بررســی استرس گرمایی در موضع کاری کارگران کوره در یکی از صنایع فورج در فصل تابستان

غلامرضا آذری[۱]، امیرعباس مفیدی[۲]، محسن مشکانی[۳]، فرهاد طباطبایی قمشه[۴]، امیرحسین داودیان طلب[۵*]

Amirhosaindavudian@yahoo.com

چکیده

مقدمه: استرس گرمایی به عنوان یکی از مخاطرات محیط‌های کاری به حساب می‌آید. مهم‌ترین عوارض کار در محیط‌های گرم شامل گرفتگی عضلات، خستگی مفرط، کاهش هوشیاری، ادراک و گرمازدگی می‌باشد. هدف از این پژوهش، شناسایی ایستگاه‌های پرمخاطره از لحاظ استرس گرمایی در یکی از صنایع فورج استان تهران با استفاده از شاخص WBGT است.

روش کار: این مطالعه توصیفی- مقطعی در یکی از صنایع فورج استان تهران در ۵ روز متوالی از گرم‌ترین روزهای تابستان سـال ۱۳۹۰ انجام شـد. برای اندازه گیری‌ها از یک دسـتگاه WBGT متر کالیبره شـده بر اساس استاندارد ISO ۷۲۴۳ استفاده شد. تمام کارگران مواجه شده با گرمای تابشی در این صنعت، بیش از ۳ سال سابقه کار پیوسته داشتند و لذا از لحاظ گرمایی تطابق یافته بودند. برای انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری از نرم افزارهای SPSS۱۴ و Excel۲۰۰۷ استفاده شد.

یافته ها: در این مطالعه میزان WBGT در تمام ایسـتگاه های کاری مواجه با کوره بیش از مقدار مجاز برآورد شـد. میزان متوسط WBGT همه ایستگاه‌های کاری برای ده ساعت روزانه ۲۷/۹۷ درجه سانتی گراد محاسبه شد، که بر اساس استاندارد ACGIH بیش از مقدار توصیه شده و غیر قابل قبول بود. هم چنین نتایج آزمون آماریANOVA و آزمون تعقیبی LSD، تفاوت معناداری در شاخص دمای تابشی با P-value <۰/۰۱ و WBGT با P-value < ۰/۰۵، در سه ارتفاع سر، کمر و قوزک پا نشان داد، به طوری که اختلاف مشاهده شده بین سر و کمر معنادار نبود، ولی اختلاف بین این دو شاخص و قوزک پا معنادار بود.

نتیجه گیری: نتایج مطالعه نشان داد که میزان استرس گرمایی در کارگرانی که در معرض منابع تابشی گرما بودند، از مقدار مجاز توصیه شـده توسط استاندارد ACGIH بیش تر بود. هم چنین مشخص شد مشکل اصلی گرمای تابشی، مخصوصاً در ارتفاع سر و کمر است، از این رو به منظور کنترل شرایط، تدابیری در زمینه کنترل گرما تابشی در این نواحی توصیه شد.

کلمات کلیدی: استرس گرمایی، صنایع فورج، گرمای تابشی، شاخصWBGT

۱. استادیار گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۴. استادیار گروه ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

۵. دانشـجوی کارشناسی ارشـد ارگونومی، دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی، عضو کمیته تحقیقات دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی (مسوول مکاتبات)*

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بهبود وضعیت سلامت و ایمنی شغلی مستلزم توجه فزاینده ای در سراسر جهان می‌باشد. شرایط نامساعد مرتبط با کارهای سخت که حوادث شغلی مهمی را سبب می‌شوند، سالانه بالاترین میزان ثبت حوادث و مرگ میر را به خود اختصاص می‌دهد. *(Gaspar, et al., 2009)* امروزه عوامل زیان آور متعددی در محیط‌های کار وجود دارد که سلامتی کارگران را تهدید می‌کند و بیماری‌های مختلفی را سبب می‌گردد. *(Golbabaei and Omidvari., 2002)*

یکی از این عوامل زیان آور گرما می‌باشد که به عنوان انرژی در صنایع فرایندی تولید می‌شود و در نتیجه باعث ایجاد مشکل در کارگران در معرض آن می‌گردد و نیز یک واقعیت انکار ناپذیر در کشورهای در حال توسعه می باشد. *(Mohammadyan and Sepehri., 2010)* در صورت عدم توجه به این عوامل و عدم کنترل آن‌ها ممکن است خسارت جانی و مالی غیر قابل جبرانی به بار آید. از جمله عوامل زیان آوری که اکثر شاغلین در محیط کار خود با آن رو به رو هستند، شرایط نامناسب جوی می‌باشد. *(Golbabaei and Omidvari., 2002)*

صنایع ریخته گری (فورج) یکی از صنایع گرمازایی است که در میان سایر صنایع مشابه از اهمیت بیش تری برخوردار است. در این صنعت به دلیل ماهیت کار و نزدیکی بیش از اندازه کارگر با منابع گرما، مواجهه گرما بسیار زیاد است. البته در سیستم‌های اتوماتیک این مشکل تا حد زیادی برطرف شده است، اما در سیستم‌های سنتی فورجینگ که در کشور ما بخش قابل توجهی را نیز به خود اختصاص داده‌اند، کارگران باید به طور دستی و با استفاده از انبر، قطعات گداخته و نیمه مذاب را از کوره به زیر سنبه پرس و از پرس به سیستم انبارش منتقل نمایند که در این حالت میزان مواجهه با گرما به خصوص گرمای تابشی بسیار زیاد است. هم چنین در کارگاه های سنتی فورجینگ، به طور معمول کارگران در جایی بین پرس و کوره قرار می‌گیرند و مدت زمان زیادی را در این موقعیت سپری می‌کنند. در این حالت با توجه به فاصله کمی که بین کارگر و کوره وجود دارد، گرمای تابشی شدیدی به کارگر وارد شده که این شرایط به خصوص در فصول گرم سال، کار کردن را بسیار سخت و در برخی موارد غیر ممکن می‌سازد. این مساله اغلب نارضایتی کارگران و کاهش راندمان کاری را در پی خواهد داشت.

در شرایطی که از محیط اطراف حرارتی به بدن انسان وارد شود، پاسخ‌هایی نظیر افزایش تعریق، افزایش دمای پوستی، افزایش دمای عمقی و افزایش ضربان قلب در بدن ایجاد می‌شود. *(Jalil, et al., 2007)* به طور کلی میزان استرس گرمایی به چهار فاکتور محیطی دمای هوا، رطوبت، متوسط دمای هوای اطراف و سرعت جریان هوا بستگی دارد. یک استرس حرارتی ضعیف یا ملایم ممکن است باعث ایجاد ناراحتی یا اثرات منفی بر عملکرد شود اما برای سلامتی مضر نیست. ولی اگر تنش‌های حرارتی به آستانه تحمل انسان نزدیک شود، خطر ایجاد بیماری‌های وابسته به حرارت افزایش می‌یابد. *(ACGIH, 2010)* این گرما می‌تواند در کارگران استرس گرمایی ایجاد کند و علاوه بر کاهش قابلیت انجام کار آنان، بیماری‌های متعددی را نیز ایجاد نماید. مهم‌ترین عوارض کار در محیط‌های گرم شامل گرفتگی عضلات، خستگی مفرط، کاهش هوشیاری و گرمازدگی می‌باشد. هم چنین گرما به عنوان یکی از عوامل خطرزای بیماری‌های قلبی عروقی نیز شناخته می‌شود. *(Hannani, et al., 2004)*

بیش از هر عامل فیزیکی دیگر، خطرات بالقوه کار در محیط‌های گرم، به شدت وابسته به فاکتورهای فیزیولوژیکی می‌باشد. این فاکتورهای فیزیولوژیکی منجر به طیف وسیعی از حساسیت‌ها می شود که بستگی به سطح تطابق آن‌ها دارد. بنابراین قضاوت حرفه ای در ارزیابی استرس حرارتی و تنش‌های گرمایی فیزیولوژیکی که راهنمایی‌های کافی را برای محافظت از کارگران سالم با در نظر گرفتن فاکتورهای فردی و نوع کار در اختیار فرد می‌گذارد، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. *(ACGIH, 2010)* دمای تر گویسان WBGT از جمله شاخص‌های ارزیابی به شمار می‌رود که در آن دمای خشک، دمای تر، دمای تابشی و متابولیسم کاری با هم ترکیب شده و به صورت یک عدد نمایش داده می‌شود. *(Haji Azimi, et al., 2011)* شاخص WBGT برای اولین بار در سال ۱۹۵۰ طراحی و مورد استفاده قرار گرفت، به طوری که در آن زمان یکی از عوامل اصلی موفقیت در جنگ‌های کلاسیک به حساب می‌آمد. هدف از آن نیز کنترل بیماری‌های ناشی از گرما در کمپ‌های آموزشی نیروهای مسلح آمریکا بود، چرا که در طول سال‌های ۱۹۴۲-۱۹۴۴، ۱۹۸سرباز آمریکایی در کمپ‌های آموزشی ارتش بر اثر حمله گرمایی جان خود را از دست داده بودند. *(Budd, et al., 2007)* این شاخص متوسط، آثار حاصل از گرما را در یک دوره زمانی از فعالیت خاص روی فرد ارزیابی می‌کند و یکی از ساده‌ترین و مناسب‌ترین روش‌های ارزیابی حرارتی است و به مقدار حرارت مجاز در محیط بستگی دارد. با وجود این که شاخص‌های متعددی در طی سالیان پیش ابداع شده‌اند، ولیکن هیچ‌کدام مورد پذیرش همگان واقع نشده‌اند. تنها شاخصی که تقریباً به طور وسیع مورد پذیرش واقع شده شاخص WBGT می‌باشد. *(Brake, et al., 2002)* سازمان بین‌المللی ISO در سال ۱۹۸۹ این شاخص را به عنوان شاخص ارزشیابی تنش‌های گرمایی معرفی نمود. *(Parsons, et al., 2006)* مطالعاتی که توسط پور مهابادیان در سال ۱۳۶۲ در ارتباط با مسایل

Archive of SID

www.SID.ir

بهداشت شغلی نانوایی‌ها در منطقه ای از تهران و توسط جعفری در سال ۱۳۶۷ جهت تعیین شاخص بهینه استرس گرمایی برای کارگران شیفت کار یک کارخانه ریخته گری انجام شده است، اغلب بر برتری شاخص WBGT تاکید نموده است. *(Golmohammadi, et al.,2006)*آنیه بسانیرود نیز در سال ۲۰۰۰ برای ارزیابی استرس‌های گرمایی یک شیشه سازی در هند از شاخص‌های متنوعی از جمله WBGT استفاده نمود. *(Srivastavaf, et al., 2000)* مهم‌ترین نقطه قوت شاخص WBGT، حساسیت به گرمای تابشی و جریان هوا است که دو عنصر اساسی در تعیین دمای هوای محیطی می‌باشند. در این شاخص حدود آستانه ای وجود دارد که به کاربران اجازه می‌دهد، با توجه به زمینه های کاری شان (در صنعت یا نظامی) مقدار WBGTرا تفسیر کنند. با این حال، مهم‌ترین محدودیت آن شاخص این است که در محیطهایی که امکان تعریق وجود نداشته باشد و یا مشکل باشد، مقدار واقعی را نشان نمی‌دهد و معمولاً شرایط خطرناک‌تر از آن چیزی است که شاخص پیش بینی می‌کند. *(Budd, et al., 2007)*

هدف از این تحقیق، شناسایی ایستگاه‌های کاری پرمخاطره از لحاظ استرس گرمایی و ارزیابی استرس گرمایی در ایستگاه‌های پر مخاطره بر اساس شاخص WBGT و شناسایی دلایل احتمالی در صورت بالاتر بودن از میزان استاندارد و ارایه راهکارهای پیشنهادی جهت بهبود شرایط کاری است.

روش کار

این مطالعه توصیفی- مقطعی در یکی از صنایع فورجینگ استان تهران در ۵ روز متوالی از گرم‌ترین روزهای سال ۱۳۹۰ انجام شد. در این مطالعه، از شاخص WBGT برای تعیین استرس گرمایی استفاده شد و میزان بار کاری، برنامه کار و استراحت و لباس کار مدنظر قرار گرفت. اندازه گیری‌ها بر اساس استاندارد ۷۲۴۳ISO صورت گرفت *(Parsons, et al., 2006)*. کارگران مواجه با گرمای تابشی در این صنعت بیش از ۳ سال سابقه کار پیوسته داشتند و لذا از لحاظ گرمایی تطابق یافته بودند.

برای اندازه گیری میزان متابولیسم، از استاندارد ISO ۸۹۹۶ استفاده شد. *(Malchaire, et al., 2004)* ملچر در این استاندارد چهار سطح مختلف را برای اندازه گیری متابولیسم تعریف نموده است. سطح اول غربالگری[1] می‌باشد. در این سطح میزان متوسط متابولیسم بر اساس نوع حرفه تعیین می‌شود. دقت این روش مطلوب نبوده و احتمال خطای آن زیاد است.

سطح دوم روش مشاهده[2] می‌باشد. در این سطح میزان متابولیسم بر حسب نوع فعالیت‌های افراد تعیین می‌شود. با وجود این که احتمال خطای این سطح کم تر از سطح قبلی بوده، ولی با این حال، احتمال خطای آن در حدود ۲۰٪± می‌باشد که مقداری قابل توجه است.

سطح سوم روش تجزیه تحلیل[3] است که در این روش سن، جنس و ضربان قلب افراد، تعیین کننده میزان متابولیسم می‌باشد. دقت این سطح نسبت به سطوح قبلی بیش تر بوده و احتمال خطای آن کم تر و چیزی در حدود۱۰٪± است.

سطح چهارم روشی کاملاً تخصصی[4] بوده که در آن میزان اکسیژن مصرفی با استفاده از روش کالیمتری تعیین می‌شود. دقت این سطح بسیار بالا بوده و احتمال خطای آن در حدود ۵٪± می‌باشد. *(Malchaire, et al., 2004)*

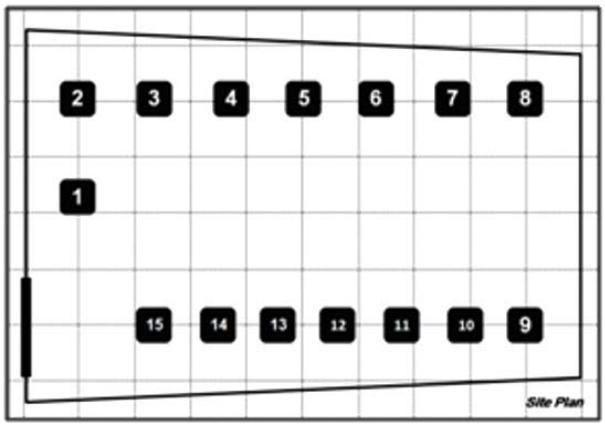
در این پژوهش، با توجه به موقعیت کاری و امکانات موجود از سطح دوم روش ملچر استفاده شد. هم چنین به منظور اطمینان از دقت اندازه گیری‌ها در ۵ مورد، به طور هم زمان از سطح سوم استاندارد نیز استفاده شد. بنابراین با توجه به دستورالعمل ارایه شده در استاندارد، اطلاعات مربوط به سن و وزن کارگران جمع آوری شد. برای اندازه گیری میزان ضربان قلب کارگران نیز از یک دستگاه ضربان سنج ورزشی HRM[5] استفاده شد. دستگاه مورد استفاده دارای دو قسمت بود: قسمت اول سنسوری بود که با استفاده از یک کش دور قفسه سینه فرد بسته می‌شد، به صورتی که سنسور دقیقاً مقابل جناق سینه قرار می‌گرفت. قطعه دوم به شکل یک ساعت مچی بود که دور مچ دست فرد بسته می‌شد. استفاده از این دستگاه بسیار ساده بوده و به راحتی می‌توان آن را بر روی افراد نصب و جدا نمود. ویژگی‌های ذکر شده به دستگاه این اجازه را می‌دهد که در محیط‌های صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. در نهایت پس از به دست آوردن میزان ضربان متوسط قلب افراد به منظور محاسبه میزان متابولیسم با استفاده از سطح سوم، رابطه محاسبه متابولیسم با توجه به سن و وزن فرد انتخاب و ضربان قلب در آن جایگذاری شد. این روش می‌تواند متابولیسم تقریبی را با میزان خطای احتمالی۱۰٪± محاسبه نماید.

محیط مورد پژوهش یکی از صنایع فورجینگ واقع در استان تهران

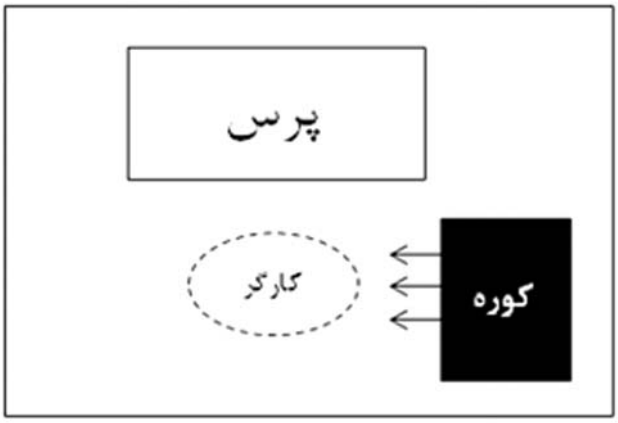
1. Screening
2. Observation
3. Analysis
4. Expertise
5. Heart Rate Meter

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱: شمای کلی کارخانه و جانمایی ایستگاه ها



شکل۲: موقعیت کارگر نسبت به کوره و پرس

می‌باشـد. محصول اصلی این کارخانه شـیرآلات ساختمانی و صنعتی اسـت، که معمولاً از فلز برنج برای تولید محصولات استفاده می‌شود. شـمش برنجی که عملیات فـورج روی آن‌ها انجام می‌شـود، حالت اسـتوانه دارد. این شـمش‌ها، پس از خریداری وارد کارخانه شده و در کارگاه فورجینـگ، با دسـتگاه برش، با توجه به نوع شـیر تولیدی، به اندازه های مختلف برش داده می‌شود. طرح شماتیک جانمایی دستگاه ها در شکل۱ نمایش داده شده است.

همان طور که در شـکل۱ مشاهده می‌شود، این سالن از ۱۵ ایستگاه کاری مختلف تشکیل شده است که در ۱۲ ایستگاه منبع گرمایی وجود دارد. شـمش‌های برنجـی، پس از برش به اندازه هـای مورد نیاز، در پالت‌هایی در انبار موقت نگه داری می‌شـوند. کارگران به طور روزانه، بر حسب نوع برنامه تولید، تعدادی از شمش‌های مورد نظر را در داخل کوره در مقابل مشـعل قرار می‌دهنـد تا برای عملیات فورجینگ آماده شـوند. دسـتگاه های پرس موجود در این سـالن هر کدام قطعات با قطر های معینی را می‌توانند فورج و به شکل شیر مورد نظر فرم دهی نمایند. همان طور که پیش‌تر نیز اشـاره شـد، اندازه برش شمش‌ها به قطر قطعه مورد نظر بستگی پیدا می‌کند. با توجه به نوع سفارش تولید و اندازه قالب، شـمش‌ها برش داده می شوند. هر چه قطر شمش بیش تر باشـد، برای گداخته کردن آن به حرارت بیش تری نیاز است. کارگر پس از گداخته شـدن شـمش‌ها، با اسـتفاده از یک انبر آن‌ها را برداشته و در زیـر پرس قرار می‌دهـد. در هنگام انجام این عملیـات با توجه به چیدمان فرآیند، کارگر مجبور اسـت در موقعیتی بین کوره و پرس که در ایـن حالت، در معرض گرمای زیادی قرار می‌گیرد که بخش عمده آن را گرمای تابشی تشکیل می‌دهد. پس از قرار گیری قطعات در زیر سنبه، کارگر به منظور راه اندازی پرس، شستی‌های پرس را پایین نگه می‌دارد تا عملیات فورج انجام شـود. لازم به ذکر اسـت که درست در هنـگام انجام عملیات فورجینگ، حجم قابـل توجهی از آلاینده های مختلـف از جمله فیـوم های فلزی وارد هوای کارگاه می‌شـوند که با توجه به تکرار مداوم این عملیات در طول شیفت کاری، فضای کارگاه کاملاً آلوده می گردد. اگرچه سوله به چندین فن مکنده محوری مجهز می‌باشـد، ولی با توجه به عدم وجود سیستم تهویه موضعی، آلاینده به ناچار در محیط پخش می‌شود. قطعات پرس شده در نهایت با استفاده از انبر از زیر سـنبه پرس خارج شـده و در یک مسـیر ناودانی انداخته می‌شـوند تا جمع و سـرد گردند. پس از سرد شـدن، قسمت‌های زاید قطعات با اسـتفاده از یک سـری عملیات تمیز کاری که توسـط چند پرس سـرد انجام می‌شـود، جدا شـده و برای انجام عملیات بعدی به سـالن مونتاژ منتقل می‌گردد. کارگرانی که در این سالن کار می‌کنند، با توجه به مواجهه زیاد با گرما، به خصوص در فصول گرم سال، دچار ناراحتی‌های گرمایی شده و از شرایط موجود ابراز نارضایتی می‌نمایند. این نارضایتی علاوه بر این که باعث کاهش راندمان کاری می‌شـود، حتی در برخی از روزهای بسیار گرم سال، باعث متوقف شدن ایستگاه های کاری می‌گردد.

در این مطالعه، برای اندازه گیری دمای خشک، دمای تر، دمای تابشی و شاخص WBGT از یک دستگاه WBGT متر کالیبره شده مدل Casela ۱۲۳۲۳۴۲ اسـتفاده شـد. برای اندازه گیری سرعت جریان هوا نیز از یک دسـتگاه مانومتر حرارتی سـاخت شرکت SIBATA اسـتفاده گردید که قادر به اندازه گیری سرعت‌های جریان هوا در بازه (۲۵-۰/۲۵ متر بر ثانیه) بود. به منظور اطمینان بیش تر در اندازه گیری دمای تابشی، در چندین مورد به طور هم زمان از یک دماسنج گویسان نیز استفاده شد و نتایج به دست آمده مقایسه گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

از لحاظ میزان اعتبار استفاده از دستگاه WBGT متر مروری بر روی مقالات انجام شد. مطالعه ای که توسط پارکر در سال ۱۹۸۴ تحت عنوان مقایسه روش‌های اندازه گیری استرس گرمایی در یک کارخانه فولاد انجام شده بود، نشان داد که نتایج WBGT دیجیتالی به نتایج اندازه گیری WBGT استاندارد بسیار نزدیک است. *(PARKER, et al., 1984)* شیفت کاری صنعت مورد پژوهش، ۱۲ ساعته و زمان استراحت نهار و نماز در حدود ۲ ساعت بود. کارگران معمولاً در زمان استراحت کوره ها را خاموش می‌کردند اما از محیط کار خارج نمی‌شدند.

با توجه به ثابت بودن موقعیت هر کدام از پرس‌کاران در ایستگاه های خود و به منظور نزدیک‌تر شدن شرایط اندازه گیری به شرایط واقعی برای اندازه گیری شاخص‌ها در هر مرحله، دستگاه در ارتفاع سر (۱/۷متر)، کمر (۱/۱متر) و قوزک پا (۰/۱ متر) هر یک از کارگران مواجه با گرمای تابشی قرار گرفت.

استاندارد ISO ۷۲۴۳ برای محاسبه WBGT، در محیط‌هایی که از لحاظ گرمایی نامتجانس می‌باشند، روابط زیر را ارایه نموده است *(Parsons, et al., 2006)*:

(رابطه-۱)

$$WBGT=\frac{WBGT_{head}+2WBGT_{abdomen}+WBGT_{ankles}}{4}$$

و نیز برای محاسبه $WBGT_{TWA}$ رابطه-۲ را ارایه نموده است:

(رابطه-۲)

$$WBGT_{TWA}=\frac{WBGT_1\times T_1+WBGT_2\times T_2+WBGT_3\times\dots}{T_1+T_2+3+\dots}$$

و برای شاخص میانگین دمای تابشی[1] از رابطه-۳ استفاده شد:

(رابطه-۳)

$$MRT=[(t_g+273)^4+2.5\times10^8\times V^{0.6}(t_g-t_a)]^{0.25}-273$$

با توجه به متغیر بودن شرایط اندازه گیری در طول شیفت کاری، اندازه گیری‌ها در ۵ بازه زمانی انجام شدند و سپس میزان متوسط هر شیفت کاری ارایه گردید. از سویی به منظور افزایش دقت اندازه گیری‌ها، هر اندازه گیری سه بار تکرار شد. همه کارگران این صنعت بیش از ۳ سال سابقه کار پیوسته در این صنعت و در پست کاری خود را داشتند و لذا از لحاظ گرمایی تطابق یافته بودند.

یافته ها

نتایج به دست آمده از اندازه گیری شاخص‌ها در اکثر ایستگاه ها، شباهت زیادی با یک دیگر داشتند. نتیجه آزمون آماری T دانشجو تفاوت معناداری را بین میزان WBGT ایستگاه های مختلف نشان

جدول۱: میانگین پارامترهای جوی و شاخص WBGT در ایستگاه‌های کاری مورد مطالعه

ارتفاع	متغیر ← / شاخص آماری	دمای تر طبیعی (°C)	دمای خشک (°C)	دمای گویسان (°C)	سرعت جریان هوا ($m.s^{-1}$)	WBGT (°C)
سر	میانگین	۲۲/۵۲	۳۵/۴۸	۴۶/۵۲	۱/۱۴	۲۹/۶۶
	انحراف معیار	۰/۷۲	۱/۵۸	۲/۸۴	۰/۱۳	۱/۲۵
کمر	میانگین	۲۱/۷۸	۳۴	۴۵/۰۸	۱/۱۳	۲۸/۷۱
	انحراف معیار	۰/۴۵	۳/۶۷	۲/۹۸	۰/۱۳	۱/۰۸
قوزک پا	میانگین	۲۲/۰۶	۳۳/۴	۳۹/۳۲	۱/۲۶	۲۷/۲۳
	انحراف معیار	۱/۱۳	۲/۰۶	۳/۲۷	۰/۱۲	۱/۳۱
میانگین	میانگین	۲۲/۱۲	۳۴/۲۹	۳۳/۶۴	۱/۱۸	۲۸/۵۷
	انحراف معیار	۰/۳۶	۱/۰۷	۳/۸	۰/۰۷	۱/۵۵

1. Mean Radiation Temprature

Archive of SID

www.SID.ir

نداد. این نتیجه برای میانگین دمای تابشی MRT نیز تکرار شد. با توجه به تعداد بالای ایستگاه های کاری و نیز به دلیل شباهت زیاد اعداد در ایستگاه های مختلف، در جدول۱ به جای بیان اعداد ۱۲ ایستگاه، صرفاً مقادیر میانگین شاخص‌ها در هر یک از سه ارتفاع سر، کمر و قوزک پا ارایه شده است.

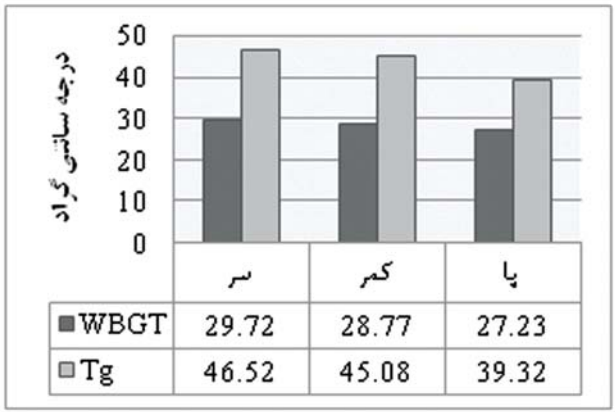
لازم به ذکر است که در هنگام انجام اندازه گیری‌ها، همه ایستگاه های کاری قطعات مشابهی تولید می‌کردند. به طور کلی هرچه اندازه شمش بزرگ‌تر باشد، اختلاف میان گرمای لازم برای افزایش درجه حرارت شمش تا حد مذاب نیز بیش تر شده و در نتیجه میزان دمای تابشی ساطع شده از کوره نیز افزایش می‌یابد. اما در زمان انجام این پژوهش، به دلیل شباهت شمش‌های موجود در ایستگاه های مختلف دمای تر گویسان و دمای تابشی مشابه بود. مقادیر میانگین شاخص‌ها در جدول۱ ارایه شده است.

نتایج نشان داد که مقادیر به دست آمده از سطح دوم و سوم استاندارد ISO ۸۹۹۶ ملچر همبستگی زیادی با یک دیگر دارند که نشان دهنده دقت اندازه گیری می‌باشد. هم چنین با توجه به شباهت نوع کاری که کارگران انجام می‌دادند و شباهت اعداد به دست آمده برای میزان متابولیسم در ایستگاه های کاری مختلف، میزان متابولیسم همه افراد به منظور سهولت در محاسبات به طور متوسط ۱۵۰ $w.m^{-2}$ و ریتم کار پیوسته در نظر گرفته شد. همان طور که در جدول۱ مشاهده می‌شود، مقدار میانگین WBGT در سه ارتفاع مختلف بر اساس رابطه۱، ۲۸/۵۷ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید. مقدار میانگین WBGT مکان استراحت کارگران، به طور متوسط در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و زمان استراحت نیز ۲ ساعت در نظر گرفته شد. میزان $WBGT_{TWA}$ برای یک شیفت ۱۲ ساعته با استفاده از رابطه۲، ۲۷/۹۷ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردید. هم چنین میانگین دمای تابشی با استفاده از رابطه۳، ۴۵/۵۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شد.

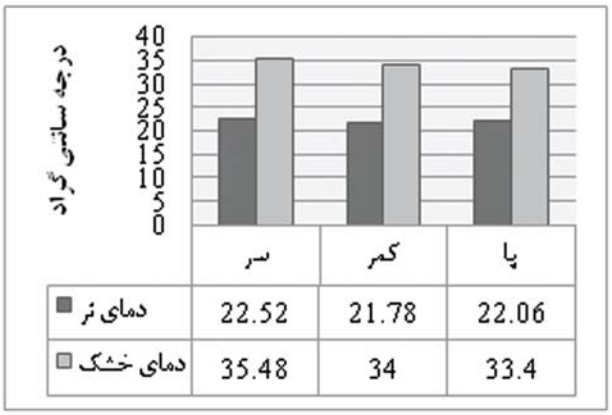
بحث

نتایج مطالعه نشان داد شاخصWBGT کارگران در مجاورت کوره در کارگاه فورجینگ، با در نظر گرفتن میزان متابولیسم و ساعات کار روزانه در مقایسه با مقادیر توصیه شده استاندارد ACGIH[1] ، بیش از مقدار مجاز است. با توجه به این که در زمان اندازه گیری، تمام ایستگاه های کاری مشغول تولید یک نوع قطعه بودند، لذا نتایج مشابهی از لحاظ شاخص‌های گرمایی داشتند. زیرا دمای کوره به اندازه قطعه بستگی دارد و زمانی که اندازه شمش‌ها مشابه یک دیگر باشد، میزان گرمای لازم برای ذوب آن‌ها نیز تقریباً مساوی خواهد بود.

در مطالعه ای که حاجی عظیمی و همکاران در تابستان سال ۱۳۸۵ انجام دادند، نتایج نشان داد که حداقل ۳۸٪ از کارگران کارخانه ذوب فلزات که در قسمت ذوب ریزی کار می‌کنند، با تنش حرارتی بیش از حد مجاز مواجه هستند. *(Haji Azimi, et al., 2011)* هم چنین حسینی در مطالعه ای که در سال ۱۳۸۹ در یکی از کارخانجات کاشی



نمودار۱: مقایسه مقادیر Tg و شاخصWBGT در سه ارتفاع



نمودار۲: مقایسه مقادیر دمای خشک و دمای تر در سه ارتفاع

1. American Conference Of Industrial Hygienists

Archive of SID

www.SID.ir

سازی با استفاده از شاخص WBGT انجام داد، به این نتیجه رسید که میزان استرس گرمایی در قسمت خشک کن بیش از حد مجاز است ولی در سایر قسمت‌های کارخانه در وضعیت شاخص مجاز می‌باشد. *(Hosseini, 2011)* در مطالعه دیگری که توسط آنیه بسانیرود در سال ۲۰۰۰ در یک صنعت شیشه سازی در هند انجام شد، نتایج نشان داد که کارگران با تنش حرارتی بیش از مقدار توصیه شده براساس استاندارد ACGIH مواجه بودند. *(Srivastavaf, et al., 2000)* نتایج این مطالعه نیز حاکی از ان بود که میزان مواجهه کارگران با منابع گرمایی این صنعت بیش از مقدار توصیه شده استاندارد می‌باشد. همان طور که در جدول و نمودار۱ مشاهده می‌شود، میزان دمای تابشی و شاخص WBGT در ارتفاع‌های مختلف نامتجانس بوده و لذا به طور مستقل بیان شده‌اند. در صورتی که اعداد جدول۱ و نمودار۲ نشان می‌دهد، تفاوت بین مقادیر دمای خشک و دمای تر سه ارتفاع مختلف قابل توجه نیست.

نتایج آزمون آماریANOVA و آزمون تعقیبی LSD با مقدار (P-value =۰/۰۰۸) تفاوت معناداری در شاخص دمای تابشی در سه ارتفاع سر، کمر و قوزک پا نشان داد، به طوری که اختلاف مشاهده شده بین سر و کمر معنادار نبود، ولی اختلاف بین این دو شاخص و قوزک پا معنادار بود. هم چنین نتایج این آزمون‌ها در رابطه با شاخص WBGT نیز تفاوت معناداری بین دو ارتفاع سر، کمر و قوزک پا با مقدار (P-value =۰/۰۴۷) نشان داد. اختلاف بین سایر فاکتورها معنادار نبود. بنابر این می‌توان این طور نتیجه گیری نمود که توزیع ناهمگون گرمای تابشی در ارتفاع سر و کمر نسبت به پا نشان می دهند که جهت تابش گرمای تابشی به سمت بالا می‌باشد.

شباهت دمای خشک و تر در سه ارتفاع مختلف نشان دهنده توزیع متجانس این شاخص‌ها است، به این مفهوم که دمای خشک و تر محیط تقریباً یکسان است. در صورتی که توزیع نامتجانس دمای تابشی در سه ارتفاع مختلف به مفهوم آن است که انتشار گرمایی تابشی در جهات مختلف متفاوت می‌باشد. از سویی بر اساس یافته های بریف در سال ۱۹۹۷در صورت وجود تابش حرارتی در محیط، شاخص WBGT بهتر از سایر شاخص بیانگر شرایط گرمایی است. *(Haji Azimi, et al., 2011)* در این مطالعه نیز مشخص شد که شاخص WBGT حساسیت خوبی نسبت به تابش حرارتی داشته و لذا شاخصی مفیدی برای اندازه گیری محیط‌هایی با منابع حرارتی تابشی می‌باشد.

بنابر این کنترل گرمایی در ارتفاع سر و کمر نسبت به ارتفاع پا از اهمیت بیش تری برخوردار است. هم چنین مشخص شد مقدار WBGT کل به دست آمده در سه ارتفاع مختلف، با توجه به استاندارد ACGIH و ساعات کار از مقدار مجاز توصیه شده بیش تر است.

نتیجه گیری

صنایع ریخته گری (فورج) یکی از صنایع گرمازایی است که در میان سایر صنایع مشابه از اهمیت زیادی برخوردار است. در این صنعت به دلیل ماهیت و ذات کار و نزدیکی بیش از اندازه کارگر با منابع گرما، مواجهه گرما بسیار زیاد است. البته در سیستم‌های اتوماتیک این مشکل تا حد زیادی برطرف شده است، اما در سیستم‌های سنتی فورجینگ که در کشور ما بخش قابل توجهی را نیز به خود اختصاص داده‌اند، این مساله خودنمایی می‌کند. لذا اندازه گیری شرایط محیطی و پایش مداوم کارگران و طراحی سیستم‌های کنترلی از مسایل مهم این حوزه محسوب می‌شود.

تماس با گرما بیانگر عامل مهمی است که اثر منفی بر روی کارایی کارکنان و متعاقب آن بر بهره‌وری واحد های تولیدی دارد. در نتیجه برای دوری از مشکلات ناشی از استرس‌های حرارتی در واحد تولید فورجینگ باید پیشنهاداتACGIH به عنوان راهنمایی برای کنترل محیط‌های استرس زا در نظر گرفته شود و نیز کارگران تحت نظارت‌های پزشکی مداوم قرار بگیرند که نتیجه این اقدامات نهایتاً منجر به افزایش کارایی کارکنان و در پی آن، افزایش کمیت و بهبود در تولید و افزایش سود می‌شود *(Srivastavaf, et al., 2000)*.

در این مطالعه، برای تعیین استرس گرمایی از شاخص WBGT استفاده گردید و همان طور که اشاره شد این شاخص بیش از پنجاه سال پیش تعریف شده و تا زمان حاضر به عنوان یکی از پر مصرف ترین شاخص‌های استرس حرارتی در سراسر دنیا شناخته می‌شود. *(Budd, et al., 2007)* نتایج مطالعه نشان داد که میزان استرس گرمایی در کارگرانی که در معرض منابع گرمایی تابشی بودند، بیش تر از مقدار مجاز توصیه شده توسط استاندارد ACGIH بود. هم چنین نتایج نشان داد که مشکل اصلی در رابطه با گرمای تابشی مخصوصاً در ارتفاع سر و کمر بوده، از این رو به منظور بهبود شرایط، اقدامات کنترل گرمای تابشی از قبیل نصب سپر حرارتی و تغییر جهت منابع حرارتی توصیه شد. به نظر می‌رسد به منظور پیشگیری از بروز استرس گرمایی در صنایع فورج، حدود مجاز توصیه شده ACGIH باید به طور جدی‌تری دنبال شوند و کارگران تحت معاینات پزشکی دایم قرار گیرند. به منظور رساندن میزان گرما به حدود مجاز، می‌توان از کنترل‌های مدیریتی، مهندسی و یا لوازم حفاظت فردی بهره برد.

Archive of SID

www.SID.ir

تشکر و قدردانی

در پایـان بر خود واجـب می‌دانیم از مدیریت و کلیه پرسـنل محترم صنعت فورجینـگ به دلیل اطلاعات مفیدی کـه در اختیار این گروه پژوهشـی قـرار دادند و هم چنیـن از گروه ارگونومی دانشـگاه علوم بهزیسـتی و توان‌بخشـی که از این پروژه حمایـت کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم.

فهرست منابع

1. ACGIH, (2010). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices ACGIH Defining the Science of Occupational and Environmental Health, ACGIH, 200-218.

2. Brake, R.; Bates, G., (2002). A valid Methods for comparing Rational and Empirical Heat Stress indices, Annual occupational hygiene, 46(2), 165-174.

3. Budd, G.M., (2008). Wet-bulb globe temperature (WBGT) its history and its limitations, Journal of Science and Medicine in Sport., 11 (1), 20-32.

4. Gaspar, A.R.; Quintela, D.A., (2009). Physical modelling of globe and natural wet bulb temperatures to predict WBGT heat stress index in outdoor environments. International Journal of Biometeorology, 53(3), 221-230.

5. Golbabaei, F.; Omidvari, M., (2002). Man&Thermal Environment.3rd, ed.Tehran, Tehran University Publication, 292-322. (in Persian)

6. Haji Azimi, E.; Khavanin, A.; Aghajani, M.; Soleymanian, A., (2011). Heat stress measurement according to WBGT index in smelters. Journal of Military Medicine., 13 (2), 59-64. (in Persian)

7. Mohammadyan, M.; Sepehri, P., (2010). Design of cool spot and assessment of its effect on WBGT index among furnace workers' position in Shimi Madani industry in Hamadan. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences., 20 (76), 2-7. (in Persian)

8. Golmohammadi, R.; Hassani , M.; Zamanparvar , A.; Oliaei, M.; Aliabadi , M.; Mahdavi, S., (2006). Comparing the Heat Stress Index of HSI and WBGT in BakeryWorkplaces in Hamadan, Iran Occupational Health Journal., 3 (3-4), 46-51. (in Persian)

9. Hannani, M.; Motallebi Kashani, M.; Mousavi, S.G.A.; Bahrami, M.,(2004). Evaluation of workplaces heat stress for bakers in kashan city. Feyz., 8 (31), 25-29. (in Persian)

10. Hosseini, H.M.,(2011).Evaluation of Thermal Stress workers In a Tile Factory in 2010. 7th Occupational Health Congress. Qazvin, Iran,February16-18th. (in Persian)

11. Jalil, A.S.; Dor, Z.; Yahya, M.S.; Batcha, M.F., (2007). heat stress investigation on laundry workers analysis, International Conference on Ergonomics (ICE07), Kuala Lumpur, Malaysia.

12. Malchaire, J., (2004). International Standard For Determination Of Metabolic Rate ISO/FDIS 8996 Redacteur principal, ISO, 1-24.

13. Parker, R.D.R.; Pierce, F.D., (1984). Comparison Of Heat Stress Measuring Techniques In A Steel Mill, American Industrial Hygiene Assossition Journal, 45 (6), 405-415.

14. Parsons, K., (2006). Heat Stress Standard ISO 7243 and its Global Application, Industrial Health, 368-379.

15. Srivastavaf, A.; Kumarf, R.; Josephf, E.; Kumarj, A., (2000). Heat Exposure Study in the Workplace in a Glass Manufacturing Unit in India, Annual occupational hygiene, 44 (6), 449-453.

Archive of SID

www.SID.ir