

به نام خدا

بررسی مدیریت بار و فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی در کارخانه کاشی طوس

علی خواجه‌مبارکه^۱، محمدمهدی توکلی‌فرد^۲، علیرضا مولایی^۳

۱- بخش فرآیند، شرکت مشاوران بهسازی، نوسازی انرژی

۲- مرکز تحقیقات، شرکت کاشی طوس

۳- بخش برق و ابزاردقیق، شرکت مشاوران بهسازی، نوسازی انرژی

مقدمه

هدف از انجام این پروژه، مدیریت مصرف برق و بررسی فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی در فرآیند تولید کاشی طوس می‌باشد. مدیریت مصرف برق که هدف از آن در صنایع، تعدیل مصرف برق بگونه‌ای است که نه تنها میزان تولید و کیفیت آن کاهش نیابد، بلکه همراه با افزایش و ارتقاء عوامل مزبور، مشترک صنعتی بابت برق مصرفی هزینه کمتری بپردازد. مدیریت مصرف برق به دو صورت مدیریت بار و صرفه‌جویی در انرژی مصرفی قابل اعمال است. مدیریت بار مجموعه‌ای از فعالیت‌های سازمان یافته به منظور کاهش بارهای مصرفی پایه و هموار کردن الگوی بار مصرفی و خارج کردن مصرف‌کننده‌های عمده از ساعات اوج مصرف می‌باشد. به منظور صرفه‌جویی در انرژی مصرفی نیز لازم است که با اعمال روش‌های مناسب از اتلاف انرژی برق جلوگیری نمود. فرصت‌های صرفه‌جویی راهکارهایی نرم افزاری یا سخت افزاری یا توأمان می‌باشند که این راهکارها باید امکان‌سنجی شده و با برآوردهای اقتصادی و تعیین دوره بازگشت سرمایه همراه باشند.

در این مقاله ابتدا شرح مختصری از فرآیند تولید کاشی، سپس مصارف هر قسمت همراه با فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی و برنامه مدیریت بار در آن قسمت بیان می‌شود.

شناخت فرآیند تولید کاشی

فرآیند تولید کاشی عبارت است از: ابتدا انجام عملیات سایش که توسط دو سنگ‌شکن فکی و چکشی انجام می‌شود این مواد پس از رسیدن به قطر مورد نظر در انبار ماهیانه و به تفکیک ذخیره می‌شوند. سپس با درصد وزنی خاصی که فرمول بدنه مشخص می‌کند توزین شده و به سیلوی بال‌میل فرستاده می‌شوند بعد از این مرحله مواد جهت دوغاب سازی همراه با مقدار کافی آب و چسب و روانساز در بال‌میل بارگیری شده و به همراه گلوله‌های موجود در بال‌میل چرخانده می‌شوند تا در اثر برخوردهای حاصل، مواد اولیه سائیده شده و بصورت دوغاب درآید. سایش وقتی متوقف می‌شود که زبری دوغاب از مقدار مشخصی کمتر شده باشد. پس از آن دوغاب در حوضچه‌های ماند تخلیه می‌گردد. تخلیه یک حوضچه، زمانی آغاز می‌گردد که حداقل ۲۴ ساعت از آخرین تخلیه بال‌میل در آن گذشته باشد.

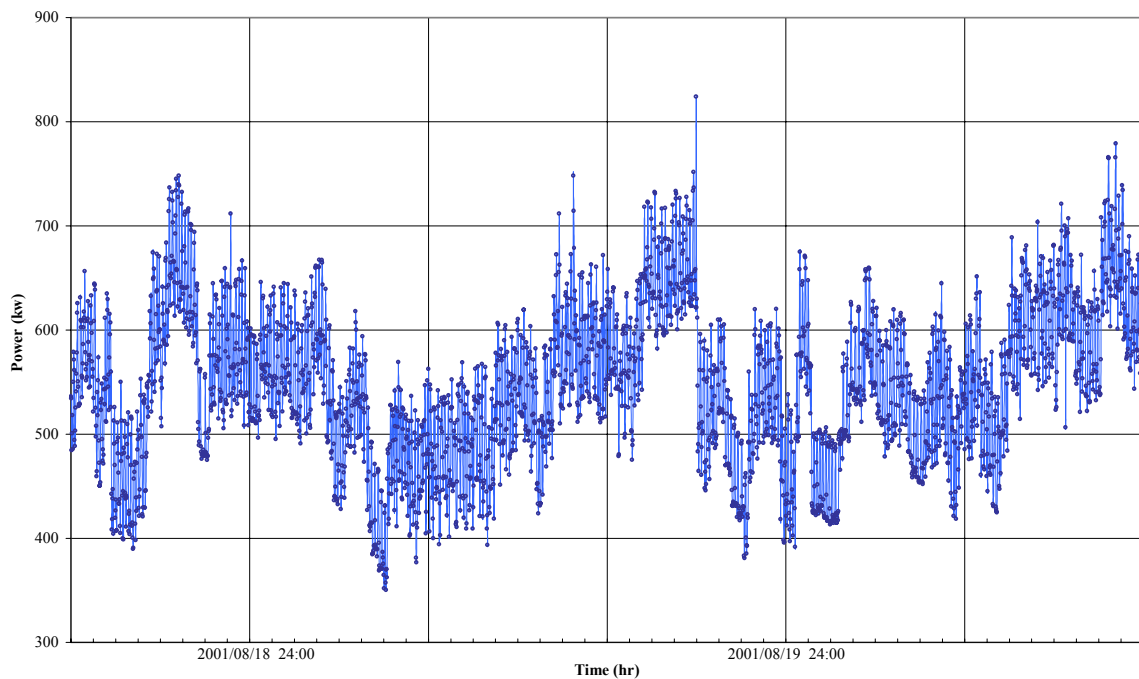
پس از زمان ماند، دوغاب توسط پمپ‌های دیافراگمی به تانک ساعتی و از آنجا توسط پمپ‌های رفت و برگشتی با فشار بالا به خشک‌کن پاششی پمپ می‌شود. گرانول خروجی از خشک‌کن پاششی جهت یکنواخت شدن رطوبت به سیلو جهت ماند و سپس به قسمت پرس منتقل شده و در این قسمت تبدیل به بدنه کاشی یا بیسکوئیت خام می‌شود. سپس توسط واگن به سالن انتظار رفته و مقداری از رطوبت خود را از دست می‌دهد. بیسکوئیت خام پس از سالن انتظار، وارد کوره خشک‌کن شده که در این کوره رطوبت بیسکوئیت گرفته شده و وارد کوره تونلی می‌شود. وظیفه کوره تونلی پخت بیسکوئیت خام خشک‌شده و تبدیل آن به بدنه کاشی است. بیسکوئیت پخته شده پس از کوره تونلی به سالن انتظار رفته و پس از خنک شدن، جهت لعاب، رنگ و طرح مطلوب به باند لعاب رفته و سپس جهت پخت لعاب به کوره رولری می‌رود. در انتهای کوره رولری درجه‌بندی کاشی‌ها بر اساس کیفیت، رنگ، وجود ترک انجام گرفته و بسته بندی آنها انجام می‌گیرد.

مدیریت بار

جهت انجام مدیریت بار در کارخانه کاشی طوس نیاز به جمع‌آوری و اندازه‌گیری مصرف انرژی الکتریکی در بخش‌های مختلف کارخانه بوده است. هدف از جمع‌آوری این اطلاعات، ایجاد پایگاه داده‌ای جهت تأمین نیازهای اطلاعاتی در زمینه شناخت وضع موجود، شناسایی نحوه مصرف، تعیین وضعیت مصرف برق ورودی و بدست آوردن پتانسیل‌های ایجاد تغییرات منجر به کاهش هزینه در شبکه مصرفی کارخانه بوده است.

بدلیل سیاست‌های کارخانه جهت اجرای طرح توسعه و مشکلات خرید دیماندا، کارخانه حاضر به ایجاد تغییر در شرایط دیماندا خود نبوده و تعیین دیماندا مناسب از برنامه کاری گروه ممیزی انرژی حذف شد.

پس از اندازه‌گیری از برق ورودی بمدت طولانی و اندازه‌گیری پارامترهای مختلف برقی و بررسی نتایج همچنان که در نمودار شماره ۱ مشاهده می‌شود چنین ارزیابی شد که مصرف برق در کارخانه بصورت اتفاقی (Randomize) می‌باشد. در چنین حالتی به طور معمول تعویض کنتور دوتعرفه‌ای و سه‌تर्फه‌ای تغییری در هزینه نخواهد داشت و بهای قبض مصرفی بین ۱ تا ۲ درصد کم یا زیاد خواهد شد. ولی با اجرای یک برنامه صحیح و خارج کردن مصارف عمده از ساعات پیک، نصب یک کنتور سه‌تर्फه‌ای اثر گذاری بسیار زیادی نسبت به کنتور دوتعرفه‌ای خواهد داشت. بنابراین قرار بر آن شد که کنتور دوتعرفه‌ای موجود در کارخانه پس از ارائه برنامه مدیریت بار توسط کارشناسان شرکت مینا و تأیید مدیریت کارخانه با کنتور سه‌تर्फه‌ای جایگزین شود. سپس اندازه‌گیری از نقاط مختلف کارخانه جهت تعیین مصرف کننده‌های مهم برقی و کیفیت مصرف آنها آغاز گردید.



نمودار شماره (۱)

با توجه به تعداد بال‌میل‌ها (۴ عدد) و ظرفیت کاری آنها (حدود ۱۰-۸ ساعت) و زمان تخلیه هر بال‌میل (حدود ۱ ساعت) و بارگیری هر بال‌میل (حدود ۱/۵-۱ ساعت) و مانند ۲۴ ساعته دوغاب در حوضچه‌ها پس از آخرین تخلیه و تعداد حوضچه‌ها (۳ عدد) و ظرفیت آنها (۶ بال‌میل) و ناتوانی پمپ‌ها جهت تخلیه کامل حوضچه‌ها و با توجه به زمان‌های متوسط مورد نیاز بر کار بال‌میل‌ها، زمان‌بندی کارکرد بال‌میل‌ها بنحوی که کارکرد قسمت تولید گرانول تا حد امکان پیوسته باشد، نیازمند برنامه دقیق و مرتبی است. رعایت

همزمان این شرایط و مدیریت بار و تهیه برنامه زمان‌بندی جهت برآورد این شرایط از اهداف این پروژه بوده است.

پس از فرا رسیدن مدت زمان ماند مورد نیاز، دوغاب توسط پمپ‌های دیافراگمی جهت تهیه گرانول به قسمت اسپری فرستاده می‌شود. میزان رطوبت و شکل گرانول خروجی بدلیل اهمیت آن در قسمت پرس مهمترین عاملی است که در عملکرد اسپری باید کنترل شود. این عوامل با نحوه چیدمان نازل‌ها در مخروط اسپری و کنترل دمای خروجی از مشعل (با تغییر دریچه گاز) کنترل می‌شود.

مشکل‌ترین قسمت در کنترل رطوبت خروجی در ابتدای راه‌اندازی است که بدلیل یکنواخت نشدن شرایط، گرانول خروجی تا رسیدن به شرایط مطلوب، با رطوبت نامناسب خارج می‌شود. برای از بین بردن این رطوبت، برای گرانول خروجی که در سیلو ذخیره می‌شود ۲۴ ساعت زمان ماند در نظر گرفته می‌شود. با توجه به ظرفیت بالای سیلوها و این زمان ماند، همانند قسمت دوغاب سازی، زمان‌بندی کاری این قسمت نیز، برای آنکه کار قسمت پرس دچار مشکل نشود، دارای اهمیت بسزائی است. ضمن آنکه تغییرات رطوبتی ناشی از راه‌اندازی باید به حداقل رسیده، چون هر راه‌اندازی با شستشوی اسپری و مقدار زیادی آب همراه است، میزان راه‌اندازی و توقف اسپری باید به حداقل رسیده و در ماکزیمم زمان ممکن خشک‌کن بطور پیوسته کار کند. بنابراین برای برنامه کاری قسمت دوغاب سازی اهداف زیر مد نظر قرار گرفت:

- ظرفیت برنامه از میزان مورد نیاز بیشتر باشد تا در صورت خرابی احتمالی، خط تولید متوقف نشود.
- زبره مناسب تخلیه و زمان ماند دوغاب در حوضچه‌ها رعایت شود.
- احتیاج به تجهیزات اضافه از قبیل کنتور آب و نیز نیروی اضافه نباشد.
- بارگیری و تخلیه همزمان در نظر گرفته نشود.
- کارکرد بخش اسپری درایر مداوم باشد.
- دوره تکرار برنامه تا حد ممکن کم باشد.
- بال‌میل‌ها از ساعت پیک خارج شوند.
- تقسیم کار بین شیفت‌های مختلف کاری یکسان باشد.
- تعیین ظرفیت برنامه بر اساس بیشترین ظرفیت تولید باشد.
- بال‌میل‌های آزمایشی و خاک پرس در نظر گرفته شوند.

با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای مطرح شده و روش‌های مختلف پیاده‌سازی در نهایت بهترین برنامه کاربردی ارائه و اجرا شد که ۸/۸ در صد از هزینه کل برق مصرفی کارخانه در این قسمت صرفه‌جویی گردید.

با توجه به پیوسته بودن خط تولید کاشی بعد از قسمت گرانول‌سازی، برای این قسمت‌ها با انجام تغییراتی در شیفت‌های کاری به منظور خروج از ساعت پیک با در نظر گرفتن حداکثر تولید و اصلاح نحوه مصرف، صرفه‌جویی‌هایی انجام گرفت که مطابق جدول زیر ارائه می‌گردد.

نام تجهیز	توان KW	ساعات کاری پیش از اعمال مدیریت بار (کنترل دو تعرفه‌ای)			ساعات کاری پس از اعمال مدیریت بار (کنترل سه تعرفه‌ای)			درصد اختلاف قبض
		عادی	پیک	کم‌باری(عادی)	عادی	پیک	کم‌باری	
بخش سنگ‌شکن	۸۰	۸	۰	۰	۰	۰	۸	۳/۲۱
بال‌میل‌های دوغاب	۲۰۴	۷	۲/۵	۵	۸/۵	۰	۶	۸/۸۷
همزن حوضچه‌های دوغاب	۳۰	۱۲	۴	۸	۱۲	۴	۸	۰
بال‌میل‌های لعاب	۲۰	۸	۴	۸	۸	۴	۸	۰
خشک‌کن پاششی	۴۰	۸	۳	۵/۵	۶	۳	۷/۵	۰/۳
پرس	۶۰	۱۲	۴	۸	۱۲	۰	۱۲	۴/۹
بقیه مصارف پرس	۱۰	۱۲	۴	۸	۸	۰	۸	۱/۱۵
غبار‌گیرها	۳۸	۱۲	۴	۸	۸	۰	۸	۴/۳۷
باند لعاب	۱۸	۱۰/۶۷	۲/۶۷	۵/۳۳	۱۰/۶۷	۲/۶۷	۵/۳۳	۰
کوره تونل	۷۰	۱۲	۴	۸	۱۲	۴	۸	۰
کوره رولر	۴۴	۱۲	۴	۸	۱۲	۴	۸	۰
پمپ آب	۲۲	۵	۲	۶	۵	۰	۸	۱/۱۲
کمپرسور و فن	۴۵	۱۲	۴	۸	۱۲	۴	۸	۰
پخت ۳	۱۰	۱۲	۴	۰	۱۲	۴	۰	-۰/۴
جمع	۶۹۱							۲۳/۵۲

فرصت‌های صرفه‌جویی و بهسازی مصرف انرژی

در این بخش به ارائه فرصت‌های صرفه‌جویی انرژی پرداخته می‌شود. این فرصت‌ها، پیشنهادهایی هستند که انجام آنها منجر به صرفه‌جویی در مصرف یکی از حامل‌های انرژی می‌شود ولی انجام آن خود نیازمند یک بررسی دقیق و کارشناسانه و نیز همراه با آزمایش‌های متعدد و گاه طولانی مدت است. هدف از ارائه این پیشنهادات و موارد مطروحه در مورد آنها، تدوین بستر مناسبی جهت تصمیم‌گیری سطوح مدیریتی کارخانه کاشی طوس برای انجام این پروژه‌ها می‌باشد. که در این بخش بصورت اجمالی این پیشنهادات را بررسی می‌کنیم.

◀ بخش مواد اولیه و دوغاب‌سازی

- انتخاب قطر بهینه خروجی از بخش سنگ‌شکن: اگر منحنی کیلووات مصرفی در سنگ‌شکن بر حسب قطر خروجی از سرند و نیز کیلووات مصرفی توسط بال‌میل‌ها بر حسب قطر خاک ورودی رسم شود، مینیمم تابع حاصل جمع این دو، نقطه بهینه برای قطر خروجی سرند خواهد بود.

◀ بخش تولید گرانول

- یافتن نقطه بهینه با انجام آزمایش‌های متعدد بین میزان کاهش مصرف آب و بهینه نمودن نحوه اختلاط روانساز حین انجام سایش و نیز قابلیت کاردهی پمپ‌های دیافراگمی و پمپ‌های رفت و برگشتی با افزایش لزجت
- افزایش ظرفیت خشک‌کن: انجام شبیه‌سازی‌های کامپیوتری با نرم‌افزارهای عددی دینامیک سیالات در جهت تحلیل نحوه پاشش دوغاب، نحوه قرار گرفتن نازل‌ها و دمپرهای هوا می‌تواند ایده‌های بسیار مناسبی در مورد افزایش قابلیت و راندمان کاری اسپری بدهد.

◀ بخش کوره تونلی

- استفاده بهینه از هوای گرم خروجی‌های مختلف کوره جهت مصارف گرمایش و سرمایش محیط، پیش گرمایش هوای احتراق کوره تونلی و یا رولری با بررسی توجیه اقتصادی برای آنها.
- افزایش ظرفیت کوره با توجه به نمودارهای دما-زمان، سرعت-زمان کوره، بدون تغییر در نمودار دما-زمان واگن که این افزایش ظرفیت می‌تواند ۱/۱۱٪ ظرفیت فعلی کوره باشد.

◀ کمپرسور

- بهینه کردن نقطه تنظیم پایین و بالای فشار مخزن و جلوگیری از نشتی که در حدود ۴۱٪ زمان کارکرد کمپرسور را کاهش می‌دهد.
- بهینه نمودن نقاط تنظیم فن خنک‌کن هوا و روغن کمپرسور
- کاهش دمای هوای ورودی به کمپرسور که صرفه‌جویی مناسبی در بر دارد.

◀ بررسی و پیشنهاد سیستم تصفیه جهت فاضلاب کارخانه