

چشم انداز ارتقای کارایی انرژی در صنعت ریخته‌گری

محمد اکبری سیار - مونا وثوقی فرد

سازمان بهره‌وری انرژی ایران
akbari@saba.org.ir - m.vosooghi@saba.org.ir

چکیده

صنعت ریخته‌گری در سطح کشور با حدود ۸۶۰ واحد مجزا، به ترتیب ۰/۳۵٪ و ۲/۲۱٪ از کل مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در بخش صنایع را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین اجرای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در این صنعت بسیار قابل توجه و ضروری می‌باشد. تدوین نقشه راه بهینه‌سازی مصرف انرژی در این صنعت بر اساس برنامه‌ها و اهداف کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بوده و در راستای تأمین نیازهای بخش‌های مختلف صنعت ریخته‌گری می‌باشد. در این مقاله ابتدا به بررسی وضعیت شاخص‌های عملکردی و انرژی در کارخانه‌های ریخته‌گری کشور و مقایسه آن با سایر کشورها پرداخته می‌شود. سپس اشاره مختصری به انواع روشهای ریخته‌گری و کوره‌های ذوب شده و در نهایت تدوین نقشه راه ارتقای کارایی انرژی در کارخانه‌های موجود و کارخانه‌های جدیدالاحداث در کشور مورد توجه قرار می‌گیرد. در سه دوره کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت هدف‌گذاری صورت می‌گیرد و نقشه راه و ارائه راهکارها با توجه به نیازهای صنعتی، نیازهای مرتبط با تکنولوژی مواد، نیازهای زیست محیطی، قانونی و تکنولوژیکی و نیازهای مربوط با هریک از حوزه‌های منابع انرژی قابل اعتماد، بازار و محصولات و منابع انسانی تعیین می‌گردد. در پایان نیز پتانسیل صرفه‌جویی کل و سه دوره کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت برآورد شده است.

کلید واژه

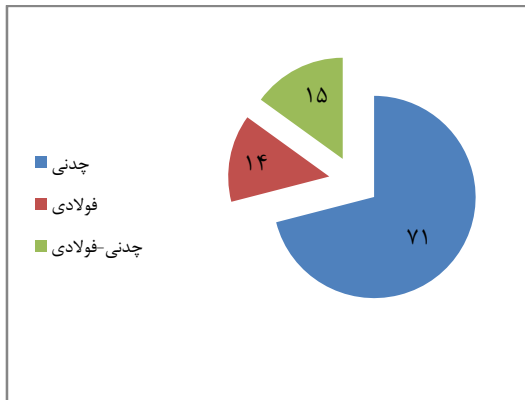
ارتقای کارایی انرژی - بهینه‌سازی مصرف - شاخص مصرف ویژه انرژی - صنعت ریخته‌گری - کوره‌های ذوب - مصرف انرژی - نقشه راه

دهمین همایش بین المللی انرژی

مقدمه

صنعت ریخته‌گری در سطح کشور با حدود ۸۶۰ واحد مجزا، به ترتیب ۰/۳۵٪ و ۲/۲۱٪ از کل مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی در بخش صنایع را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین اجرای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت در این صنعت بسیار قابل توجه می‌باشد. نقشه راه بهینه‌سازی مصرف انرژی در این صنعت بر اساس برنامه‌ها و اهداف کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت بوده و در راستای تأمین نیاز بخش‌های مختلف صنعت ریخته‌گری می‌باشد.

در این مقاله با توجه به تعداد زیاد کارخانه‌های ریخته‌گری کشور، با استفاده از روشهای آماری ۵۸ کارخانه از کل واحدهای ریخته‌گری کشور به عنوان جامعه در نظر گرفته شد. برای بررسی کارخانه‌های مورد نظر، اطلاعاتی از قبیل آمار تولید و مصرف انرژی، نوع کوره‌ها، نوع فرآیند و ... از طریق چک لیستی تحت عنوان "پرسشنامه صنایع ریخته‌گری چدن و فولاد کشور" جمع‌آوری گردید. ملاحظه شد ۴۱/۴ درصد از کل کوره‌های موجود، الکتریکی و ۵۸/۶ درصد آنها احتراقی هستند. بعلاوه ۷۱٪ کارخانه‌ها محصولات چدنی، ۱۴٪ محصولات فولادی و ۱۵٪ آنها نیز مجموع محصولات چدنی و محصولات فولادی تولید کرده‌اند.



نمودار ۲: پراکندگی کارخانه‌های ریخته‌گری از نظر نوع محصول تولیدی

۱- معرفی فرآیند ریخته‌گری

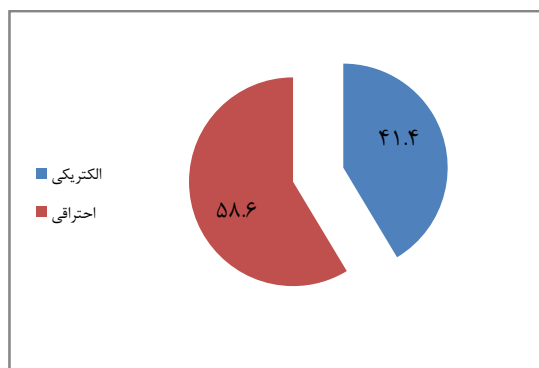
ریخته‌گری فرآیندی است که طی آن ماده مذاب به داخل قالب بارریزی می‌شود تا به شکل داخلی قالب، منجمد شده و از داخل آن خارج شود. در واقع ریخته‌گری جزء اولین روش‌های تولید و شکل‌دهی مواد است که از گذشته‌های دور، برای تولید بسیاری از ابزار و قطعات از آن استفاده می‌شود.

از جمله خصوصیات که سبب تولید قطعات به روش ریخته‌گری می‌شود عبارتند از:

- پیچیدگی فنی قطعه و عدم قابلیت تولید آن از طریق سایر روش‌های تولید
- عدم نیاز به خصوصیات و مشخصه‌های فنی خاص از نظر ساختار کریستالی مواد
- هزینه نسبتاً پایین
- امکان‌پذیری انجام کار مکانیکی مانند آهن‌گری، نورد و ... پس از مرحله ریخته‌گری و ایجاد سطح صاف و ابعاد دقیق

۱-۱ انواع روش‌های ریخته‌گری از دیدگاه فرآیندی

اساس کلیه فرآیندهای ریخته‌گری، تغذیه فلز مذاب به حفره قالب و سپس انجماد مذاب و ایجاد جسم جامد است. تفاوت فرآیندهای مختلف، اصولاً در چگونگی تهیه قالب است. در جدول ۱ انواع فرآیندهای ریخته‌گری به همراه مزایا، معایب و نمونه‌هایی از قطعاتی که می‌توان با این روش ساخت آورده شده است.



نمودار ۱: انواع کوره‌ها در صنعت ریخته‌گری

دهمین همایش بین المللی انرژی

جدول ۱ : خلاصه ای از انواع روش های ریخته‌گری به همراه مزایا و معایب آنها

فرآیند	مزایا	معایب	نمونه ها
ماسه	هزینه پایین، گستره وسیعی از فلزات، اندازه‌ها و شکل‌ها	تلرانس زیاد، کیفیت سطح نامطلوب	سر سیلندرها ، بدنه موتورها
قالب پوسته‌ای	دقت بالا، نرخ تولید بیشتر و کیفیت سطح بهتر	محدودیت در اندازه قطعات	میله های اتصال ، جعبه دنده‌ها
قالب گچی	اشکال پیچیده ، کیفیت سطح عالی	فقط برای فلزات غیر آهنی، نرخ تولید پایین	نمونه های اولیه قطعات مکانیکی
قالب سرامیکی	اشکال پیچیده ، دقت بالا و کیفیت سطح خوب	فقط اندازه های کوچک	پروانه ها، تجهیزات قالب‌های تزریق
قالب دائمی	کیفیت سطح خوب، نرخ تولید بیشتر و تخلخل کم	اشکال ساده، گرانی قالب	چرخ دنده‌های و جعبه دنده‌ها
تحت فشار	دقت ابعادی عادی ، نرخ تولید بالا	گرانی قالب ، قطعات کوچک، فلزات غیر آهنی	چرخ‌های اتومبیل، بدنه دوربین و چرخ دنده‌های دقیق
گریز از مرکز	احجام سیلندری شکل بزرگ، کیفیت خوب	محدودیت در شکل ، هزینه بالا	لوله ها ، بویلرها و چرخ طیارها
مجوف	اجسام توخالی و بدون استفاده از ماهیچه، سطح خارجی قطعات بسیار صاف	سطح داخلی ناصاف	قطعات تزئینی

۲-۱- انواع کوره‌های ذوب

ذوب فلزات اغلب به روش ناپیوسته صورت می‌گیرد. مورد استثنای قابل ذکر، ذوب پیوسته در کوره کوپل است، که اکثراً برای تولید چدن استفاده می‌شود. انتخاب کوره با توجه به هزینه، کیفیت فلز، نیازهای تولیدی و نوع آلیاژ تعیین می‌شود. انعطاف پذیری کوره در شرایط مختلف، برای انواع تولید مزیت محسوب می‌شود. کوره‌ها از نظر کاربرد به سه گروه پیش گرم، ذوب و نگه‌دارنده و از لحاظ مصرف انرژی به دو دسته عمده تقسیم بندی می‌شوند:

۱. کوره‌های مصرف کننده سوخت فسیلی

۲. کوره‌های با گرمایش الکتریکی

انواع کوره های فسیلی عبارتند از:

- کوره کوپل
- کوره دوار
- کوره بوته ای
- کوره گامی

انواع کوره های الکتریکی عبارتند از:

- کوره قوس
- کوره القایی
- کوره مقاومتی

۲-۲- شاخص‌های ترازایی در صنعت ریخته‌گری

برای بررسی وضعیت فعلی صنایع ریخته‌گری کشور، چهار شاخص ترازایی در صنعت ریخته‌گری شامل راندمان فرآیند، راندمان تولید، راندمان ظرفیت و مصرف انرژی مورد استفاده قرار گرفت. بهترین نمونه و میانگین جامعه آماری در جدول ۲ آورده شده و در جدول ۳ با اروپا و روسیه مقایسه شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد، تلفات ذوب و تلفات زمان توقف واحدهای ریخته‌گری چدن ایران نسبت به اروپا و روسیه بیشتر و راندمان ظرفیت آن در مقایسه با آنها کمتر است. همچنین مصرف ویژه انرژی کل برای واحدهای ریخته‌گری چدن ایران بیشتر از اروپا و روسیه می‌باشد. بنابراین واحدهای ریخته‌گری چدن ایران پتانسیل بهبود تلفات ذوب و تلفات زمان توقف، راندمان ظرفیت و مصرف انرژی، را دارند. پارامترهای مورد بررسی، برای واحدهای ریخته‌گری فولاد و چدن- فولاد ایران در مقایسه با اروپا و روسیه تفاوت چندانی ندارد و این مسئله نشان دهنده عملکرد نسبتاً مناسب واحدهای ریخته‌گری چدن- فولاد و فولاد در ایران می‌باشد.

دهمین همایش بین المللی انرژی

جدول ۲: میانگین شاخص‌های تراز یابی در صنعت ریخته‌گری جامعه آماری به تفکیک نوع محصول

محصول	میانگین	راندمان فرآیند %	راندمان تولید %	راندمان ظرفیت %	مصرف ویژه انرژی ذوب (Kwh/ton)	مصرف ویژه انرژی کلی با در نظر گرفتن راندمان نیروگاهی (Kwh/ton)	
						۱۳۸۸	۱۳۸۹
چدن	میانگین	۷	۵۴.۵۴	۱۵.۶۵	۹۷۱.۰۶	۷۱۴۴.۲۴	۷۱۵۰.۱۹
	بهترین	۸۰.۶۳	۸۷.۴۸	۶۹.۷۴	۴۵۷.۱۴	۱۳۸۰.۸۲	۱۵۲۲.۸۱
فولاد	میانگین	۵۶.۷۳	۶۶.۶۵	۴۰.۴۵	۸۹۱.۸۳	۶۱۳۵.۰۵	۶۱۰۲.۳۹
	بهترین	۵۸.۹۰	۸۴.۰۴	۸۱.۸۹	۵۳۸.۴۶	۲۶۲۵.۹۶	۳۱۴۹.۶۰
چدن- فولاد	میانگین	۵۹.۵۷	۵۶.۱۶	۳۵.۵۵	۷۹۶.۴۷	۴۹۹۷.۸۷	۴۱۵۳.۸۶
	بهترین	۶۶.۱۱	۸۰.۰۷	۷۳.۴۹	۵۳۶.۳۶	۱۱۳۱.۸۵	۱۱۳۱.۸۵

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های عملکرد واحدهای ریخته‌گری چدن ایران با اروپا و روسیه

شاخص‌های عملکرد	اروپا		روسیه		ایران	
	بهترین نتیجه	میانگین	بهترین نتیجه	میانگین	بهترین نتیجه	میانگین
چدن	راندمان فرآیند %	۶۹.۱	۶۴.۲	۶۴.۶	۵۲.۵	۸۰.۶
	راندمان تولید %	۸۱.۹	۷۷.۹	۸۵.۹	۴۴.۱	۸۷.۵
	راندمان ظرفیت %	۸۶.۳	۵۶.۳	۳۵.۷	۲۲.۳	۶۹.۷
	مصرف ویژه انرژی ذوب (kwh/ton)	۵۵۸	۵۷۱	۸۰.۷	۱۱۱۸	۴۵۷
	مصرف ویژه انرژی کل (kwh/ton)	۱۱۶۵	۱۳۳۸	۳۰۱۴	۴۲۳۵	۱۱۲۰
فولاد	راندمان فرآیند %	۴۹.۵	۴۵.۳	۷۱	۵۱.۶	۵۸.۹
	راندمان تولید %	۷۸.۷	۷۵.۱	۹۰.۱	۶۳.۲	۸۴.۰
	راندمان ظرفیت %	۵۰.۲	۴۴.۸	۶۹.۵	۳۴.۲	۸۱.۹
	مصرف ویژه انرژی ذوب (kwh/ton)	۵۰۰	۵۲۵	۶۸۶	۱۳۱۰	۵۲۸
	مصرف ویژه انرژی کل (kwh/ton)	۱۵۰۳	۱۸۱۵	۳۶۰۴	۵۳۵۹	۱۰۲۸
چدن- فولاد	راندمان فرآیند %	۶۴.۱	۵۹.۴	۶۶.۲	۵۲.۳	۶۶.۱
	راندمان تولید %	۸۱.۱	۷۷.۳	۸۶.۹	۴۸.۴	۸۰.۱
	راندمان ظرفیت %	۶۳.۹	۵۳.۵	۴۳.۶	۵۲.۲	۷۳.۵
	مصرف ویژه انرژی ذوب (kwh/ton)	۵۴۴	۵۶۰	۷۷۹	۱۱۶۴	۵۲۶
	مصرف ویژه انرژی کل (kwh/ton)	۱۲۴۷	۱۴۵۳	۳۱۵۵	۴۵۰۶	۷۱۶

۳- شاخص مصرف ویژه انرژی در کارخانه‌های ریخته‌گری

کارخانجات ریخته‌گری چدن داخلی، شاخص مصرف ویژه انرژی بسیار بالایی دارد، به طوری که میانگین مصرف ویژه انرژی این کارخانجات در سال‌های مورد مطالعه، به ترتیب ۷۱۵۰ و ۷۱۴۴ کیلووات ساعت به ازای تن قطعه تمام شده محصول (چند برابر انرژی شاخص و انرژی معیار تعریف شده توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) است. طبق تعریف سازمان

استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، انرژی شاخص به صورت حد استاندارد انرژی مصرف شده بر واحد وزنی در فرآیند تولید است که برای کارخانه‌های جدیدالتأسیس در طی یک برنامه ۳ ساله ارائه شده و مقدار آن در تولید یک تن قطعه چدنی، برابر با ۱۴۰۰ کیلووات ساعت بر تن در نظر گرفته شده است. انرژی معیار نیز حد استاندارد انرژی مصرف شده بر واحد وزنی در فرآیند تولید است که برای کارخانه‌های موجود در طی یک برنامه ۳ ساله ارائه شده و مقدار آن در تولید یک تن قطعه چدنی، برابر با ۱۷۰۰ کیلووات ساعت بر تن در نظر گرفته شده است.

دهمین همایش بین المللی انرژی

لازم به ذکر است که این استاندارد، فرآیندهای ریخته گری چدن با روش گریز از مرکز و سایر روش‌های ریخته‌گری در قالبهای فلزی، ریخته‌گری در قالب‌های سرامیکی و چدنهای ویژه آلیاژی که به عملیات حرارتی چند مرحله ای نیاز دارد را شامل نمی‌شود. همچنین مقادیر ذکر شده برای انرژی شاخص و معیار، عملیات حرارتی چدن‌ها را شامل نمی‌شود.

۴- هدف‌گذاری و تعیین شاخص‌های کوتاه‌مدت،

میان‌مدت و بلندمدت صنعت ریخته‌گری کشور

مصرف انرژی ویژه قابل ملاحظه تعدادی از کارخانه‌های ریخته‌گری کشور در مقایسه با انرژی شاخص و معیار، بیانگر این است که در این کارخانه‌ها هیچگونه مدیریتی بر تولید و مصرف انرژی وجود ندارد و تلفات صورت گرفته در بخشهای مختلف، قابل ملاحظه است. در این کارخانه‌ها با اعمال یک مدیریت ساده بر مصرف انرژی و تولید و کاهش تلفات عمده موجود، می‌توان مصرف ویژه انرژی را به سادگی تا دو برابر انرژی معیار تعیین شده توسط اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی کاهش داد. از آنجا که کاهش مصرف ویژه انرژی تا دو برابر انرژی معیار، به سهولت ضمن دستیابی به اهداف کوتاه مدت (سه ساله) صنعت ریخته‌گری کشور، قابل حصول است، شاخص مصرف انرژی کوتاه مدت صنعت ریخته‌گری، دو برابر انرژی معیار در نظر گرفته می‌شود. بدین صورت که لازم است در برنامه کوتاه مدت صنعت ریخته‌گری کشور، مصرف انرژی ویژه کارخانه‌های تولید کننده چدنی که مصرف ویژه انرژی آنها بیش از ۳۴۰۰ کیلووات ساعت بر تن قطعه تولید شده است، تا این میزان کاهش یابد. همچنین باید مصرف ویژه کارخانه‌های تولیدکننده فولادی که مصرف ویژه انرژی آنها بیش از ۴۵۰۰ کیلووات ساعت بر تن قطعه تولید شده است، تا این میزان کاهش یابد. در این صورت میانگین مصرف ویژه کارخانه‌های چدن موجود در این جامعه آماری از مقدار فعلی تا ۳۲۳۶ کیلووات ساعت بر تن قطعه تمام شده (بیش از ۵۰ درصد) کاهش می‌یابد. همچنین میانگین مصرف انرژی ویژه کارخانه‌های ریخته‌گری تولید کننده فولاد نیز تا ۴۱۹۸ کیلووات ساعت بر تن قطعه تمام شده (حدود ۳۰ درصد) کاهش می‌یابد.

حتی کارخانه‌هایی که در ۵ ساله اخیر احداث شده‌اند نیز مصرف انرژی ویژه قابل ملاحظه ای دارند، در حالی که با توجه به سالم بودن تجهیزات این کارخانه‌ها ضمن ارتقاء نسبی تکنولوژی نسبت به گذشته انتظار می‌رود مصرف ویژه در این کارخانه‌ها مقادیر پایین‌تری داشته باشد. بالا بودن مصارف ویژه انرژی در این کارخانه‌ها در اثر عدم ارائه اطلاعات صحیح از طرف کارمندان این کارخانه‌ها و لذا عدم محاسبه صحیح مصرف ویژه انرژی، قدیمی بودن تکنولوژی تجهیزات خریداری شده، کهنه یا معیوب بودن تجهیزات خریداری شده و عدم استفاده صحیح از تجهیزات مربوطه و بالا بودن تلفات در بخشهای مختلف است. در هر صورت لازم است توسط مسئولین ذیربط برنامه‌ای تدوین شود تا از این به بعد به کارخانه‌هایی با مصرف ویژه بیش از انرژی شاخص (۱۴۰۰ کیلووات ساعت بر تن قطعه تمام شده برای کارخانه‌های چدن و ۱۹۰۰ کیلووات ساعت بر تن قطعه تمام شده برای کارخانه‌های فولاد) مجوز احداث و بهره‌برداری داده نشود. در مجموع، اقداماتی که در کوتاه‌مدت می‌توان برای صنعت ریخته‌گری در نظر گرفت عبارتند از:

- استقرار واحد مدیریت انرژی در کارخانه‌های ریخته‌گری
- اندازه‌گیری و ارزیابی صحیح مصرف ویژه در کارخانه‌های ریخته‌گری
- ارتقاء مهارت‌های کارکنان صنایع ریخته‌گری از طریق آموزش
- برنامه‌ریزی جهت کاهش تلفات زمان و جرم در بخش‌های مختلف
- برنامه‌ریزی جهت تعمیر و نگهداری منظم
- افزایش بازدهی الکتروموتورها با اجرای برنامه تعمیرات و نگهداری
- عایق بندی کوره‌ها، مبدل‌های حرارتی، دیگ بخار، لوله‌های بخار و آب گرم
- بررسی ضریب بار

قسمت عمده مصرف انرژی مربوط به بخش ذوب است و کوره‌ها بالاترین سهم مصرف در بخش ذوب را به خود اختصاص می‌دهند، بنابراین صرفه جویی در مصرف انرژی کوره‌های ذوب باعث کاهش قابل توجه در مصرف انرژی کارخانجات ریخته‌گری خواهد شد. راهکارهای بی‌هزینه

دهمین همایش بین المللی انرژی

جدول ۵: برنامه میان مدت بهینه‌سازی مصرف انرژی کوره‌های

ریخته‌گری

نوع کوره	برنامه میان مدت
کوره های الکتریکی	کاهش زمان ذوب
	تزریق اکسیژن کافی به مذاب جهت احتراق تکمیلی در کوره های قوس
	ایجاد سرباره پفکی در کوره های قوس
	استفاده از جبران کننده های خازنی
کوره های فسیلی	تنظیم شرایط احتراق کوره و نصب آنالایزر گازهای
	ارتقاء سیستم مانیتورینگ
	کنترل رطوبت هوای دمشی برای کوره های کوپل

از آنجا که معمولاً اهداف بلندمدت (افق سیزده ساله) صنعت ریخته‌گری با ارتقاء تکنولوژی و تجهیزات همراه است، شاخص بلندمدت صنعت ریخته‌گری کشور را می‌توان برابر انرژی شاخص تدوین شده توسط اداره استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در نظر گرفت. در این صورت میانگین مصرف ویژه انرژی کارخانه‌های ریخته‌گری چدن و فولاد به ترتیب تا حدود ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ کیلووات ساعت بر تن قطعه تمام شده کاهش می‌یابد. کاهش مصرف ویژه انرژی تا این میزان مستلزم اجرای اهداف بلند مدت تعریف شده برای صنعت ریخته‌گری کشور است. اعمال برخی تغییرات ساختاری و یا استفاده از تکنولوژیهای نوین در کوره های مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری کشور که می‌تواند مصرف انرژی در این صنعت را به شدت تحت تأثیر قرار دهد، از اهداف بلند مدت این صنعت محسوب می‌شود که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- استفاده از الکتروموتورهای پربازده
- بازیافت حرارت در چیلر جذبی
- استفاده از پمپ های گردش
- استفاده از تکنولوژی های نوین ذوب راهکارهای پرهزینه برای بهینه سازی مصرف انرژی در کوره‌های الکتریکی و فسیلی مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری در جدول ۶ آورده شده است.

برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کوره‌های الکتریکی و فسیلی مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴: برنامه کوتاه مدت بهینه‌سازی مصرف انرژی کوره‌های

ریخته‌گری

نوع کوره	برنامه کوتاه مدت
کوره‌های الکتریکی	استفاده از کوره‌ها در بالاترین سطح توان
	انتخاب سطح مقطع مناسب الکتروود برای کوره‌های قوس
کوره‌های فسیلی	بستن درپوش کوره های القایی
	کاهش اتلاف حرارت از نشتی ها
	تنظیم میزان مکش

شاخص میان مدت (پنج ساله) صنعت ریخته‌گری کشور را می‌توان برابر انرژی معیار تدوین شده توسط سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در نظر گرفت. در این صورت میانگین مصرف ویژه انرژی کارخانه‌های ریخته‌گری چدن و فولاد به ترتیب تا حدود ۱۷۰۰ و ۲۲۵۰ کیلووات ساعت بر تن قطعه تمام شده کاهش می‌یابد. کاهش مصرف ویژه انرژی تا این میزان مستلزم اجرای اهداف میان مدت تعریف شده برای صنعت ریخته‌گری کشور است.

برنامه‌های میان‌مدت صنعت ریخته‌گری برای مصرف بهینه انرژی در بخش‌های مختلف عبارتند از:

- استفاده از قراضه های فشرده یا قراضه‌های خرد شده
- استفاده از قراضه های تمیز
- استفاده از قراضه‌های پیشگرم شده
- کاهش دمای مذاب
- کاهش تلفات داخلی الکتروموتور
- بهبود عملکرد الکترو موتورها و سیستم‌های مرتبط
- بهبود کیفیت توان
- ولتاژ مناسب شبکه
- استفاده از جبران کننده های خازنی

راهکارهای کم هزینه برای بهینه سازی مصرف انرژی در کوره‌های الکتریکی و فسیلی مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری در جدول ۵ آورده شده است.

دهمین همایش بین المللی انرژی

جدول ۷: پتانسیل صرفه جویی در ریخته‌گری چدن و فولاد کشور

مقدار	واحد	پارامتر
۱,۳۵۱,۴۳۶	ton	چدن و فولاد تولیدی
۴,۰۸۳	kwh/ton	مصرف ویژه انرژی کل
۳,۹۵۰	kwh/ton	شاخص کوتاه مدت (دو برابر انرژی معیار)
۱,۹۷۵	kwh/ton	شاخص میان مدت (انرژی معیار)
۱,۶۵۰	kwh/ton	شاخص بلندمدت (انرژی شاخص)
۱۷۹,۳۵۱,۰۱۴	kwh	پتانسیل صرفه جویی کوتاه مدت
۲,۶۶۹,۰۸۶,۱۰۰	kwh	پتانسیل صرفه جویی میان مدت
۴۳۹,۲۱۶,۷۰۰	kwh	پتانسیل صرفه جویی بلند مدت
۳,۲۸۷,۶۵۳,۸۱۴	kwh	پتانسیل صرفه جویی کل

۶- نتیجه‌گیری

صنعت ریخته‌گری با مصرف قابل توجه انرژی الکتریکی به عنوان یکی از صنایع استراتژیک و پرمصرف کشور مستلزم توجه ویژه می‌باشد. جمع‌بندی سوابق مدیریت انرژی در کارخانه‌های مورد بررسی، مشخص می‌کند که در صنعت ریخته‌گری، توجهی به اصول مدیریت انرژی نشده است و در نتیجه پتانسیل صرفه جویی قابل توجهی در این صنعت وجود دارد. بدیهی است با انتقال تکنولوژی و فناوری‌های روز دنیا پتانسیل صرفه جویی انرژی در این صنعت بیش از این رقم می‌باشد. این امر توجه به این صنعت و اجرای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در کارخانه‌های ریخته‌گری کشور را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

تأمین نیازهای صنایع ریخته‌گری فولاد، چدن و چدن-فولاد کشور مستلزم تحقق نقشه راه صنعت ریخته‌گری کشور است که با توجه به امکانات موجود و شرایط فعلی، همچنین اهمیت هریک از نیازهای این صنعت در قالب سه سناریو قابل اجرا است تا شاید گامی برای ارتقاء وضعیت مصرف انرژی در این صنایع باشد.

مراجع

1. Energy Center of Wisconsin. (2000). "Wisconsin Metalcasting Roadmap".
2. Cast Metal Coalition of the American Foundrymen's Society North American Die Casting Association. (1998). "Steel Founders' Society of America Metalcasting Industry Technology Roadmap".
3. CIRAS: Center for Industrial Research and Service, Iowa State University Extension and Metal Casting Center University of Northern Iowa. (2001). "Metal Casting Vision & Roadmap".

جدول ۶: برنامه بلندمدت بهینه‌سازی مصرف انرژی کوره‌های

ریخته‌گری

نوع کوره	برنامه بلند مدت
کوره های الکتریکی	بکارگیری یک سیستم اتوماسیون دقیق و جامع برای کوره‌های قوس
	استفاده از SVC در کوره‌های قوس
	جایگزین نمودن کوره‌های القایی فرکانس پایین با کوره های القایی فرکانس متوسط و متغیر
کوره های فسیلی	استفاده از حرارت گازهای احتراق در رکوپراتور
	استفاده از هوای دمشی پیش گرم شده برای کوره‌های کوپل
	استفاده از هوای دمشی غنی از اکسیژن برای کوره‌های کوپل
	استفاده از هوای دمشی ثانویه برای کوره‌های کوپل
	استفاده از سوخت‌های جایگزین به جای کک برای کوره‌های کوپل
	استفاده از مشعل های اکسی-سوخت در کوره‌های دوار

۵- تعیین پتانسیل صرفه جویی انرژی در صنعت

ریخته‌گری چدن و فولاد کشور

در این بخش پتانسیل کاهش مصرف انرژی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت با توجه به هدف‌گذاری در قسمت قبل، تعیین شده است. در واقع میزان کاهش مصرف انرژی تا دو برابر انرژی معیار پتانسیل کاهش مصرف انرژی کوتاه‌مدت، میزان کاهش مصرف انرژی تا انرژی معیار، پتانسیل کاهش مصرف انرژی میان‌مدت و میزان کاهش مصرف انرژی تا انرژی شاخص، پتانسیل کاهش مصرف انرژی بلندمدت را در کارخانه های تولید چدن و فولاد نشان می‌دهد. در کوتاه مدت پس از اجرای راهکارها شاخص به ۳۹۵۰ کیلووات ساعت بر تن، در میان مدت به ۱۹۷۵ و در بلند مدت به ۱۶۵۰ کیلووات ساعت بر تن خواهد رسید. پتانسیل‌های صرفه‌جویی به دست آمده در جدول ۷ آورده شده‌اند. با اجرای راهکارها در افق سیزده ساله میزان به صرفه‌جویی ۳۲۹۰ میلیون کیلووات ساعتی خواهیم رسید.