فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ششم/ شماره دوم/ تابستان ۹۳/ صفحات ۳۱-۲۱

بررسی اثربخشی روش‌های کنترل گرمای تابشی در مواجهه کارگران شاغل در محوطه کوره بلند در یک صنعت فولاد

امید گیاهی[۱]، محسن علی‌آبادی[۲]، ابراهیم درویشی[۳*]، مهرزاد ابراهیم‌زاده[٤]، جمشید خوبی[٥]

۱. عضو مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان
۲. عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۲۷

چکیده

مقدمه: تابش‌های گرمایی ناشی از سطوح داغ و ملتهب یکی از مهم‌ترین راه‌های دریافت گرما در کارگران در مواجهه محسوب می‌گردد. هدف از این مطالعه بررسی اثربخشی روش‌های کنترل گرمای تابشی در مواجهه کارگران شاغل در محوطه کوره بلند در یک صنعت فولاد بود.

روش بررسی: در این مطالعه دو راهکار اصلی کنترل گرمای تابشی شامل طراحی و نصب لوله‌های آب جاذب حرارت در بدنه کوره و کنترل انتشار تابش گرمایی با نصب حفاظ بازتاب‌کننده در ایستگاه کار اعمال شد. جهت ارزیابی کارایی مداخلات، شاخص استرس حرارتی دمای ترگویسان با استفاده از دستگاه WBGT مدل Casella و توزیع محیطی دمای تابشی در محوطه کوره قبل و بعد از اجرای هر مداخله در ایستگاه‌های کاری اندازه‌گیری و ترسیم گردید. جهت ارزیابی اثربخشی مداخلات شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی بر مبنای دمای پوست، ضربان قلب قبل و بعد از اجرای هر مداخله در ۲۰ نفر کارگر آتشکار اندازه‌گیری شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل گردید.

یافته‌ها: دمای تابشی و شاخص WBGT با به کارگیری جاذب‌های حرارتی در ایستگاه کاری، به ترتیب به میزان ۲۰ و ۳/۹ درجه سانتی‌گراد و با در نظر گرفتن حفاظ بازتابشی در مسیر مستقیم مواجهه کارگر، به ترتیب به میزان ۱۸/٦ و ۲/۵ درجه سانتی‌گراد و در اثر به کارگیری توام اقدامات کنترلی، به ترتیب به میزان ۲٦/۵ و ۵/۲ درجه سانتی‌گراد و همچنین میانگین دمای پوست و ضربان قلب به ترتیب به میزان ۲/٦ درجه سانتی‌گراد و ۳/٦ ضربه در دقیقه کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: استفاده از جاذب‌های حرارتی دارای کارایی بیشتری نسبت به استفاده از حفاظ بازتاب‌کننده تابش کنترل در مسیر انتشار حرارت بود و به کارگیری توام اقدامات کنترلی توانست بهترین عملکرد را جهت کاهش استرس و استرین حرارتی ناشی از تابش گرمایی تامین نماید.

کلیدواژه‌ها: استرس گرمایی، گرمای تابشی، مداخلات کنترلی، کوره بلند، فولاد

* نویسنده مسئول: آدرس پستی: سنندج، خیابان پاسداران، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کردستان. تلفن: ٦١٣١٤٢٦-٠٨٧١
پست الکترونیکی: darvishi.hse@gmail.com

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

مقدمه

استرس گرمایی یکی از مهم‌ترین عوامل فیزیکی زیان‌آور در بسیاری از محیط‌های کاری می‌باشد(۱،۲). مواجهه با دماهای بالا در میان کارگران شاغل در محیط‌های گرم شایع بوده و می‌تواند باعث ایجاد اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی گردد(۳). مطالعات نشان داده‌اند که مواجهه با گرمای بیش از حد عوارض زیادی از جمله خستگی ناشی از گرما، کرامپ عضلانی، گرمازدگی، جوش‌های گرمایی، اختلالات عصبی و روانی و کاهش بازده کاری در شاغلین ایجاد می‌نماید(٤). گرما در محیط کار می‌تواند به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر متابولیسم فرد یا دمای بدن، ضربان قلب، فشار خون اثر گذاشته و باعث اختلال و بیماری و بالا رفتن میزان خطای کاری و بروز حوادث گردد(٤،٥).

در بسیاری از صنایع کارگران در محیط‌هایی فعالیت می‌کنند که در معرض گرما قرار دارند، از جمله می‌توان به کارگران شاغل در محیط‌های کاری کارگاه‌های ذوب فلزات، ریخته‌گری، شیشه‌سازی، نانوایی و آهنگری اشاره نمود(٦). از جمله منابع اصلی تولید گرما در این محیط‌های کاری ماشین‌آلات، کوره‌ها، دیگ‌های بخار، الکتروموتورها، منابع مصنوعی روشنایی و وسایل نقلیه موتوری در حال تردد در کارگاه، فرآیندهای تولیدمثل ریخته‌گری و ذوب فلزات، عامل انسانی و شرایط آب و هوایی خارج از محیط کار متناسب با ساعات روز و فصول سال می‌باشد(۱،٤).

موثرترین شیوه کنترل گرما در محیط کار، بهره‌گیری از روش‌های کنترلی مهندسی به ویژه در منبع تولید گرما است. اقدامات کنترلی مهندسی هزینه بیشتری می‌خواهند ولی اثربخشی بیشتری نیز دارند. یکی از مهم‌ترین و موثرترین راهکارها به خصوص در صنایع گرم مثل صنعت فولاد، کنترل گرمای تابشی است(٦). امواج تابشی از هوا بدون گرم کردن آن عبور می‌کند و تنها اجسامی که در مسیر عبور آن قرار دارد و قادر به جذب گرما هستند را گرم می‌کند(۷،۸). گرمای تابشی را می‌توان از طریق کاهش دمای سطوح یا گسیلندگی آنها کاهش داد. دمای سطوح را می‌توان با کاهش گرمای ورودی به منبع و یا عایق کاری حرارتی کاهش داد. استفاده از وسایل حفاظت فردی بازتاب‌کننده از روش‌های دیگر کاهش مواجهه با گرمای تابشی است. همچنین میزان گرمای تابشی را می‌توان با استفاده از حفاظ‌گذاری بین محل کار کارگر و منبع تابش گرما کاهش داد(٤).

یکی از موضوعاتی که درخصوص ارائه طرح‌های مداخله‌ای کنترل گرمای تابشی کمتر به آن پرداخته شده است، ارزیابی تجربی میزان کارایی و اثر بخشی مداخلات کنترلی اجرا شده می‌باشد. کمبود داده‌های تجربی در این زمینه موجب شده تا کارفرمایان رویکرد مثبتی جهت اختصاص منابع مورد نیاز جهت اجرای طرح‌های کنترلی نداشته باشند و نسبت به بازگشت سرمایه و اثربخشی آن دچار تردید باشند. میزان کارایی اقدامات کنترلی در واقع میزان تاثیر مداخله مدنظر بر کمیات فیزیکی–حرارتی محیط یا همان تنش‌های حرارتی می‌باشد و اثربخشی نتیجه و تاثیر اقدام کنترلی بر وضعیت سلامت افراد یا همان واتنش حرارتی می‌باشد. شاخص‌های تجربی متعددی برای ارزیابی شرایط محیط‌های گرم ارائه شده است که مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص ارائه شده می‌توان به شاخص‌های دمای تر گویسان (WBGT: Wet Bulb Globe Temperature) اشاره کرد این شاخص همچنین ارتباط خوبی را با پاسخ‌های فیزیولوژیکی بدن نشان داده است و سازمان جهانی استاندارد نیز این شاخص را به عنوان شاخص ارزیابی استرس گرمایی محیط معرفی نموده است و می‌تواند به عنوان معیار قضاوت در خصوص میزان کارایی روش‌های بهینه‌سازی محیط به کار گرفته شود(۲، ۸،۹).

شاخص‌های استرین یا واتنش حرارتی نیز در واقع روش مستقیم ارزیابی میزان مواجهه فرد با گرما می‌باشد(۱۰). این شاخص‌ها نشان‌دهنده وضعیت سلامت افراد در مواجهه گرما هستند و از جمله آنها می‌توان به

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

پارامترهای دمای بدن و تعداد ضربان قلب اشاره کرد. به کارگیری این شاخص‌ها می‌تواند میزان اثربخشی مداخلات کنترلی را در تامین سلامت افراد در محیط گرم تبیین نماید(۹،۱۱).

در صنعت فولاد و در کنار کوره‌های ذوب به خصوص کوره‌های بلند، کارگران به دلیل وجود مواد مذاب با دمایی در حدود ۱۸۰۰ درجه سانتی‌گراد و فعالیت فیزیکی سنگین با استرس حرارتی زیادی مواجهه دارند. کوره بلند یکی از تجهیزات بسیار عظیم و مهم در صنعت فولاد بوده که جهت ذوب سنگ آهن و تولید شمش چدن و فولاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. کوره بلند با کمک تجهیزات جانبی مهمی از جمله دمنده‌های هوا، دیگ بخار، هواگرم‌کن یا کائوپر عمل ذوب را انجام می‌دهد.

استرس حرارتی در مجاورت کوره‌های مذاب عمدتاً به دلیل وجود گرمای تابشی ناشی از سطوح داغ بدنه عظیم کوره و مواد مذاب خروجی از آن با درجه حرارت بالای ۱۸۰۰ درجه سانتی‌گراد به وجود می‌آید.

مطالعات گذشته نشان داده است که کارگران آتش‌کار شاغل در محوطه کوره بلند با استرس گرمایی زیادی مواجهه دارند، به طوری که منجر به افزایش تقاضای تغییر شغل می‌شود و موارد پزشکی از قبیل گرمازدگی و جوش‌های گرمایی به خصوص در فصول گرم سال در شاغلین این واحدها قابل ملاحظه است. برزگر و همکاران در تحقیقی که در کارخانه نورد فولاد کرمانشاه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که در فصل تابستان در بیشتر ایستگاه‌های کاری، شاخص استرس گرمایی بالاتر از حد مجاز بوده است.

در مطالعه دیگری جهت کنترل گرمای تابشی در سکوی ذوب‌ریزی در یک شرکت فولاد از حفاظ‌های بازتاب‌کننده آلومینیومی و نیز تغییر رنگ لباس کار از سرمه‌ای به خاکستری استفاده شد که در نتیجه این اقدامات دمای تابشی و شاخص تر گویسان به ترتیب در حدود ۸/۲۵ و ۲/۳ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته بود(۱).

علیرغم تحقیقات متعدد انجام شده در این زمینه، ارائه داده‌های تجربی با اعتبار قابل قبول در خصوص میزان کارآیی و اثربخشی مداخلات کنترلی گرمای تابشی در محیط‌های گرم کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

در این راستا با توجه به اهمیت موضوع، هدف مطالعه حاضر طراحی و اجرای روش‌های کنترلی گرمای تابشی در محوطه کوره بلند یک صنعت فولاد و ارائه نتایج تجربی در خصوص میزان کارایی و اثربخشی مداخلات با استفاده از شاخص‌های معتبر و استاندارد توصیه شده است.

روش بررسی

مطالعه حاضر یک مطالعه تجربی- مداخله‌ای بود که به منظور کنترل استرس حرارتی در واحد کوره بلند، با استفاده از دو طرح کنترلی انجام شد.

فرایند ذوب در کوره بلند مطابق با شکل ۱ بدین صورت است که در هر نوبت کاری پس از آماده‌سازی مسیر انتقال مذاب، خروج مواد مذاب از کوره و هدایت و انتقال آن به داخل پاتیل انجام می‌شود. مسیر انتقال مواد مذاب معمولاً به صورت دستی تسطیح شده و سپس با دستگاهی مکانیکی به نام کوبنده سفت‌کاری می‌شود. پس از آن عمل متەزنی و باز کردن مجرا و در ادامه عمل اکسیژن‌کاری و هدایت لوله اکسیژن جهت باز شدن و خروج مواد مذاب و جدا کردن سرباره از مواد مذاب انجام می‌گیرد. با اتمام خروج مواد مذاب، جداسازی مواد ماسیده شده و چسبیده به مسیر انتقال مجدداً انجام می‌گیرد. در نهایت پاتیل مستقر شده بر روی دستگاه لکوموتیو پس از پر شدن با مواد مذاب به واحد چدن‌ریزی منتقل می‌گردد. منابع گرمایی که ۲۰ کارگر آتش‌کار در نوبت‌های کاری با آن در مواجهه هستند شامل؛ گرمای تابشی منتشره از بدنه کوره به طور پیوسته و گرمای تابشی ناشی از مواد مذاب خروجی در زمان خروج مذاب به صورت ناپیوسته و منقطع، هر یک ساعت یک بار به مدت ۳۰ دقیقه، می‌باشد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

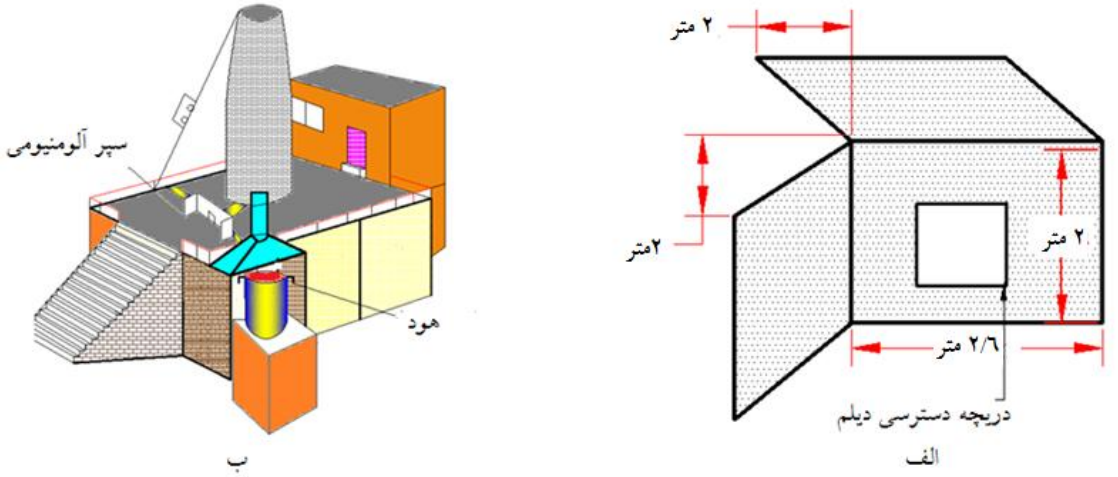
شکل ۱- محوطه کوره بلند مورد مطالعه در یک صنعت فولاد

مداخلات کنترلی

در این مطالعه تجربی- مداخله‌ای دو راهکار اصلی کنترل گرمای تابشی شامل کاهش دمای سطوح داغ با طراحی و نصب لوله‌های آب جاذب حرارت در بدنه کوره بلند و کنترل انتشار تابش گرمایی با نصب حفاظ‌های بازتاب‌کننده در ایستگاه‌های کار طراحی و به کار گرفته شده است. جهت خنک کردن دیواره کوره از یک سیستم خنک‌کننده نوع برج خنک‌کننده استفاده شد که آب موجود در مخزن پس از خنک شدن توسط برج‌های خنک‌کننده به کمک پمپ‌های خاصی در یک مدار گردشی به شکل یک لوله‌کشی طراحی شده در بدنه کوره، خنک می‌شد.

به عنوان راهکار تکمیلی جهت کنترل گرمای تابشی در ایستگاه کاری کارگران در محوطه کوره (محل جدا کردن مذاب و سرباره)، یک حفاظ بازتاب‌کننده تابش گرمایی استفاده شد.

حفاظ آلومنیومی منعکس‌کننده به طول ۲ متر و ارتفاع ۱ متر و ضخامت ۳ میلی‌متر با کلاف فلزی محکم طراحی و نصب گردید. این ابعاد بر اساس محل حضور و ایستگاه‌کاری و اینکه از قد افراد کارگر بالاتر باشد انتخاب شده بود و همچنین به گونه‌ای طراحی شد که از طرفین، سطح جوی را بپوشاند. در شکل ۲ ابعاد حفاظ آلومنیومی طراحی شده برای ایستگاه‌کاری نشان داده شده است.



شکل ۲- الف - نمایی از فضای ساختمانی محوطه کوره و اقدامات کنترلی برای گرمای تابشی ب- نمایی از حفاظ طراحی شده

ارزیابی عملکرد مداخلات کنترلی

پس از اجرای مداخلات، جهت ارزیابی کارایی مداخلات شاخص استرس حرارتی دمای تر گویسان (WBGT) در قبل و بعد از اجرای هر مداخله بر مبنای روش‌های استاندارد در ایستگاه‌های کاری تعیین گردید.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

جهت اندازه‌گیری کمیات محیطی از دستگاه سنجش WBGT دیجیتال، ساخت شرکت Casella، استفاده شد. میزان استرس‌های حرارتی در مواجهه کارگران بر اساس روش توصیه شده سازمان جهانی استاندارد به شماره ۷۲۴۳ محاسبه شد(۱۲). علاوه بر این توزیع محیطی دمای تابشی در محوطه کوره در حالت قبل و بعد از اجرای مداخلات با استفاده از نرم‌افزار SURFER ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفت.

همچنین جهت ارزیابی اثربخشی مداخلات جهت کاهش استرین حرارتی کارگران، شاخص‌های استرین فیزیولوژیکی بر مبنای دمای پوست، ضربان قلب قبل و بعد از اجرای هر مداخله بر مبنای روش‌های استاندارد در ۲۰ نفر کارگر مرد شاغل در اطراف کوره پس از پایان نوبت کاری و در ساعت مشابه دوازده و در اواسط مرداد ماه اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ و آزمون آماری T زوجی انجام شد.

برای اندازه‌گیری دمای پوست به عنوان یکی از شاخص‌های استرین حرارتی از روش اندازه‌گیری دمای متوسط پوست به روش الگوی چهار نقطه‌ای یعنی دمای گردن، دمای کتف راست، دمای پشت دست چپ و دمای روی ساق پای راست استفاده شد. جهت اندازه‌گیری دمای پوست از دماسنج مادون قرمز مدل DL710 ساخت کشور انگلستان استفاده شد.

اندازه‌گیری میزان ضربان قلب پس از ۳۰ دقیقه مواجهه با گرمای محیط اطراف کوره و کار کردن در اطراف آن انجام شد. ضربان قلب نیز توسط دستگاه ضربان‌سنج مچی Sport Tester ساخت کشور فرانسه انجام شد. این دستگاه دارای یک سنسور و گیرنده مچی می‌باشد که به ترتیب بر روی سینه و مچ دست نصب می‌شود. ضربان قلب در زمان پیک کار و با گذشت ۱۰ دقیقه از زمان نصب ضربان‌سنج بر روی سینه فرد، ثبت گردید.

محاسبه میزان متابولیسم کارگر آتش‌کار از مجموع متابولیسم بازال محاسبه شده برای هر فرد و متابولیسم ارائه شده بر اساس روش توصیه شده سازمان جهانی استاندارد به شماره ۸۹۹۶ برآورد شد(۱۵). بر طبق این استاندارد میزان متابولیسم برای کارگر کوره ذوب در محدوده $۱۷۰ - ۲۲۰ ^{W}/_{m^2}$ می‌باشد. در این مطالعه حد متوسط در حدود ۲۰۰ وات بر مترمربع در نظر گرفته شده است که حدود $۱۷۲ ^{Kcal}/_{h}$ خواهد بود.

یافته‌ها

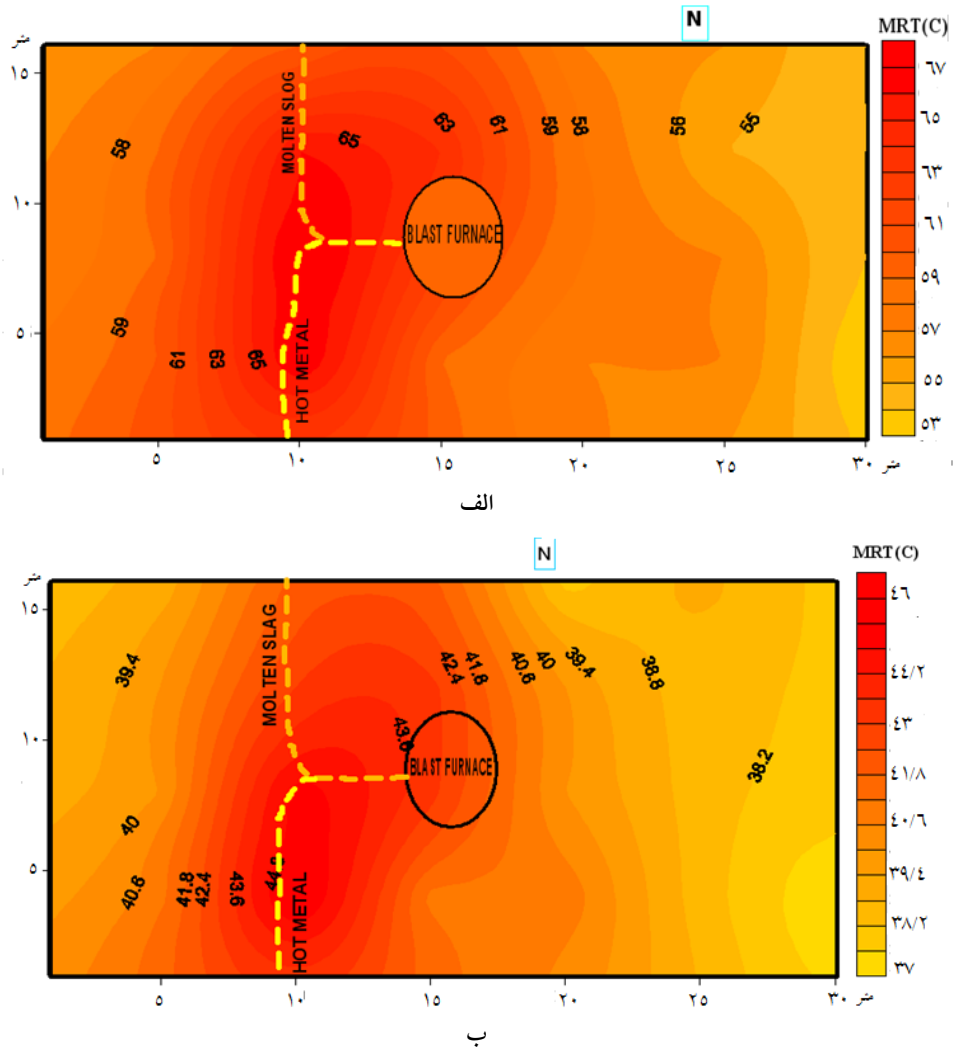
نتایج ارزیابی استرس حرارتی محوطه کوره با استفاده از شاخص‌های تجربی قبل و بعد از اجرای راهکارهای کنترلی به منظور ارزیابی و تعیین کارآیی مداخلات نشان داد که از لحاظ کارایی مداخلات، پس از به کارگیری جاذب‌های حرارتی در بدنه کوره، دمای تابشی و شاخص WBGT به ترتیب به میزان ۲۰ و ۳/۹ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و با نصب حفاظ گرمایی بازتاب‌کننده در مسیر انتقال مذاب، میانگین دمای تابشی MRT و شاخص WBGT به ترتیب به میزان ۱۸/۶ و ۲/۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و در اثر به کارگیری توام دو اقدام کنترلی نیز دمای تابشی و شاخص WBGT به ترتیب به میزان ۲۶/۵ و ۵/۲ درجه سانتی‌گراد کم شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای محیطی و شاخص دمای تر گویسان در جدول ۱ ارائه شده است. در این حالت، کارگران لباس سرمه‌ای آتش‌کاری و سایر تجهیزات حفاظت فردی ذکر شده بر تن دارند و برای محاسبه WBGT، K=۰/۷۵ در نظر گرفته شد. توزیع محیطی دمای تابشی در محوطه کوره در حالات قبل و بعد از اجرای مداخلات در شکل ۳ آمده است. از آنجایی که کلیه اندازه‌گیری‌ها مستقل از هم و با فاصله زمانی انجام گردید، توزیع داده‌ها هم برای متغیر وابسته (WBGT) و هم برای متغیرهای مستقل (دمای گویسان و میانگین دمای تابشی) نرمال فرض شد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

جدول ۱- نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای محیطی در ایستگاه کاری قبل و بعد از به کارگیری مداخلات کنترلی

	قبل از مداخلات	جاذب حرارتی	حفاظ بازتاب‌کننده	مداخلات به صورت توام
	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار
دمای خشک (t_a)	۴۰/۳±۰/۷۳	۳۹/۶ ±۰/۶۱	۳۹/۶ ±۰/۶۱	۳۹/۶ ±۰/۶۳
دمای تر (t_{nw})	۲۸/۲±۰/۳	۲۸/۱ ±۰/۲	۲۸/۱ ±۰/۲	۲۷/۹±۰/۳
دمای گویسان (t_g)	۵۹/۲±۰/۵۶	۴۵/۸ ±۰/۸۸	۴۶/۸ ±۰/۶۹	۴۰/۹۴ ±۰/۷
میانگین دمای تابشی	۷۰/۴±۱/۴۲	۵۰/۴ ±۱/۶۳	۵۱/۸ ±۱/۵	۴۳/۹ ±۱/۵
WBGT	۳۷/۲±۰/۵	۳۳/۳ ±۰/۴۷	۳۳/۶±۰/۵	۳۲/۰۱±۰/۴۸



شکل ۳- توزیع حرارتی محوطه کوره بر مبنای دمای تابشی قبل (الف) و بعد (ب) از اجرای مداخلات

از لحاظ اثربخشی مداخلات نیز، پس از به کارگیری جاذب‌های حرارتی و نیز نصب حفاظ گرمایی بازتاب‌کننده در مسیر انتقال مذاب، میانگین دمای پوست و ضربان قلب در ۲۰ نفر کارگر آتش‌کار به ترتیب به میزان ۲/۶ درجه سانتی‌گراد و ۳/۵۷ ضرب در دقیقه کاهش یافت که از لحاظ آماری این اختلاف معنی‌دار بود(جدول ۲). میانگین میزان متابولیسم افراد آتش‌کار نیز در حدود ۲۴۱/۸۷ $Kcal/h$ تعیین شد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

جدول ۲- نتایج حاصل از اندازه‌گیری پارامترهای فیزیولوژیکی کارگران قبل و بعد از به کارگیری اقدامات کنترلی

پارامتر مورد ارزیابی	قبل از مداخلات	بعد از مداخلات
	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار
دمای پوست	۳۹/٤ ±۰/۲۲	۳٦/۸ ±۰/۱٦
ضربان قلب	۸۰/۳۷ ±۳/٦۳	۷٦/۸ ±۲/۲٦
p-value	(P<۰/۰۰۰۱)	

تجزیه و تحلیل آماری بر مبنای مقایسه میانگین‌ها نشان داد استفاده همزمان از جاذب‌های حرارتی در بدنه کوره و نصب حفاظ منعکس‌کننده در مسیر انتقال مذاب باعث کاهش معنی‌دار شاخص تر گویسان و میانگین دمای تابشی در محوطه کوره و ایستگاه کاری می‌شود(P<۰/۰۰۱). نتایج مربوط به شاخص تر گویسان با تغییر لباس سرمه‌ای به رنگ خاکی در جدول ۳ آمده است این نتایج مربوط به حالات قبل و بعد از اجرای مداخلات کنترلی می‌باشد.

نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین میانگین WBGT با لباس سرمه‌ای و میانگین WBGT با لباس خاکی وجود ندارد(P>۰/۰۵). با این حال تغییر رنگ لباس توانسته است مقداری از استرس گرمایی کارگر را کاهش دهد.

جدول ۳- میزان شاخص استرس حرارتی دمای ترگویسان بعداز اقدامات توام برای لباس آتش‌کاری به رنگ سرمه‌ای و لباس به رنگ خاکی

نوع لباس	WBGT قبل از مداخلات	WBGT بعد از مداخلات
	میانگین± انحراف معیار	میانگین± انحراف معیار
لباس رنگ سرمه‌ای	۳۷/۲ ±۰/۵	۳۲/۰۱ ±۰/٤۸
لباس رنگ خاکی	۳٦/۹۱±۰/٦۳	۳۲±۰/۵٦

بحث

ارزیابی‌های اولیه از استرس حرارتی در محوطه کوره نشان داد که با وجود اینکه متوسط دمای خشک در حدود ٤۰/۳ درجه سانتی‌گراد است ولی میانگین دمای تابشی و نیز شاخص دمای تر گویسان بالاست. ارزیابی‌های محیطی و نیز نقشه توزیع حرارتی محیط اطراف کوره در حالت قبل از اجرای مداخلات نیز نشان داد که دمای تابشی و در نتیجه شاخص دمای تر گویسان در محوطه کوره به خصوص در نقاط اطراف کوره و جوی انتقال مذاب، به ترتیب در محدوده ٦۳- ٦۰ و ۳۷ درجه سانتی‌گراد (و در ایستگاه‌های خارج از این نقاط دمای تابشی مقادیر کمتر از ۵۵ درجه سانتی‌گراد) و بالاتر از حدود مجاز مواجهه بر طبق استاندارد مجاز کشوری (حد مجاز برای ۷۵٪ کار سنگین با مواد مذاب ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد(۱۵) بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید که مشکل اصلی گرما در منبع و نیز در مسیر انتقال مذاب، دمای تابشی منتشره می‌باشد. این نتایج در حالی برآورد شده‌اند که علاوه بر کار پیوسته کوره، عملیات خروج چدن مذاب انجام می‌شود. در تحقیق Srivastava و همکاران در یک کارخانه شیشه‌سازی در هند نیز در کوره‌های شیشه‌گری اختلاف دمای زیادی بین دمای گویسان و دمای محیط دیده شد که این اختلاف ناشی از وجود تابش گرمایی بالا در این ایستگاه‌ها بود(۱٦).

در مطالعه دیگری نیز به منظور بررسی استرس گرمایی در موضع کاری کارگران کوره در یکی از صنایع فورج در فصل تابستان متوسط شاخص دمای تر گویسان در حدود ۲۷/۹۷ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید که

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

بیشتر از مقادیر توصیه شده بود(۱۳). در مطالعه‌ای در واحد سکوی ذوب‌ریزی یکی از صنایع فولادی در تهران میزان شاخص دمای تر گویسان در حدود ۲۸ درجه سانتی‌گراد برآورد شد که نشان داد کارگران این قسمت در مقایسه با مقدار حد آستانه مجاز مواجهه با گرما طبق پیشنهاد The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) با تنش حرارتی بیشتر از حد مجاز مواجه بودند(۱).

ارزیابی‌های اولیه از استرین فیزیولوژیکی از ۲۰ نفر کارگر آتش‌کار نیز نشان داد که به دلیل تنش حرارتی دمای تابشی بالا در محوطه کوره، متوسط دمای پوست و ضربان قلب بالاست و نیز میزان فعالیت و متابولیسم آنها بر طبق استاندارد ACGIH ۲۰۰ $^{w}/_{m^2}$ در محدوده فعالیت‌های سنگین می‌باشد که نتایج ارزیابی‌ها بعد از اجرای مداخلات و نیز آزمون‌های آماری نشان داد که شاخص تر گویسان و میانگین دمای تابشی در محوطه کوره و ایستگاه کاری به طور معنی‌دار کاهش یافته است. در مطالعه‌ای در صنایع ذوب آهن و پتروشیمی در شرایط آب و هوایی جنوب ایران به منظور ارزیابی شرایط گرمایی و استرس حرارتی کارگران از کاربرد توام شاخص دمای تر گویسان و ضربان قلب انجام شد و مشخص شد که کاربرد توام آنها پیش‌بینی‌کننده بهتری برای استرس گرمایی بود(۱۲،۱٤). در مطالعه انجام شده توسط Dehghan و همکاران دو پارامتر ضربان قلب و دمای دهانی به منظور بررسی ارتباط بین شاخص تر گویسان و استرین فیزیولوژیکی در محیط گرم استفاده شد که رابطه مستقیم معناداری بین این دو عامل مشاهده شد(۱۰). در مطالعه دیگری به منظور مقایسه شاخص‌های استرس حرارتی WBGT با پاسخ‌های فیزیولوژیکی مردان در محیط کار گرم و مرطوب همزمان با اندازه‌گیری شاخص دمای تر گویسان، پارامترهای فیزیولوژیکی شامل ضربان قلب و فشار خون سیستولیک و دیاستولیک، دمای پوست و دمای دهانی افراد اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد که بالاترین همبستگی بین ضربان قلب و دمای بدن با شاخص تر گویسان وجود دارد(۲).

در صنایع فولادی با فرآیند ذوب سنگ معدن آهن از کوره‌های بسیار عظیم با ظرفیت ۱۰۰ متر مکعب و ارتفاع ۵۰ متر استفاده می‌شود، بنابراین به دلیل عظیم بودن و وجود هزاران قطعه فنی طراحی شده در بدنه آن امکان هیچگونه اقدام کنترلی از قبیل نصب حفاظ‌های بازتاب‌کننده و محصورکننده در زمان کار با آن وجود ندارد و لذا باید کوره را به عنوان یک منبع عظیم بپذیریم. بنابراین استفاده از سیستم‌های جاذب گرمایی شامل لوله‌های حاوی آب سرد در بدنه کوره و گرفتن دمای تابشی منتشره از آن در تمامی اجزای کوره به ویژه در نقاط استقرار کارگر به عنوان یکی از راهکارهای کنترلی که به لحاظ عملی قابل اجرا و نیز از کارایی و اثربخشی لازم برخوردار باشد در بدنه کوره به کار گرفته شده است. تامین آب سرد در بدنه کوره با کمک برج‌های خنک‌کننده که در فرآیند کار اکثر صنایع فولادی موجود می‌باشد صورت می‌گیرد. این سیستم خنک‌کنندگی با دارا بودن مخازن آب گرم ورودی و انتقال آب سرد خروجی به سمت کوره فرآیند سرد شدن را به صورت چرخشی انجام می‌دهد، بنابراین نیاز به تامین آب و هزینه اضافی نمی‌باشد. انتشار گرما از مواد مذاب در جوی نیز نیازمند استفاده از روش‌های کنترلی حفاظتی محصورکننده و بازتاب‌کننده می‌باشد. سازمان‌های OSHA و NIOSH استفاده از حفاظ‌های منعکس‌کننده را به عنوان یکی از راهکارهای موثر در کنترل گرمای تابشی پیشنهاد کرده‌اند. البته استفاده از حفاظ‌های آلومنیومی بیشترین کارایی را دارد(۱۰). در این مطالعه از یک اتاقک فلزی با پوشش آلومنیومی جهت محصور کردن ناحیه دو شاخه شدن جوی استفاده شده است که در مقابل پاشش مذاب رنگ روشن خود را از دست داده است. مسیر انتقال مذاب به دلیل اینکه نیازمند آماده‌سازی قبل از انتقال و تمیزکاری بعد از انتقال مذاب می‌باشد لذا نمی‌توان تمام سطح مسیر انتقال مذاب را پوشش داد که البته در طول مسیر انتقال مذاب نیز نیاز به هیچگونه عملیات و حضور کارگر نیست و تنها نقطه ایستگاه کار محل دو شاخه شدن آن می‌باشد.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

بنابراین با اجرای مداخلات شاخص بسیار مهم دمای تر گویسان در حدود ۵/۲ درجه سانتی‌گراد کاهش و به حدود ۳۲/۰۱ درجه سانتی‌گراد رسید که بر طبق نمودار حد آستانه مجاز (TLV) استاندارد ACGIH در صورتی که نرخ متابولیسم کاری در حدود ۲۸۰ وات بر متر مربع قرار گیرد در این حالت مقدار شاخص تر گویسان برای افراد سازش‌یافته در حدود ۲۸ درجه سانتی‌گراد خواهد بود. با توجه به اینکه میانگین متابولیسم کاری کارگران آتشکار حدود ۲٤۱/۸۷ کیلوکالری بر ساعت یا ۲۸۰ وات و شاخص دمای تر گویسان پس از اجرای اقدامات کنترلی ۳۲ درجه سانتی‌گراد نتیجه شده است لذا بر طبق نمودار TLV (Threshold Limit Values) مقداری بالاتر از حد مجاز خواهد بود که البته بسیار پایین‌تر از مقدار قبل از اجرای اقدامات می‌باشد(۱۵). بر طبق استانداردهای NIOSH این شاخص برای برنامه کار-استراحت ۵۰ در ۵۰٪ حدود ۲۹ درجه است. بر طبق استاندارد کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور حد مجاز مواجهه شغلی استرس گرمایی بر مبنای شاخص دمای ترگویسان (WBGT) برای شرایط با برنامه کاری تا ۵۰٪ کار در حدود ۳۲ و حد مراقبت آن در حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با توجه به لباس کاری و تجهیزات حفاظت فردی کارگران آتش‌کار بر حسب مقدار کلو لباس کار که در حدود ۱ کلو می‌باشد باید مقدار ۲ درجه سانتی‌گراد جهت اصلاح WBGT برحسب نوع لباس به این شاخص اضافه گردد که در نهایت مقدار مجاز این شاخص برای افراد آتش‌کار در حدود ۳٤ درجه سانتی‌گراد خواهد بود که تقریباً برابر با مقدار برآورد شده در نتیجه اقدامات کنترلی اجرا شده می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه عملیات رطوبت‌زنی و آب پاشی محوطه کوره قبل و بعد از عملیات تخلیه مذاب انجام می‌شود می‌توان گفت که این شاخص در این ساعات نیز به کمتر از ۳۲ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. در نهایت اینکه نقشه توزیع حرارتی محیط اطراف کوره در حالت بعد از اجرای مداخلات نیز نشان داد که دمای تابشی در اطراف کوره به میزان بالایی کاهش یافته است و حداقل انتشار باقیمانده نیز مربوط به مذاب خروجی می‌باشد که به پاتیل وارد می‌شود. در مطالعه‌ای جهت کنترل گرما در موضع کاری کارگران کوره در یک کارخانه شیمی معدنی در همدان، یک اتاقک خنک با استفاده از عایق‌های دو جداره طراحی و تاثیر آن بر شاخص تنش حرارتی برآورد گردید. نتایج نشان داد که میانگین دمای تابشی و شاخص تنش گرمایی به ترتیب در حدود ۱۵/۲ و ٦/۸ درجه سانتی‌گراد کاهش داشته است(۱۷).

در مطالعه دیگری به منظور کنترل استرس گرمایی تابشی در سکوی ذوب‌ریزی یکی از کارخانجات ذوب فلزات تهران از یک صفحه آلومنیومی منعکس‌کننده تابش گرمایی و تغییر رنگ لباس کارگران، در جهت جلوگیری از مواجهه کارگران استفاده شد و در نتیجه دمای تابشی و شاخص تر گویسان به ترتیب در حدود ۸/۲٤ و ۲/۳۱ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت(۱).

نتیجه‌گیری

استرس حرارتی در صنایع ذوب به دلیل گرمای تابشی بالا است که در بیشتر موارد امکان حذف منابع تولیدکننده دمایی ممکن نیست و لذا استفاده از روش‌های فنی در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرند که علاوه بر کاهش استرس و اثرات حرارتی موجب افزایش بهره‌وری و در نتیجه کاهش هزینه‌ها خواهد شد.

در مطالعه حاضر نیز با به کارگیری مداخلات میزان استرس حرارتی تا درصد بالایی کاهش یافته است به گونه‌ای که می‌توان گفت در محدود مجاز مواجهه کشوری می‌باشد.

استفاده از لوله‌هایی به قطرهای ۱ تا ۱/۵ اینچ در پوسته خارجی و در مواردی پوسته داخلی بدنه کوره دمای تابشی منتشره را به خود جذب نموده و در نتیجه دمای تابشی کاهش می‌یابد. مانع یا سپر حفاظتی در نقطه توقف کارگر نیز ضمن جلوگیری از مواجهه مستقیم کارگر با مذاب، دمای تابشی را در این ایستگاه کاری

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

کاهش می‌دهد. بنابراین استفاده از جاذب‌های حرارتی در بدنه کوره به دلیل اجرای مداخله کنترلی در منبع تابش گرما دارای کارایی بیشتری نسبت به استفاده از حفاظ بازتاب کننده تابش کنترل در مسیر انتشار حرارت بود. با این حال به کارگیری توام اقدامات کنترلی می‌تواند بهترین عملکرد را جهت کاهش استرس و استرین حرارتی ناشی از تابش گرمایی در مواجهه کارگران محوطه کوره‌های بلند تامین نماید.

منابع

1. Hajiazimi E, Khavanin A, Solymanian A, Valipour F, Dehghan HA. Heat Stress Control in The Foundry Platform of a Steel Plant Tehran, Iran. Journal of Health Systems Research. 2011;13(2): 866-74.
2. Golbabaie F, Monazam Esmaieli MR, Hemmatjou R, nasiri P, Yaaghoub GR. Comparing the Heat Stress (DI, WBGT, SW) Indices and the Men Physiological Parameters in Hot and Humid Environment. Iran J Health & Environ. 2012; 5(2): 245-52.
3. Zwolińska M, Bogdan A. Impact of the medical clothing on the thermal stress of surgeons. Applied Ergonomics. 2012; 43(6): 1096-104.
4. Weiwei L, Zhiwei L, Qihong D, Yuanmou L. Evaluation of calculation methods of mean skin temperature for use in thermal comfort study. Applied Ergonomics, 2011; 46(2): 478-88.
5. Veerana S, Jörg L, Peter S, Fracheboud Y. Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (Zea mays L.) grown at control or high temperature. Environmental and Experimental Botany, 2004; 52(2): 123-9.
6. Haji Azimi E, Khavanin A, Aghajani M, A S. Heat stress measurement according to WBGT index in smelters. Iranian Journal of Military Medicine. 2011; 13(2): 59-64.
7. Reflective Insulation Manufacturers Association International (RIMA-I). Reflective Insulation, Radiant Barriers And Radiation Control Coatings. Edition S, editor 2002.
8. ColesG, DiCorleto R, Firth I. Documentation of the Heat Stress Standard Developed for Use in the Australian Environment. Australian Institute of Occupational Hygienists by the Heat Stress Working Group, editor.2002: 4-10.
9. Dehghan H, Mortazavi SB, Jafari MJ, Maracy MR. Combined application of wet-bulb globe temperature and heart rate under hot climatic conditions: a guide to a better estimation of the heatstrain. Journal of Kashan University of Medical Sciences 2012; 16(2): 112-20.
10. Dehghan H, Habibi E, khodarahmi B, Yousefi H, Hasanzadeh A. A Survey of the relationship of heat strain scoring index and wet bulb globe temperature index with physiological strain index among men in hot work environments. Journal of Health Systems Research. 2011;7(6): 1146-56.
11. Falahati M, Alimohammadi I, Farshad A.A, Zokaei M, Sardar A. Evaluating the reliability of WBGT and P4SR by comparison to core body temperature. Iran Occupational Health. Spring 2012; 9(3): 22-27.
12. Hemmatjo R, Zare S, Babaei Heydarabadi A, Hajivandi A, Ghaedi H. Investigation of heat stress in workplace for different work groups according to ISO 7243 standard in Mehr Petrochemical Complex, Assaluyeh, Iran. Journal of Paramedical Sciences (JPS) Spring 2013;4(2): 97-101.
13. Azeri G, Mofidi A, Meshkani M, tabatabaii f. Evaluation of heat stress in the work positions furnace workers in the forging industry in summer. journal of health and safety at work 2011; 2(2): 51-8.
14. Dehghan H, Mortazavi SB, Jafari M J, Maracy MR. Evaluation of wet bulb globe temperature index for estimation of heat strain in hot/humid conditions in the Persian Gulf. Journal of Research in Medical Sciences. 2012; 17(12): 1108-13.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]

15. American Conference on Governmental Industrial Hygienists. Thresholds limit values and biologicalindexes. New York: ACGIH; 2010. Hygienists.
16. Srivastavaf A, Kumarf R, Josephf E, Kumarj A. Heat Exposure Study in the Workplace in a Glass Manufacturing Unit in India, Annual occupational hygiene, 2000;44 (6): 449-53.
17. Mohammadyan M, Sepehr P. Design of cool spot and assessment of its effect on WBGT index among furnace workers'position in Shimi Madani industry in Hamadan. J Mazand Univ Med Sci. 2009;20(76):2-7.[Persian]

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2026-10-06]