مروری بر اثرات زیست محیطی صنایع فولادسازی و ریخته‌گری

سید امین ترابی [*۱،۱]، گیلدا شاه ناصری [۲]، رضوان صفدری [۳]، رسول توکلی [۴]

۱-دانشجوی کاردانی ایمنی کار و حفاظت فنی، دانشگاه علمی و کاربردی انتخاب، amintorabi1986@gmail.com

۲-دکتری علوم و محیط و مهندسی محیط‌زیست، مدرس دانشگاه علمی و کاربردی انتخاب، g.shahnaseri@na.iut.ac.ir

۳-دکتری علوم و مهندسی محیط‌زیست، مدرس دانشگاه علمی و کاربردی انتخاب، Rezvan.safdary@yahoo.com

۴-کارشناسی ارشد مهندسی صنایع-ایمنی صنعتی، مدرس دانشگاه علمی و کاربردی انتخاب، rasoul.tavakoli1363@gmail.com

خلاصه

صنعت فولاد و ریخته‌گری از صنایع کلیدی در توسعه اقتصادی کشورهاست، اما هم‌زمان اثرات زیست‌محیطی قابل‌توجهی بر هوا، آب، خاک و سلامت انسان دارد. این مقاله با هدف مرور و جمع‌بندی مطالعات انجام‌شده در ایران و جهان پیرامون پیامدهای زیست‌محیطی این صنعت تهیه شده است. جستجوی مقالات در پایگاه‌های داخلی و بین‌المللی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ با کلیدواژه‌های مرتبط با فولادسازی، ریخته‌گری و آلودگی محیط‌زیست انجام شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی شامل انتشار گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق در فرآیند ذوب، آلودگی پساب‌های صنعتی در واحد نورد، تولید پسماندهای جامد نظیر سرباره و ماسه‌های باطله و مواجهه شغلی کارکنان با مواد خطرناک مانند سیلیس و ترکیبات آلی فرار است. مرور مطالعات همچنین بیانگر ضعف در مدیریت پسماند، مصرف بالای انرژی و کمبود فناوری‌های سبز در صنایع فولاد ایران می‌باشد. در نتیجه‌گیری، ارتقای فناوری، بهبود سیستم‌های فیلتراسیون و غبارگیر، بازیافت پسماندها و توسعه سیاست‌های زیست‌محیطی، راهکارهای کلیدی برای کاهش اثرات منفی این صنعت و حرکت به سمت توسعه پایدار محسوب می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: ریخته‌گری، فولادسازی، پسماندهای صنعتی، آلودگی هوا، توسعه پایدار.

۱. مقدمه

امروزه با گسترش فعالیت‌های اقتصادی و رشد جمعیت، فشار بر منابع طبیعی افزایش‌یافته و بوم‌سازگان جهانی با بحران‌های جدیدی همچون گرمایش جهانی، باران‌های اسیدی، تغییرات آب و هوا، کاهش لایه اوزون و ذوب شدن یخچال‌های طبیعی مواجه شده است[۲-۱]. تجربه نشان داده است که صنعتی شدن بدون توجه به ملاحظات زیست‌محیطی نه‌تنها موجب توسعه اقتصادی پایدار نمی‌شود، بلکه در درازمدت خسارت‌های جبران‌ناپذیری به همراه خواهد داشت[۴-۳]. ازاین‌رو، سیاست‌گذاران کشورهای مختلف در سال‌های اخیر، علاوه بر اقدامات داخلی، ساماندهی آلودگی‌های صنعتی را در سطح بین‌المللی نیز دنبال کرده‌اند.

در میان صنایع مختلف، صنعت فولاد از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. تولید و مصرف فولاد یکی از شاخص‌های اصلی توسعه صنعتی به شمار می‌آید و در ایران نیز پس از صنایع نفت و گاز، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی مطرح است[۵]. بااین‌حال، صنایع فولاد و ریخته‌گری به دلیل مصرف بالای انرژی و مواد اولیه معدنی، در ردیف صنایع آلاینده قرار دارند. انتشار گازهای گلخانه‌ای، تولید پسماندهای جامد و پساب‌های صنعتی از مهم‌ترین پیامدهای این صنایع به شمار می‌رود.

صنایع فولاد و ریخته‌گری با مصرف گسترده سوخت‌های فسیلی و تولید آلاینده‌هایی همچون ذرات معلق، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد، منو کسید کربن و فلزات سنگین، سهم قابل‌توجهی در آلودگی هوا و تغییر اقلیم دارند. علاوه بر این، پساب‌های ناشی از فرآیندهای نورد و عملیات تکمیلی می‌توانند منجر به آلودگی منابع آب و خاک شوند. مدیریت ناکارآمد پسماندهای صنعتی نیز مشکلات زیست‌محیطی را تشدید می‌کند[۷-۶]. به‌طور مثال، در فرآیند ذوب، به ازای هر تن فولاد حدود ۱۰ کیلوگرم ذرات معلق منتشر می‌شود که در صورت فقدان تجهیزات غبارگیر، می‌تواند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان و محیط‌زیست داشته باشد[۶].

با توجه به جایگاه مهم فولاد در توسعه اقتصادی کشور و رشد سریع این صنعت در ایران طی دو دهه اخیر، بررسی و مرور پژوهش‌های انجام‌شده درزمینهٔ اثرات زیست‌محیطی آن ضروری است. هدف این مطالعه، مرور نظام‌مند پیامدهای زیست‌محیطی صنایع فولاد و ریخته‌گری با تمرکز بر آلودگی هوا، آب، خاک و مدیریت پسماند است. این مرور می‌تواند ضمن شناسایی مهم‌ترین چالش‌ها، راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی و حرکت به‌سوی توسعه پایدار ارائه دهد.

۲. مهم‌ترین پیامدهای زیست‌محیطی در واحدهای ریخته‌گری و فولادسازی

صنایع فولاد و ریخته‌گری با ماهیت انرژی‌بر و مواد محور خود، پیامدهای متعددی برای محیط‌زیست ایجاد می‌کنند. مهم‌ترین این پیامدها شامل آلودگی هوا، تولید پسماند جامد، آلودگی منابع آب و خاک و مواجهه شغلی کارکنان با عوامل زیان‌آور است. در ادامه مهم‌ترین منابع آلودگی معرفی می‌شوند.

۲-۱- واحدهای ذوب و ریخته‌گری و خنک کردن

در این مرحله مقادیر زیادی دود، مونوکسید کربن و اکسیدهای فلز منتشر می‌شود[۶].

آلودگی هوا و نحوه مدیریت آن در کارخانه آلاینده اصلی هوا در دود ناشی از کوره، ذرات معلق هستند. به‌طور متوسط به ازاء هر تن فولاد ۱۰ کیلوگرم مواد معلق با دامنه ۳۵-۵ کیلوگرم در تن بسته به ویژگی‌های کوره و کیفیت قراضه تولید می‌شود. بهترین نحوه‌ی مقابله با این آلودگی استفاده از سیستم غبارگیر می‌باشد، که نه‌تنها مانع از آلودگی محیط می‌شود بلکه غبار میکرونیزه حاوی عناصر ارزشمند و قابل‌استفاده مجدد و یا فروش را جمع‌آوری می‌نماید.

کوره‌های ذوب به میزان زیادی انرژی مصرف می‌کنند. میزان مصرف انرژی الکتریکی به ازای هر تن فولاد kwh ۷۰۱۱ تخمین زده‌شده است. همچنین در طی فرآیند ذوب، مقدار بالایی انرژی تلف می‌شود. همچنین به ضایعات نسوزکاری کوره هم می‌توان اشاره نمود[۸].

۲-۲- چسب‌ها و مواد شیمیایی

در تولید قالب و ماهیچه از چسب‌های شیمیایی و رزین‌ها استفاده می‌شود، که از منابع بزرگ آلوده‌کننده در صنعت ریخته‌گری، می‌باشد[۶]. به دلیل استفاده از رزین‌های آلی و چسب‌های شیمیایی، مقادیر کمی از HAP ها ازجمله بنزن را منتشر می‌کنند[۹].

۲-۳- سیلیس

سیلیس که از مواد اصلی آلوده‌کننده واحدهای ریخته‌گری است که در هوای محوطه کلیه مراحل تولید وجود دارد. مواد سیلیسی می‌توانند همراه با گردوغبار و بخارات منتشر شوند، این پدیده هم از ماسه قالب‌گیری و هم از چسب‌ها به وجود می‌آید. همچنین گرد غبار SiO_2 بسیار سرطان‌زا و مشکلات ریوی را برای کارگران به همراه دارد[۱۰-۹].

۲-۴- پسماندهای جامد

منابع اصلی مواد زائد جامد در واحد ذوب ناشی از خرسک، سرباره و شلاکه حاصل از فرآیند ذوب و ضایعات فلزی همچون سیستم‌های راهگاهی و احجام تغذیه گزاری در فرآیند قطعه‌ریزی می‌باشد. در صورت عدم مدیریت صحیح، این پسماندها منجر به آلودگی خاک و ایجاد تپه‌های زباله صنعتی می‌شوند.

۲-۵- واحد نورد گرم

آلودگی ناشی از نورد گرم در موارد آلودگی هوا، آلودگی آب و پسماندهای تولیدی مانند پوسته اکسیدی خشک و تر می‌باشد. پسماند و مواد زائد جامد حاصل از فرآیند نورد گرم درنتیجه آماده‌سازی سطح، کوتاه کردن لبه، لبه بری جوشکاری و تراشکاری و دفع نقایص متالورژیکی و هندسی می‌باشد. منبع انرژی گرمایی برای نورد معمولاً گاز طبیعی می‌باشد. فرآیندهای گرمایی مستقیم در کوره‌ها باعث افزایش انتشارات Co، Co_2، So_x و No_x و ذرات معلق می‌شود[۸]. استفاده از مواد شیمیایی و خطرناک در مراحل تولید، پسماندهای تولیدشده در طی مراحل مختلف، عدم مدیریت صحیح پسماند، ورود این پسماندها به محیط‌زیست و آلودگی‌های حرارتی ناشی از ورود مازاد آب گرم به منبع آبی نمونه دلایلی هستند که با طی نمودن مراحل مختلف باعث صدمه به آب می‌شوند[۱۱].

۳. محیط‌زیست

محیط‌زیست به همه محیط‌هایی که در آن‌ها زندگی جریان دارد گفته می‌شود. مجموعه‌ای از عوامل فیزیکی خارجی و موجودات زنده که باهم درکنش هستند، محیط‌زیست را تشکیل می‌دهند و بر رشد و نمو و رفتار موجودات تأثیر می‌گذارند. حفاظت محیط‌زیست در قرن بیست و یکم به‌عنوان یکی از هشت هدف توسعه هزاره و یکی از سه‌پایه‌ی توسعه‌ی پایدار شناخته می‌شود[۱۳-۱۲]. محیط‌زیست طبیعی عبارت ترکیبی از دانش‌های متفاوت در علم است. بحران محیط‌زیست که امروزه به یک مسئله جدی و قابل‌تأمل بدل شده حاصل دخالت و بهره‌وری نامعقول انسان از طبیعت پیرامون خود است که آن گستردگی و اهمیت موضوع، توجه دانشمندان را برای نجات آن برانگیخته است[۱۲].



شکل ۱: اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی بر زیست‌بوم

امروزه با گسترش فعالیت‌های اقتصادی، محدودیت‌های منابع طبیعی و توسعه جمعیت، بوم‌سازگان جهانی با بحران‌های جدیدی همچون گرمایش جهانی، باران‌های اسیدی، تغییرات آب‌وهوا، تقلیل لایه ازن، ذوب شدن یخچال‌های قطبی روبرو شده است[۲-۱]. با صنعتی شدن یک جامعه اگر به محیط‌زیست توجه نشود، نه‌تنها توسعه اقتصادی حاصل نخواهد شد، بلکه در درازمدت گرفتاری‌های زیادی به بار می‌آید که هزینه زیادی برای برطرف کردن مشکل باید صرف شود[۴-۳]. برنامه تولید محصولات دوستدار محیط‌زیست و استفاده از تکنولوژی سبز ازجمله اقداماتی است که برای بهبود این مشکلات صورت می‌پذیرد و بر این اساس تلاش‌ها در جهت کم کردن آلودگی محصولات برای محیط‌زیست می‌باشد[۱۴].

۴. مروری بر تحقیقات انجام‌شده

در پژوهشی که در خصوص حفظ و تعادل زیست‌محیطی به‌عنوان ارکان توسعه پایدار انجام گردیده بود، برخی از عوامل آلاینده آب‌وخاک کشاورزی، هوا و So_2/So_3، آب‌های شیرین، جنگل، مواد مصرفی و نیز انرژی برای تولید آهن و فولاد که در توسعه پایدار کشور مؤثر هستند، شناسایی و توابع عضویت آن‌ها بر اساس منطق شلال، بین صفر و یک تعریف‌شده بود. نتیجه بررسی نهایی اینکه توسعه پایدار تولید آهن و فولاد با شرایط سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۳، ممکن نبوده، زیرا اولاً شرایط زیست‌محیطی گازکربنیک هوا مناسب نیست، ثانیاً مقدار سرب در خاک کشاورزی زیاد است و درنهایت ضایعات زیادی در این صنعت نسبت به سایر کشورها تولید می‌شود. لذا برای افزایش درجه توسعه پایدار، بایستی به‌طور هم‌زمان در جهت کاهش تولید گازکربنیک و افزایش کاشت درختان اقدام نمود[۱۵].

در پژوهشی که با عنوان بررسی و تحلیل نقش صنایع فولاد در انتشار آلاینده‌های هوا و آلودگی هوای استان یزد و ارائه راهکارهای مدیریت زیست‌محیطی به انجام رسیده بود، نتایج نشان داد عمده آلاینده‌های هوای تولیدی صنایع فولاد، گازهای NO_X، SO_2، SO_3، CO، سولفید هیدروژن، اسید فلوئوریک، ذرات و گردوغبار می‌باشند. اهم آلودگی هوای ناشی از صنایع فولاد مربوط به واحد یا بخش ذوب می‌باشد. در صنایع موردمطالعه، پارامترهایی نظیر منو کسید کربن و ذرات معلق بیشتر از حد استانداردهای زیست‌محیطی و خطرناک می‌باشند. نتایج حاکی از تولید بالای گاز دی‌اکسید کربن نسبت به‌تمامی آلاینده‌های تولیدی داشت. درمجموع نتایج حاکی از میزان آلودگی بالای صنایع فولاد با توجه به حجم تولید بسیار زیاد این صنایع داشت. لازم به ذکر است که عمده‌ترین فعالیت‌های پیشگیری و کنترل در صنایع بر کاهش خروجی‌های فرآیند کک سازی، غبار کوره و اسیدهای مصرفی در فرآیند عملیات پایانی و نورد، متمرکز می‌باشد که اجرای برنامه‌های جلوگیری از آلودگی‌ها ممکن است متضمن صرف هزینه‌های سرمایه‌گذاری هنگفت باشد[۵].

در مقاله‌ای که به بررسی میزان انرژی و خسارت زیست‌محیطی در غبارگیرهای الکترواستاتیکی و کیسه‌ای در صنعت فولاد پرداخته بود، چنین بیان گردید که در صنعت، فولاد یکی از پرمصرف‌ترین میزان مصرف انرژی شناخته‌شده است. این مصرف زیاد مربوط به بخش‌های کوره‌های ذوب بوده و نتیجه آن آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌باشد. روند روبه‌زوال منابع طبیعی و انرژی‌های فسیلی و ذخایر گاز، پژوهشگران را واداشته تا در جهت کاهش مصرف انرژی در این صنعت گام بردارند. طبق بررسی انجام‌شده ایشان، بیشترین اثرات منفی مربوط به آلودگی هوا ناشی از فعالیت کوره‌های ذوب الکتریکی می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از محاسبات، شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی در جهت کاهش مصرف انرژی و بالطبع کاهش خسارت‌های محیط زیستی که در اثر مصرف انرژی صورت می‌گیرد، مجموع هزینه‌ها، انرژی و خسارت‌های محیط زیستی در غبارگیرهای کیسه‌ای پس از گذشت ۱۰ سال که دوره عمر کارکرد غبارگیرهای کیسه‌ای است بیش از دو برابر غبارگیرهای الکترواستاتیکی می‌باشد. همچنین با افزایش تناژ کوره‌ها میزان این هزینه‌ها نیز افزایش می‌یابد؛ بنابراین هرچقدر تناژ کوره‌های الکتریکی بیشتر شود، استفاده از غبارگیرهای الکترواستاتیکی مقرون به‌صرفه‌تر خواهد بود، زیرا علاوه بر کاهش هزینه، با کاهش مصرف برق عوارض تجمعی آلاینده‌های تولیدشده از نیروگاه‌ها و خسارت‌های زیست‌محیطی به‌صورت غیرخطی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر غبارگیرهای الکترواستاتیکی تولید گاز ازن می‌کنند و عوارضی که یک غبارگیر الکترواستاتیکی دارد به دلیل تولید ولتاژ، منجر به تولید ازن تروپوسفری شده و باعث اثرات زیان‌بار بر روی انسان‌ها، گیاهان و محیط‌زیست می‌شود. لذا اندازه‌گیری این گاز تأثیر به سزایی در انتخاب غبارگیرهای الکترواستاتیکی و کیسه‌ای دارد[۱۶].

در مقاله‌ای با عنوان بررسی اثرات زیست‌محیطی و کنترل آلاینده‌های ناشی از تولید محصولات فولادی بیان گردید که در صنعت فولاد به‌عنوان یکی از صنایع بنیادی کشور، پژوهش‌ها و سرمایه‌گذاری زیادی برای افزایش کیفیت محصولات تولیدی، کاهش آلودگی‌های محیط زیستی و نیز کاهش مصرف انرژی انجام‌گرفته است. آهن‌قراضه در کوره‌های الکتریکی القایی ذوب‌شده و پس از عملیات نورد گرم به محصولی نیم ساخته و نهایی تبدیل می‌گردد. از فرآیند و عملیات تکمیلی نورد سرد باکیفیت بالا به‌منظور ساخت نوارهای خیلی باریک، در ادامه عملیات نورد گرم اقدام می‌گردد. در این مرحله آب و روغن جهت خنک‌کاری و ایجاد شکل مطلوب به کار می‌رود. مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های مذکور، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، آلودگی آب و مصرف انرژی به همراه تولید مواد زائد می‌باشد[۱۷].

در مقاله‌ای با عنوان شناسایی استراتژی‌های کاهش آلودگی هوای شهر تهران در صنعت فولاد، چنین بیان گردیده بود که امروزه صنعت فولاد به‌عنوان صنعتی مادر و تعیین‌کننده، نشان‌دهنده پیشرفت و توسعه هر کشور است و رشد این صنعت در ایران نیز حاصل تلاش‌های پیوسته بخش‌های اقتصادی و صنعتی کشور بوده است. صنعت فولادسازی باید در کنار تولید، کاهش میزان آلاینده‌ها را نیز مورد توجه مستمر قرار دهد. استفاده از سیستم‌های جذب گردوغبار علاوه بر اینکه مواد آلاینده را تا سطح بسیار قابل قبولی کاهش می‌دهد، می‌تواند با جذب ذرات مفید گردوغبار و طی فرآیندهای لازم، موجب سودآوری نیز باشد. این سیستم‌ها در انواع مختلفی مانند بگ هاوس‌ها، اسکرابرها، ریورس و سیکلونی وجود دارند. صنایع فولاد، به‌عنوان تولیدکنندگان محصولات فولادی استاندارد، با اتخاذ استراتژی تولید سبز، نسبت به حفظ سلامت نیروی انسانی شاغل، کاهش میزان آلودگی‌ها از طریق احداث کارخانه جذب گردوغبار و تلاش برای حفظ محیط‌زیست باید اقدامات ویژه‌ای داشته باشند که تدوین استراتژی‌های مناسب از این اقدامات می‌باشند[۱۸].

در پژوهشی که به بررسی اثرات زیست‌محیطی ماسه‌های باطله و فرآیند بازیافت ماسه جهت حل این معضل در شرکت ریخته‌گری آلومینیم ایران‌خودرو پرداخته‌شده بود، به معضل این کارخانه یعنی ورود روزانه ۳۰ تن ماسه ریخته‌گری نو جهت انجام فرآیند تولید ماهیچه‌ها و درنتیجه ایجاد ضایعات ماسه باطله که به‌صورت انباشته در محوطه کارخانه به تپه‌هایی از ماسه دپو شده تبدیل گردیده و منجر به معضلات زیست‌محیطی و بروز اشکال در فضای آزاد جهت هرگونه بهره‌برداری عمرانی گردیده بود. با اجرای پروسه طراحی، ساخت و راه‌اندازی دستگاه‌های فرآیند بازیافت جهت استفاده مجدد از ماسه‌های باطله برای تولید ماهیچه و استفاده از آن‌ها در خطوط ریخته‌گری به‌عنوان راهکار مطلوب اقدام گردید. نکته مهم آنکه گازهای خروجی از ماسه‌های حاصل از فرآیند بازیافتی مورد تائید اداره محیط‌زیست قرارگرفته بود و پارامترهای کیفی ماسه بازیافتی نشان از مطابقت کامل با ماسه‌های استخراج‌شده از معادن داشت[۱۹].

در پژوهشی که به ارزیابی آثار زیست محیطی کارخانه ذوب آهن اصفهان و راه‌کارهای پیشگیرانه آن پرداخته بود، چنین بیان گردید که، کارخانه ذوب آهن اصفهان به عنوان یکی از صنایع بزرگ مصرف کننده انرژی در جهان شناخته می‌شود. لذا موازنه اخلاقی سود و زیان و ارزیابی خطرات و آسیب‌های زیست محیطی آن، زمینه توسعه اقتصادی و اجتماعی را به نحو چشم‌گیری فراهم می‌آورد. در مطالعه انجام شده ابتدا وضعیت کارخانه از جهت رعایت اصول زیست محیطی مورد امتیاز دهی قرار گرفت، سپس آثار و آسیب‌های زیست محیطی ارزیابی و توصیه‌های کاربردی در جهت پیشگیری از آثار مخرب آن ارائه شده بود. یافته‌ها حاکی از آلودگی آب‌وخاک ناشی از پسماندهای فاضلاب و پساب‌های کارخانه، آلودگی هوای ناشی از دود کارخانه و آلودگی صوتی به عنوان مهترین آسیب‌ها و آثار مخرب زیست محیطی بود. بیشترین آلایندگی مربوط به آلودگی هوا و کمترین آلایندگی به آلودگی خاک اختصاص داشت. همچنین میزان آلایندگی فیزیکی و بیولوژیکی کارخانه به ویژه در سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۷ نسبت به منافع حاصل از این کارخانه، از جنبه اقتصادی و اجتماعی بسیار بیشتر گزارش گردیده

بود. نتیجه‌گیری نهایی بیان می‌داشت که نظر به آثار زیان‌بار زیست‌محیطی شناسایی شده، رعایت اصول استاندارد مدیریت پسماند و تصفیه فاضلاب صنعتی و بهره‌گیری از علوم و فناوری‌های جدید در تولید، به منظور پیشگیری از بروز آسیب و وقوع جرائم زیست محیطی توصیه می‌شود[۲۰].

در پژوهشی که نگارندگان مقاله در آن به بررسی جایگاه و نقش نظام یکپارچه HSE در صنایع ریخته‌گری به عنوان یکی از صنایع مادر و پیشرو پرداخته بودند، بر لزوم اجرای سیستم مدیریتی قوی و کارآمد به منظور فرهنگ‌سازی صحیح در زمینه بهداشت، ایمنی و محیط زیست(HSE) تاکید شده بود. در زمینه محیط زیست، چنین بیان گردیده بود که متاسفانه در وضعیت مطلوبی نبوده و نیستیم و با روندکنونی و کمبود بارش‌ها و خشک سالی‌های اخیر نیز بر این نابسامانی محیط زیستی افزوده خواهد شد. نبود تجهیزات به روز شده جهت تصفیه و جمع‌آوری گرد و غبار و فیوم‌های حاصل از عملیات تولید مذاب، تولید پساب‌های صنعتی ناشی از عملیات نورد فولادها و نیز اسیدشویی ورق‌های فولادی، تولید سرباره، غبار و دوده در حجم زیاد که در حال حاضر بیشتر آن‌ها در محیط زیست دپو شده و علاوه بر آلودگی خاک محوطه دپو، در هنگام وزش باد و طوفان با گستردگی شدید غبارات سمی و مضر در ناحیه مواجه هستیم و در آخر آلودگی انسانی، یعنی ظروف پلاستیکی حاصل از مصرف روزانه غذای پرسنل، آن هم در حجمی عظیم و غیر قابل تصور که عدم بازیافت آن‌ها نابودی هر چه سریعتر محیط زیست را به همراه خواهد داشت. نتیجه گیری نهایی چنین بیان گردیده بود، که مراتب لزوم اجرای سیستم مدیریتی قوی و کارآمد به منظور فرهنگ‌سازی صحیح در زمینه بهداشت، ایمنی و محیط زیست(HSE) را به همراه دارد[۲۱].

۵. تجربیات نگارندگان

بر اساس داده‌ها و مشاهدات میدانی نگارندگان در واحدهای صنعتی مختلف ایران، چند نکته عملی درباره اثرات زیست‌محیطی صنایع فولاد و ریخته‌گری قابل‌توجه است:

۵-۱- کنترل آلودگی هوا در کوره‌های ذوب

مطالعات میدانی نشان داد نصب و بهره‌برداری از غبارگیرهای الکترواستاتیکی باعث کاهش قابل‌توجه ذرات معلق و آلاینده‌های ناشی از کوره‌های ذوب شد. با این حال، افزایش تولید گاز ازن در این سیستم‌ها نیازمند نظارت دقیق و تنظیم بهینه بود تا اثرات جانبی محیط‌زیستی کنترل شود.

۵-۲- مدیریت پساب و آلودگی آب

در واحدهای نورد گرم و ریخته‌گری مشاهده شد که جمع‌آوری و تصفیه پساب‌ها پیش از ورود به شبکه‌های آبیاری صنعتی، می‌تواند غلظت فلزات سنگین و اسیدها را به سطح استاندارد کاهش دهد. این اقدام علاوه بر حفاظت از منابع آبی، با کاهش خطرات محیط‌زیستی، هزینه‌های نظارت و جریمه‌های زیست‌محیطی را نیز کاهش می‌دهد.

۵-۳- بازیافت پسماند ریخته‌گری

تجربیات میدانی نشان داد که بازیافت ماسه‌های باطله نه‌تنها کیفیت ماسه‌های تولیدی را مطابق استانداردها حفظ می‌کند، بلکه هزینه‌های دپوی پسماند را کاهش داده و فشار زیست‌محیطی ناشی از انباشت ضایعات را کم می‌کند.

۵-۴- بهینه‌سازی مصرف انرژی

مشاهدات عملی در نیروگاه‌های صنعتی مرتبط با فولاد نشان داد که انتخاب فناوری‌های بهینه برای سیستم‌های جمع‌آوری آلاینده‌ها و غبارگیرها، علاوه بر کاهش انتشار آلاینده‌ها، مصرف انرژی و هزینه‌های عملیاتی را نیز کاهش می‌دهد. این یافته اهمیت ارزیابی هم‌زمان کارآیی محیط‌زیستی و اقتصادی فناوری‌ها را برجسته می‌کند.

۵-۵- استراتژی‌های کاهش آلاینده‌ها و توسعه پایدار

نگارندگان تأکید می‌کنند که ادغام فناوری‌های جذب گردوغبار با برنامه‌های بازیافت و مدیریت منابع آب می‌تواند هم‌زمان به کاهش آلاینده‌ها و ارتقای سودآوری صنعتی کمک کند. این تجربه عملی، نیاز به تدوین سیاست‌های محیط‌زیستی جامع و توسعه فناوری‌های سبز در صنایع فولاد را نشان می‌دهد.

۶. نتیجه‌گیری

مشاهدات میدانی و داده‌های عملی در واحدهای مختلف صنایع فولادسازی و ریخته‌گری نشان می‌دهد که به‌کارگیری فناوری‌های بهینه و سیستم‌های مدیریتی مؤثر، نقش قابل‌توجهی در کاهش اثرات زیست‌محیطی این صنایع دارد. بهره‌گیری از تجهیزات باراندمان بالای مصرف انرژی و سیستم‌های جمع‌آوری ذرات معلق و آلاینده‌های گازی، انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد. علاوه بر این، مدیریت پساب‌های ناشی از فرآیندهای نورد گرم و ریخته‌گری از طریق تصفیه دقیق و کنترل ترکیبات فلزی و اسیدی، فشار بر منابع آب سطحی و زیرزمینی را کاهش می‌دهد و سطح آلایندگی را به استانداردهای محیط‌زیستی نزدیک می‌سازد.

بازیافت پسماندهای ریخته‌گری، به‌ویژه ماسه‌های باطله، ضمن حفظ کیفیت مواد بازیافتی، حجم دپوهای صنعتی را کاهش داده و استفاده بهینه از منابع را افزایش می‌دهد. ترکیب فناوری‌های جذب آلاینده، مدیریت پساب و بازیافت پسماند، همراه با آموزش کارکنان درزمینهٔ محیط‌زیست، موجب ارتقای کارآیی سیستم‌های زیست‌محیطی و پایداری بلندمدت صنایع فولادسازی و ریخته‌گری می‌شود. این تجربیات عملی نشان می‌دهد که توسعه فناوری‌های سبز و مدیریت جامع منابع، می‌تواند اثرات مخرب صنعتی را کاهش دهد و هم‌زمان به بهبود بهره‌وری اقتصادی و افزایش کارآیی عملیاتی منجر شود.

مراجع

1. Botas, JA. Moreno, J. Espada, JJ. Serrano, DP. Dufour, J., (2017), “Recycling of used lubricating oil: Evaluation of environmental and energy performance by LCA”, Resources, Conservation and Recycling.
2. Thannimalay, L. Yusoff, S., (2014), “Comparative analysis of environmental evaluation of LAS and MES in detergent A Malaysian case study”, World Applied Sciences Journal,.

۳. خودی، م. موسوی،م.ج .،(۱۳۸۸)،"ارزیابی چرخه حیات فناوری های تولید برق با رویکرد کاهش انتشارگازهای گلخانه ای"، هفتمین همایش ملی انرژی، تهران، ایران.

۴. کرمی، م. فرزادکیا، م. جنیدی، ا. گوهری، م.ر.کریمایی، م.،(۱۳۸۸)،" بررسی مدیریت پسماندهای صنعتی صنایع حدفاصل تهران تا کرج"، مجله سلامت و محیط، دوره چهارم، شماره چهارم، ۵۱۸-۵۰۷.

۵. اندرواژ، ل.، زارعی محمدآبادی، ه.، معینی پور، ف.،(۱۳۹۱) ،" بررسی و تحلیل نقش صنایع فولاد در انتشار آلاینده‌های هوا در استان یزد و ارائه راهکارهای مدیریت زیست محیطی"، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیطزیست، تهران، ایران.

۶. راهنمای بهداشت حرفه‌ای در ریخته‌گری، (۱۳۹۱)،" الزامات، دستورالعمل‌ها و رهنمودهای تخصصی مرکز سلامت محیط کار"، مرکز سلامت محیط کار-پژوهشکده محیط زیست، تابستان، ایران.

۷. عمرانی،م.ویس،ف.، (۱۳۹۱)،"کاهش مصرف انرژی در کوره پخت و پیش گرم قالب در فرآیند ریخته‌گری دقیق"، دومین همایش و نمایشگاه مشعل و کوره های صنعتی، تهران، ایران.

۸. اسلامی فرد، ع.،(۱۳۹۹)،" کنترل آلودگی ذوب آهن و روش های متداول برای محافظت از محیط زیست"، دومین کنفرانس علمی پژوهشی مکانیک، برق، کامپیوتر و علوم مهندسی، موناکو-فرانسه.

9. Joshi, D. Yashwant Modi, a., Ravi,B. 2011, “EVALUATING ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SAND CAST PRODUCTS USING LIFE CYCLE ASSESSMENT”, Research into design, 551-558.

۱۰. رضایان، س. مسعودی،م. جوزی، س،ع.،(۱۳۹۵)،"بررسی اثرات محیط زیستی صنایع چدن با استفاده از روش‌های TOPSIS و TOPSIS فازی"، نشریه علمی پژوهشی مهندسی معدن، دوره یازدهم، شماره ۳۰، بهار،۹۲-۷۹.

۱۱. مرتضوی، ش. رحمانی، ا.،(۱۳۹۵)،" نقش صنایع در بحران آب"، دومین کنفرانس ملی علوم و مدیریت محیط زیست، اردبیل، ایران.

۱۲. اسماعیلی،م.، (۱۴۰۰)، "محیط زیست و حفاظت از آن"، چهارمین کنفرانس بین المللی و پنجمین کنفرانس ملی عمران، معماری، هنر و طراحی شهری، تبریز، ایران.

۱۳. میرسعیدی، ف، (۱۳۹۲)،"کاربرد مدیریت HSE در صنعت ریخته‌گری"، ششمین همایش فرامنطقه‌ای پیشرفت‌های نوین در علوم مهندسی، تنکابن، ایران.
۱۴. محمدی، الف. میرکریمی، ح. محمدزاده،م.، (۱۳۹۷)،"کاربرد ارزیابی چرخه‌ی حیات در بررسی آثار محیط زیستی محصولات"، فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره۴۷.
۱۵. وحدت، س.ا.،توحیدی، ن.، (۱۳۸۸)،"توسعه پایدار تولید آهن و فولاد در ایران از جنبه زیست محیطی با استفاده از منطق شلال"، مجله محیط شناسی، سال سی و پنجم، شماره ۵۰.
۱۶. جعفری فشارکی، پ.،(۱۳۹۱)،" بررسی میزان انرژی و خسارات زیست محیطی درغبارگیرهای الکترواستاتیکی و کیسه‌ای در صنعت فولاد"، سومین همایش ملی تهویه و بهداشت صنعتی،تهران،ایران.
۱۷. ابدین‌زاده، ن.، روانبخش، م.،(۱۳۸۹)،" بررسی اثرات زیست محیطی و کنترل آلاینده های ناشی از تولید محصولات فولادی"، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران،ایران.
۱۸. شیخ حسنی، ا.،(۱۳۹۸)،" شناسایی استراتژی‌های کاهش آلودگی هوای شهر تهران در صنعت فولاد"، ششمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری،عمران، محیط زیست،خراسان شمالی-شیروان،ایران.
۱۹. صفری،خ.، مرادلو، م.، صمدزاده رجایی، ر.، ایمانی،ا.، (۱۴۰۲)، "اثرات زیست محیطی ماسه های باطله و فرآیند بازیافت ماسه جهت حل معضل در شرکت ریخته گری آلومینیم ایران خودرو"، نهمین کنفرانس بین المللی مهندسی شیمی، نفت و محیط زیست، تهران، ایران.
۲۰. کشکولیان، ا.، شیخ الاسلامی، ع.، نقوی، م.، (۱۳۹۸)،"ارزیابی آثار زیست محیطی کارخانه ذوب آهن و راهکارهای پیشگیرانه: یک مطالعه موردی"، مجله اخلاق زیستی، دوره نهم، شماره۳۳، ۶۳-۵۵.
۲۱. ترابی، س.ا.، صفدری، ر.، شاه ناصری، گ.،(۱۴۰۴)،" مروری بر مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست در صنایع ریخته‌گری"، نهمین کنفرانس بین المللی ایمنی و بهداشت، تهران، ایران.