیروگاه‌های کشور که حدود ۳۱ درصد می‌باشد و راندمان کوره‌های سوختی که عموماً در حدود ۶۰ درصد می‌باشد، در صورت تبدیل کوره‌های پیش گرم الکتریکی به حرارتی یا گازسوز صرفه‌جویی انرژی و ریالی قابل ملاحظه‌ای به دست خواهد آمد.

۱-۳- پیش گرمایش هوای احتراق در مشعل دیزل ژنراتورها

گرم کردن هوای ورودی به دیزل ژنراتورها جهت احتراق می‌تواند بازدهی سیکل را بالا ببرد. با استفاده از یک مبدل حرارتی در دودکشها می‌توان حرارت لازم را جهت این پیش گرمایش تأمین نمود.

۱-۴- تبدیل چیلرهای تراکمی به جذبی

با وجود اینکه قیمت یک چیلر جذبی ۳۰ تا ۴۰ درصد نسبت به چیلر تراکمی بالاتر است، با در نظر گرفتن سرمایه اولیه جهت هزینه انشعاب برق چیلرها و هزینه تابلوی فشار ضعیف و کابل کشی‌ها، این اضافه قیمت در چند سال اول استفاده از چیلر جذبی جبران می‌شود.

۱-۵- استفاده از کنترل دور موتورهای با استفاده از نصب VSD

برای استفاده انرژی الکتریکی در فن‌ها، بایستی آنها در مینیمم سرعت ممکنه عمل نمایند. با توجه به اینکه توان لازم برای فن با مکعب سرعت موتور تغییر می‌کند، ملاحظه می‌شود که در صورت کاهش ۲۰ درصدی در دور موتورهای شاهد صرفه‌جویی در حدود ۴۹ درصد خواهیم بود.

۱-۶- پیش گرمایش هوای احتراق در کوره‌ها

با افزایش دمای هوای ورودی به بویلرها راندمان آنها افزایش می‌یابد. با استفاده از مبدل‌های حرارتی موجود می‌توان به ازای هر ۲۵ درجه سانتیگراد افزایش دمای هوای احتراق ورودی به بویلرها، راندمان بویلرها را ۱٪ افزایش داد.

۱-۷- تنظیم نسبت سوخت و هوا در بویلرها

عدم تنظیم نسبت سوخت و هوا در بویلرها موجب کاهش بسیار زیاد راندمان در کارخانه می‌گردد. با تنظیم مشعل‌های مربوط و بویلرها می‌توان با کاهش هوای ورودی به راندمان بسیار بالایی با بازگشت سرمایه کمتر از یک سال دست یافت.

۱-۸- بهبود عایق‌کاری دستگاهها در خط تولید

با توجه به مصارف بخار در پروسه تولید شیر و نیاز به حرارت در مراحل مختلف تولید، مسأله عایق‌کاری از مسائل مهم در کارخانجات شیر می‌باشد و از آنجا که استفاده از عایق‌های پشم شیشه‌ای در خط تولید از لحاظ بهداشتی ایراد دارد و همچنین وجود رطوبت زیاد در خط تولید، قسمت عمده‌ای از تلفات تولید در صنعت شیر مربوط به عایق‌کاری می‌باشد. خطوط برخی دستگاهها در ساعات استراحت آنها، استفاده از عایق‌های ضد آب (فوم) و تعمیر و تعویض به موقع عایق‌ها موجب افزایش راندمان کارخانه به میزان چشم‌گیری می‌شود.

۱-۹- بهینه‌سازی انرژی در بخش روشنایی

با توجه به پیشرفت سریع تکنولوژی در بخش روشنایی در زمینه تولید لامپهای راندمان بالا و افزایش عمر مفید آنها با بکارگرفتن مسائل آموزش و آگاهسازی در زمینه استفاده صحیح از سیستم‌های روشنایی، تعویض لامپهای سوخته و تعویض سیستم روشنایی قدیمی با سیستم روشنایی جدید با راندمان بالا می‌توان به صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای دست یافت.

۱-۱۰- نصب کنترل کننده On/Off

کمپرسورها به طور معمول به صورت روشن (On)، خاموش (Off) و هرزگرد (Idle) عمل می‌نمایند. در صورتیکه کمپرسور بصورت هرزگرد در حال کار باشد، فقط الکتروموتور کمپرسور کار کرده و هیچگونه هوای فشرده‌ای ایجاد نمی‌شود. لذا با نصب یک کنترل کننده On/Off می‌توان در زمانهای هرزگرد، کمپرسور را خاموش نمود.

۱-۱۱- نصب راه‌انداز نرم (Soft Start)

شود. از این منبع حرارتی می توان جهت بالا بردن دمای آب تغذیه بویلرها، گرمایش مخزن مازوت ویا در پرس های پخت استفاده نمود.

۱-۱۶- بازیافت حرارت از طریق نصب اکونومایزر در اگزوز بویلرها

اکونومایزر از یک سری لوله های فین دار تشکیل شده است که گازهای گرم خروجی از بویلر وارد آن شده و قبل از خارج شدن از سیستم و ورود به دودکش آب را پیش گرم می کند. با نصب اکونومایزر در خروجی دودکش ها می توان اتلاف حرارت گازهای داغ خروجی را به حداقل رسانده واز این منبع در پیش گرمایش آب تغذیه بویلرها استفاده نمود.

۱-۱۷- استفاده از الکتروموتورهای راندمان بالا

برای تولید گشتاور ثابت و مداوم با ساعت کارکرد طولانی در روز استفاده از الکتروموتور با راندمان بالا به جای الکتروموتور استاندارد موجب صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی الکتریکی خواهد شد. از آنجائیکه کوره ها در صنعت کاشی و سرامیک بطور مداوم و بدون وقفه در حال کار هستند، لذا فن های کوره ها که دارای الکتروموتورهای نسبتاً بزرگ می باشند نیز بطور پیوسته و با گشتاور تقریباً ثابت زیر بار قرار می گیرند. اگر الکتروموتورهای با راندمان بالا در سیستم کوره های پخت و لعاب به جای الکتروموتورهای موجود در فن ها بکار گرفته شوند، صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش هزینه برق حائز اهمیت خواهد بود. افزایش راندمان الکتروموتورهای پر بازده ۳ تا ۵ درصد می باشد.

۱-۱۸- استفاده از کنترل کننده های توان (Power Boss)

از آنجائیکه حدود ۸۰ درصد انرژی الکتریکی در صنعت، توسط الکتروموتورها به مصرف می رسد، و از طرفی اکثر الکتروموتورها با ظرفیت کمتر از ۶۰ درصد و در بعضی موارد حتی با ۲۵ درصد بار نامی مورد بهره برداری قرار می گیرند، لذا کنترل توان مصرفی آنها موجب افزایش راندمان و کاهش قابل توجه تلفات انرژی الکتریکی و همچنین کاهش هزینه برق خواهد شد. سیستمی که در مسیر تغذیه الکتروموتورها قرار می گیرد و کاهش تلفات و بخصوص تلفات ثابت را موجب می شود به نام Power Boss معروف است که علاوه بر صرفه جویی انرژی دارای مزایای

فن کوره های بخار، در زمان راه اندازی جریان بسیاری را از شبکه می کشند که باعث تنش های مکانیکی شده که به سیم پیچی الکتروموتور نیز آسیب وارد می کند. با توجه به عملکرد پی در پی سیکل روشن و خاموش شدن فن، می توان از یک راه انداز نرم برای جلوگیری از این ضربات مکانیکی استفاده نمود. در اینصورت علاوه بر اینکه جریان راه اندازی کنترل می شود، صرفه جویی انرژی نیز در بر خواهد داشت.

۱-۱۲- جایگزینی توربو کمپرسور به جای کمپرسور اسکرو

توربو کمپرسورها با توان مصرفی پائین تر می توانند میزان دبی هوای بیشتری را نسبت به کمپرسورهای معمولی تولید نمایند. در صنایعی که کاربرد هوای فشرده الزامی است استفاده از توربو کمپرسورها بسیار مقرون به صرفه خواهد بود.

۱-۱۳- استفاده از تسمه سنکرون

سیستم انتقال قدرت مکانیکی از الکتروموتور به ماشین آلات از طرق مختلفی انجام می گیرد که یکی از آنها استفاده از تسمه ها می باشد. با توجه به بازده ۸۸ درصدی تسمه موجود در صنعت، استفاده از تسمه سنکرون با راندمان ۹۶ درصد مقدار توان منتقل شده از الکتروموتور به بار را بهبود می دهد و در نتیجه صرفه جویی مطلوبی حاصل خواهد شد.

۱-۱۴- جایگزینی دستگاه اپن- اند به جای رینگ و فلایر

نصب دستگاه اپن- اند به جای رینگ و فلایر در کارخانجات نساجی یکی از روشهای تولید نخ هایی است که مستقیماً از تابیده شدن فتیله بدست می آید با استفاده از دستگاه اپن- اند به جای رینگ و فلایر مراحل تولید نخ از طریق نیمچه نخ و نخ (فلایر) و سپس نخ کامل انجام نمی شود و نخ به صورت مستقیم از فتیله تولید می شود. لازم به توضیح است نخ های تولید شده توسط ماشین اپن- اند دارای استحکام کمتری نسبت به نخ هایی است که توسط ماشین رینگ و فلایر تولید می شوند.

۱-۱۵- بازیافت حرارت از کندانس برگشتی

بخش قابل توجهی از انرژی بخار استفاده شده در فرآیند از طریق ونت و یا به صورت کندانس هدر می رود. لذا بازیافت حرارت از این منبع مهم می تواند بسیار موثر واقع

دیگری از قبیل راهاندازی نرم، حذف کلیدهای ستاره - مثلث، کنترل از راه دور و ... نیز می‌باشد

۱-۱۹- جایگزین نمودن الکتروموتورهای کوچکتر

هر چقدر ضریب بار یا بکارگیری ظرفیت الکتروموتورها به صد در صد بار نامی نزدیکتر شود باعث افزایش راندمان و کاهش درصد تلفات می‌گردد. با توجه به اندازه‌گیریهای به عمل آمده، توان مصرفی از الکتروموتورها بسیار کمتر از توان اسمی آنها است. از آنجائیکه قدرت این الکتروموتورها کم و قیمت‌های آنها نیز نسبتاً پایین است، تعویض آنها با الکتروموتورهای کوچکتر، هزینه زیادی را به کارخانه تحمیل نمی‌کند. از طرفی این موتورها بطور ثابت و مداوم در حال کارند و لذا انتخاب مناسب الکتروموتور از لحاظ مقدار توان متناسب با بار مصرفی، موجب خواهد شد تا از پتانسیل صرفه‌جویی انرژی و کاهش هزینه برق، کارخانه سود ببرد. مقدار پتانسیل قابل صرفه‌جویی بر مبنای افزایش راندمان، بین ۵ تا ۱۰ درصد خواهد بود.

۱-۲۰- تبدیل ایرلیفت به الواتور

اصولاً سیستم‌های انتقال پنوماتیکی (ایرلیفت) دارای مصرف انرژی به مراتب بیشتری در مقایسه با سیستم‌های انتقال مکانیکی می‌باشند. عمده مزیت سیستم‌های پنوماتیکی، توقفات کمتر به علت اشکالات مکانیکی کمتر و قیمت اولیه پائین‌تر می‌باشد. بطور نوعی مصرف انرژی سیستم‌های انتقال مکانیکی (الواتور) در مقایسه با سیستم‌های انتقال پنوماتیکی به نسبت یک چهارم (۰/۲۵) می‌باشد. در واقع ۷۵ درصد پتانسیل صرفه‌جویی در این فعالیت وجود دارد.

۱-۲۱- استفاده از کنترل کننده‌های ستاره مثلث ستاره

وقتی که سیم‌پیچی یک موتور سه فاز در حالت عادی و در ولتاژ کار به صورت مثلث است با اتصال مجدد سیم پیچ‌های آن به صورت ستاره، ولتاژ هر سیم‌پیچ با $\sqrt{3}$ مرتبه (۰/۵۸) مقدار ولتاژ نامی آن (کاهش می‌یابد. کار مداوم در این حالت، زمانی انجام می‌شود که موتور به طور دائم زیر بار کمتر از ۵۸٪ بار کامل کار کند.

با توجه به ثابت بودن بار برخی موتورها و با احتساب ضریب بار الکتروموتورهای مزبور استفاده از کنترل

کننده‌های ستاره مثلث ستاره، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را در بر خواهد داشت

۱-۲۲- استفاده از محرکهای دور متغیر در بارهای سانتریفوژ

در بارهای سانتریفوژ بدلیل تبعیت این بارها از قانون Affinity، در صورت استفاده از VSD میزان صرفه‌جویی حاصل به نسبت بارهای گشتاور ثابت بشدت افزایش می‌یابد. در صورت کنترل فلوی سیالات در فن‌ها و پمپها توسط VSD، کاهش قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی آنها را شاهد خواهیم بود.

۱-۲۳- تبدیل ایرلیفت به الواتور

اصولاً سیستم‌های انتقال پنوماتیکی (ایرلیفت) دارای مصرف انرژی به مراتب بیشتری در مقایسه با سیستم‌های انتقال مکانیکی می‌باشند. عمده مزیت سیستم‌های پنوماتیکی، توقفات کمتر به علت اشکالات مکانیکی کمتر و قیمت اولیه پائین‌تر می‌باشد. بطور نوعی مصرف انرژی سیستم‌های انتقال مکانیکی (الواتور) در مقایسه با سیستم‌های انتقال پنوماتیکی به نسبت یک چهارم (۰/۲۵) می‌باشد در واقع ۷۵ درصد پتانسیل صرفه‌جویی در این فعالیت وجود دارد.

۱-۲۴- بهبود فن آوری آسیابهای سیمان (افزایش ظرفیت تولید و کاهش مصرف انرژی)

با اضافه کردن و نصب یک پری کراشر (پیش خرد کن) و سپراتور قبل از آسیاب سیمان، در سیستم‌هایی که آسیاب سیمان در آنها بصورت مدار باز است، بهبود کارایی انرژی در سیستم‌های خردایش این آسیاب حاصل می‌گردد. بدینوسیله ۱۱ درصد کاهش در مصرف ویژه انرژی و همچنین حدود ۲۸ درصد افزایش در میزان تولید این واحد (آسیاب سیمان) حاصل خواهد شد. در آسیابهای از نوع مدار باز، مواد یکبار از سیستم عبور کرده و خردایش بصورت یکنواخت اتفاق نمی‌افتد و توزیع دانه‌بندی مواد خروجی، گسترده و وسیعی را به خود اختصاص داده و همگون نخواهد بود. در صورت نصب این سیستم قبل از آسیاب سیمان با پیش خردایش و جداسازی، کاهش اولیه سایز دانه‌بندی و یکنواختی دانه‌بندی را خواهیم داشت و در نتیجه باعث افزایش ظرفیت تولید و کاهش مصرف انرژی در این بخش خواهد شد.

۲۵-۱- شارژ مناسب گلوله ها در آسیاب سیمان

بالای آن، معمولاً بازیافت حرارت از اگزوز گریت کولر یکی از موارد قابل توجه بازیافت انرژی در کارخانجات سیمان می‌باشد. چنانچه این حجم هوا، جهت پیشگرم هوای احتراق استفاده شود، با توجه به دبی هوای احتراق و میزان گرمای بازیافتی از اگزوز و با توجه به افزایش راندمان احتراق، در مصرف سوخت کوره صرفه‌جویی خواهد شد.

۲۸-۱- جایگزینی کوره هوفمن با کوره تونلی

با توجه به اینکه مصرف ویژه انرژی کوره‌های هوفمن بیشتر از کوره‌های تونلی است و از طرف دیگر در کوره‌های تونلی توزیع حرارت یکنواخت‌تر، نرخ تولید بیشتر، کیفیت محصولات بهتر و درصد ضایعات کمتر است، بنابراین بهتر است که از این کوره‌ها به جای کوره‌های هوفمن استفاده شود. البته بعضی از متخصصین صنعت آجر کوره‌های هوفمن را به خاطر سادگی و پائین بودن هزینه عملیات بهره‌برداری و انجام بیشتر کارها و کنترلهای مختلف بصورت دستی، به کوره‌های تونلی که بهره‌برداری و تعمیرات دوره‌ای آن پیچیده‌تر و پر هزینه‌تر می‌باشد، ترجیح می‌دهند. ولی اگر بطور جامع این دو گروه مقایسه شوند کوره تونلی با مصرف انرژی کمتر و با نرخ تولید بیشتر، کیفیت محصول بهتر و درصد ضایعات کمتر ارجحیت دارند. و با انجام تعمیرات پیشگیرانه بطور دقیق و منظم از خرابی‌های مکرر این کوره می‌توان جلوگیری نمود.

۲۹-۱- استفاده از تسمه سنکرون

در کارخانجات آجر ماشینی جهت انتقال نیروی الکتروموتورها به دستگاهها از تسمه و پولی استفاده می‌گردد. راندمان سیستم انتقال نیرو انواع تسمه و پولی به صورت ذیل می‌باشد: نوع f-belt در حدود ۸۸ درصد ۲- نوع v-belt در حدود ۹۰ درصد ۳- نوع cogged-belt در حدود ۹۲ درصد ۳- نوع synchron-belt در حدود ۹۸ درصد تسمه و پولی مورد استفاده در کارخانجات آجر ماشینی از نوع v-belt می‌باشد که در صورت استفاده از نوع synchron-belt صرفه‌جویی انرژی در پی خواهد داشت.

۳۰-۱- استفاده از قالبهای سرامیکی به جای قالبهای

فلزی

بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که اغلب قالب‌های فلزی دهانه پرس به دلیل بعضی ترکیبات سخت خاک مانند سیلیس در مدت زمان کوتاهی دچار خوردگی و

در صورت شارژ مناسب گلوله در آسیابهای سیمان و مواد، ظرفیت تولید بالا رفته و در نتیجه مصرف ویژه انرژی در آنها پائین می‌آید. با اجرای این راهکار، در صورت افزایش ظرفیت تولید عملی آسیاب‌ها به میزان ۱۰ درصد، کاهش مصرف ویژه انرژی را به میزان ۷ تا ۱۰ درصد خواهیم داشت.

۲۶-۱- کاهش ناشتی در سیستم (کاهش ناشتی در

پری هیتر، الکتروفیلتر و ...)

وجود ناشتی در سیستم، علاوه بر اینکه باعث افت دما و کاهش راندمان حرارتی می‌گردد، باعث افزایش حجم گازهای خروجی از هر مرحله شده و در نتیجه، توان الکتریکی مصرفی در فن‌های بالا دست افزایش پیدا خواهد کرد.

با توجه به اینکه راندمان حرارتی در پری هیتر و کلسیناسیون مواد خام بسیار با اهمیت می‌باشد، در نتیجه وجود ناشتی هوا در سیستم به طور مستقیم در راندمان حرارتی پری هیتر تأثیر گذار می‌شود.

وجود ناشتی علاوه بر کاهش راندمان حرارتی خصوصاً در پری هیتر، با توجه به افزایش حجم گازهای خروجی باعث افزایش مصرف فن‌های بالا دست جریان می‌گردد. وجود ناشتی در کل مسیر به صورت مستقیم روی قدرت فن الکتروفیلتر، تأثیر می‌گذارد. همچنین با توجه به نحوه جریان خروجی گازها، وجود ناشتی در پری هیتر و آسیاب مواد روی فن‌های آسیاب مواد تأثیر گذار می‌باشد. در صورت سرمایه‌گذاری و ایجاد تمهیدات لازم، چنانچه ۳۰ درصد از ناشتی‌ها در مراحل مختلف کنترل شود، علاوه بر کاهش مصرف انرژی حرارتی در سیستم، باعث کاهش میزان مصرف انرژی الکتریکی در فن‌های مسیر خواهد شد.

۲۷-۱- بازیافت حرارت از گازهای خروجی کوره،

بازیافت حرارت از فن خروجی گریت کولرها و ...

در صورت بازیافت حرارت از گازهای خروجی کوره و انتقال آن به آسیاب مواد، راندمان این آسیاب افزایش خواهد یافت و همچنین باعث کاهش نوسانات مکش در کوره خواهد شد که این مسئله نیز به افزایش تولید کلینکر منجر می‌گردد. در مورد بازیافت حرارت از اگزوز گریت کولرها، با توجه به دبی بسیار زیاد هوای داغ خروجی از اگزوز گریت کولر و دمای

۲- محاسبه پتانسیل صرفه جویی راهکارها در صنایع جدول زیر میانگین صرفه جویی سالانه هر راهکار را در کارخانجات صنعت مطالعه شده نشان می دهد.

درصد صرفه جویی	میانگین صرفه جویی (هزار مگاژول)	راهکار	صنعت
2.7	1120	بازیافت حرارت از کوره بخار	قند و شکر
3.0	852	نصب کنترل کننده دور متغیر در موتور دیفوزیون	
1.0	364	نصب کنترل کننده دور متغیر در سانتریفوژ پخت	
0.8	351	نصب کنترل کننده دور متغیر بر روی فن دمنده کوره بخار	
1.0	249	نصب کنترل کننده دور متغیر در پمپ چغندر	
0.6	162	نصب کنترل کننده دور متغیر بر روی تصفیه شربت	
0.1	53	نصب کنترل کننده On/Off بر روی کمپرسور	
0.3	60	نصب راه انداز نرم بر روی سیلوی آب زنی، فن کوره و قند گیری از ملاس	

سایش می گردد، این موضوع منجر به افزایش ضخامت دیواره های بلوک و در نتیجه افزایش وزن خاک شده و لذا به همان نسبت آب مصرفی نیز افزایش می یابد، و این بدان معنی است که در مرحله خشک کردن (خشک کن) انرژی مضاعفی برای تبخیر آب اضافی و فرآیند پخت انرژی مضاعفی برای پخت خشت مصرف می گردد

۱-۳۱- استفاده از گازهای خروجی کوره های عملیات حرارتی جهت تولید گاز CO₂

با توجه به اینکه کارخانجات ریخته گری CO₂ مورد نیاز در فرآیند سند بلاست را از احتراق سوخته های فسیلی تأمین می کنند، بازیافت گاز CO₂ از گازهای خروجی کوره های عملیات حرارتی منجر به عدم نیاز به مصرف سوخته های فسیلی برای تولید آن و کاهش مصرف انرژی می گردد.

۱-۳۲- به کارگیری سیستم تولید مشترک برق و حرارت

واحدهای تولید همزمان برق و حرارت (CHP) با کاهش قابل ملاحظه تلفات انرژی و بازده بالا سیاستهای توسعه ای برق را در کشورهای توسعه یافته تحت تاثیر قرار داده است. به خصوص استفاده از این سیستمها در صنایعی که مصرف توأم برق و بخار بالایی دارند، بسیار توجیه پذیر است. با توجه به مصارف بالای این دو حامل انرژی در صنعت چوب و کاغذ یکی از راهکارهای پیشنهادی به این صنعت به کارگیری این نوع سیستمها است.

۱-۳۳- تولید خمیر کاغذ به روش بازیافت کاغذ (OCC, DIP)

در مقایسه با روش فعلی (NSSC, CMP) در حال حاضر خمیر کاغذ طی دو فرآیند NSSC (برای تولید مقوا) و CMP (برای تولید کاغذ روزنامه) از چوب درختان جنگلی تهیه می شود.

این فرآیند شامل تهیه چیپس، لیکور، آب سرویس و ... می باشد که بخش عمده مصرف بخار و برق کارخانه را به خود اختصاص می دهد. این در حالیست که با استفاده از خمیر تولید شده از کاغذ بازیافتی این مصارف حذف می شود.

0.5	34	کاهش دمای هوای ورودی به کمپرسور	ادامه نساجی	12.0	54282	نصب سیستم بازیافت حرارت گازهای خروجی کوره بخار	نساجی
0.1	27	استفاده از تسمه سنکرون در الکتروموتورها		5.0	1857	جایگزینی ماشین اپن - اند با ماشین رینگ و فلاپر	
28.0	1282000	تولید خمیر از بازیافت کاغذ	چوب و کاغذ	0.4	1713	عایق کاری سیستم لوله کشی بخار	
23.0	1044660	به کار گیری سیستم تولید مشترک برق و حرارت		1.2	1127	بازیافت حرارت از آب گرم اتو کلاو	
4.0	81756	استفاده از ترمو کمپرسور برای بازیافت بخار		1.8	1025	استفاده از توربو کمپرسور به جای کمپرسور اسکرو	
2.0	42500	استفاده از کوره گوگرد سوز		5.0	621	عایق کاری اتو کلاو	
0.5	11880	استفاده از ورقه های شفاف جهت استفاده از روشنایی روز		2.0	654	استفاده از کنترل کننده دور متغیر در فن تهویه هوا و فن هوای گردش استنسر	
18.0	29357	تعویض چیلر تراکمی با جذبی		4.0	259	استفاده از کنترل کننده ON/OFF بر روی کمپرسور	
6.0	15264	تنظیم نسبت سوخت و هوا در بویلرها		1.6	106	استفاده از کنترل کننده دور متغیر در اگزوز خروجی استنتر	
7.0	15207	پیش گرمایش هوای احتراق بویلر		0.8	107	استفاده از کنترل کننده دور متغیر در پمپ آب سیستم تهویه و پمپ آب گرم	
5.0	12124	بازیافت حرارت از دودکش دیگهای بخار		0.1	47	استفاده از کنترل کننده دور متغیر	
12.0	11078	کنترل دور موتورها با استفاده از نصب VSD					
4.0	2214	برطرف کردن نشتی های بخار					

9.4	85117	نصب رولر پرس (پری کراشر) و سپراتور بر روی آسیاب سیمان برای افزایش ظرفیت	ادامه سیمان	14.0	99058	استفاده از اکونومایزر در بویلرها	لاستیک
1.5	30562	کاهش اتلاف حرارتی سطوح داغ با عایق بندی مناسب		6.0	19981	نصب کنترل کننده دور متغیرو روی پمپها و کمپرسورها	
6.5	27678	باز یافت حرارت از گازهای خروجی حاصل از احتراق کوره های کارخانه (کوره های پخت بیسکویت، لعاب)	کاشی و سرامیک	5.0	18933	اصلاح سیستم کندانس برگشت و باز یافت حرارت	
6.3	26836	باز یافت از هوای داغ خروجی از قسمت خنک کن کوره ها		4.3	138138	باز یافت حرارت از گازهای خروجی کوره برای آسیاب مواد و از Exhaust فن گریت کولرها برای پیشگرم هوای احتراق کوره	
4.5	6728	استفاده از کنترل کننده های ستاره مثلث ستاره در الکتروموتورها		2.7	109506	کاهش نشتی در سیستم فن پری هیتر، الکتروفیلتر، فن دوپل، فن آسیاب مواد A و پری هیتر برای کاهش بار فنهای ID.fan و Mill Ep. و fan fan	
2.0	2981	استفاده از کنترل کننده های On/Off در الکتروموتورها		11.6	108953	استفاده از VSD در بارهای سانتریفوژ، نوار نقاله ها، فنهای EP-IDE و SP-IDE، گریت، مشعل کوره و	
1.5	1608	استفاده از الکتروموتورهای پر بازده (راندمان بالا) در فن کوره ها					
1.6	1483	استفاده از کنترل کننده های توان (bus power)					
0.1	78	جایگزین کردن الکترو موتور کوچکتر					

27.0	12638	گرمایش آب از باز یافت حرارت دیزل ژنراتورها
20.0	9212	تبدیل چیلرهای تراکمی به جذبی
5.0	6987	کنترل دور موتورها با استفاده از نصب VSD
8.0	4683	پیش گرمایش هوای احتراق کوره های ذوب
6.0	2938	پیش گرمایش هوای احتراق در مشعل دیزل ژنراتورها
2.0	1235	تبدیل کوره های پیش گرم قالب الکتریکی به حرارتی

50.0	230950	جایگزینی کوره های هوفمن موجود با کوره تونلی	آجر ماشینی
9.0	56213	استفاده از قالبهای سرامیکی بجای قالبهای فلزی	
8.0	35787	باز یافت حرارت از کوره های هوفمن	
3.0	1956	استفاده از تسمه سنکرون	
2.0	1272	استفاده از کنترل هوشمند توان	
2.0	998	نصب کنترل کننده های دور متغیر	
15.0	19992	افزایش عملکرد یا تغییرات قالبها برای بالا بردن تناژ قطعه	ریخته گری
2 تا 15	5219	باز یافت حرارت از کوره های عملیات حرارتی جهت پیش گرمایش قراضه، تولید آب گرم مصرفی کارخانه یا پیش گرم هوای سر	
51.	2808	استفاده از گازهای خروجی کوره عملیاتی برای گاز CO2	
0.4	571	نصب VSD بر روی فنهای کوره های عملیات حرارتی	
27.0	15775	باز یافت حرارت از دودکش کوره ها	

۳- جمع بندی و نتیجه گیری

در نهایت می توان پتانسیل صرفه جویی مصرف انرژی در ۱۰ صنعت مورد مطالعه را به صورت زیر خلاصه نمود.

نام صنعت	صرفه جویی انرژی (تراژول)	نام صنعت	صرفه جویی انرژی (تراژول)
ریخته گری	۱۱۰۰	قند و شکر	۹۰۰
آلومینیوم	۱۶۰۰	نساجی	۲۱۰۰
شیر	۸۰۰	چوب و کاغذ	۳۰۰۰
کاشی و سرامیک	۲۹۰۰	لاستیک	۶۰۰
سیمان	۸۰۰۰	آجر ماشینی	۲۰۰۰

مراجع

1-Wulfinghoff Donald R. 1999 "Energy efficiency manual"energy institute press

۲-اسمیت، کرگ، بی. ۱۳۷۶ اصول مدیریت انرژی،

نشر دانشگاه، تهران

۳- سازمان بهره وری انرژی ایران، مجموعه گزارش های

ممیزی انرژی در صنعت کشور ، ۲۵مجلد، ۱۳۸۰ الی ۱۳۸۷