یادداشت



صنعت ریخته‌گری چالش‌ها و موانع ساختاری

وحید آقازاده
فعال صنعت ریخته‌گری

ریخته‌گری به عنوان یکی از کهن‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین فنون تبدیل مواد، فرآیند شکل‌دهی به فلزات و آلیاژها از طریق ذوب، ریزش مذاب درون قالب‌های از پیش ساخته شده و انجماد کنترل شده آن‌هاست. در ادبیات توسعه صنعتی، صنعت ریخته‌گری به عنوان «قلب تپنده» یا «ستون فقرات» بخش تولید شناخته می‌شود؛ چرا که هیچ صنعت پیشرفته‌ای نظیر خودروسازی، نفت، گاز، پتروشیمی، راه‌آهن، ماشین‌سازی، هوافضا و صنایع دفاعی قادر نیست بدون اتکا به قطعات ریخته‌گری شده با کیفیت، چرخه فعالیت خود را تکمیل کند. اهمیت صنعت ریخته‌گری تا بدانجاست که میزان توسعه‌یافتگی و ضریب نفوذ فناوری در واحدهای ریخته‌گری یک کشور، شاخصی قابل اتکا برای سنجش سطح صنعتی شدن و استقلال اقتصادی آن به شمار می‌رود. جمهوری اسلامی ایران با در اختیار داشتن ذخایر عظیم معدنی از جمله معادن بزرگ سنگ‌آهن، مس، روی، سرب و آلومینیوم و دسترسی به منابع انرژی، از پتانسیل‌های بالقوه بی‌نظیری برای تبدیل شدن به قطب ریخته‌گری منطقه برخوردار است. با این وجود، بررسی ساختار عملیاتی این صنعت نشان می‌دهد که زنجیره ارزش تولید قطعات ریخته‌گری در کشور به شدت از هم گسیخته بوده و موانع ساختاری عمیقی مانع از شکوفایی واقعی ظرفیت‌ها شده است. صنعت ریخته‌گری ایران طیف متراکمی از کارگاه‌های سنتی و زیرپله‌ای تا مجتمع‌های بزرگ صنعتی مجهز را در بر می‌گیرد. با این حال، بدنه اصلی این صنعت از عارضه‌های ساختاری رنج می‌برد که در پنج محور اصلی قابل دسته‌بندی است. یکی از بارزترین آسیب‌های صنعت ریخته‌گری کشور، بالا بودن عمر متوسط تجهیزات و ماشین‌آلات خطوط تولید است. بسیاری از واحدهای کوچک و متوسط (SMEs) همچنان از کوره‌های غیربهینه (سوخت فسیلی یا کوره‌های القایی قدیمی با راندمان پایین)، سیستم‌های قالب‌گیری دستی و سنتی ماسه‌تر، و تجهیزات فاقد کنترل دقیق دما استفاده می‌کنند. پیامدها: این فناوری‌های کهنه موجب افت شدید کیفیت متالورژیکی قطعات، ایجاد حفره‌های گازی، مک‌رها، ناپیوستگی‌های ساختاری، افزایش نرخ ضایعات (که در برخی واحدهای سنتی به بیش از ۱۵ تا ۲۵ درصد می‌رسد) و مصرف بی‌رویه انرژی شده است. اگرچه ایران خود صادرکننده مواد معدنی اولیه است، اما واحدهای ریخته‌گری برای تهیه مواد مصرفی استاندارد با موانع جدی روبه‌رو هستند. قراضه‌های فلزی و آلیاژی نامرغوب: کیفیت پایین قراضه‌های آهن و فولاد جمع‌آوری‌شده در بازار داخلی، عدم آنالیز دقیق ترکیبات شیمیایی پیش از شارژ کوره‌ها و حضور ناخالصی‌های خطرناک نظیر روی، مس و فسفر، کیفیت مذاب را به‌شدت تخریب می‌کند. کمبود مواد کمکی مرغوب: فروآلیاژها، نسوزهای باکیفیت بالا، رزین‌ها و چسب‌های شیمیایی قالب‌گیری استاندارد غالباً با قیمت‌های نجومی از بازارهای سیاه یا از طریق واسطه‌ها تأمین می‌شوند که به شدت قیمت تمام‌شده قطعات را افزایش می‌دهد. صنعت ریخته‌گری به دلیل ماهیت حرارتی فرآیند ذوب (که نیازمند توان الکتریکی بالا در کوره‌های القایی و احتراق مداوم مشعل‌های گازسوز است) یکی از انرژی‌برترین صنایع کشور محسوب می‌شود. شوک‌های ناترازی شبکه: در فصل تابستان با قطعی‌های مکرر برق و در فصل زمستان با محدودیت شدید و قطعی گاز مواجه هستیم. این قطع ناگهانی انرژی علاوه بر متوقف کردن خطوط تولید، شوک‌های حرارتی بسیار شدیدی به آستر نسوز کوره‌ها وارد کرده و موجب تخریب زودهنگام تجهیزات گران‌قیمت ذوب، انجماد مذاب درون بوته‌ها و خسارت‌های مالی سنگین می‌شود. ریخته‌گری به عنوان مشاغلی سخت، زیان‌آور، پرمخاطره و توأم با شرایط کاری دشوار شناخته می‌شود به عنوان مثال چالش‌های نیروی انسانی: در سال‌های اخیر به دلیل عدم تناسب دستمزدها با سختی کار و جذابیت پایین مشاغل صنعتی برای نسل جوان، انگیزه ورود به این حوزه کاهش یافته است. از سوی دیگر، نظام آموزش عالی کشور نتوانسته پیوند عملیاتی و کارآمدی میان تئوری‌های دانشگاهی و مهارت‌های کارگاهی ایجاد کند. کمبود تکنسین‌های خبره، قالب‌سازان متبحر و مهندسین متالورژی آشنا با تکنولوژی‌های نوین ریخته‌گری، به گلوگاهی جدی تبدیل شده است. تحریم‌های اقتصادی ظالمانه دسترسی مستقیم صنعت ریخته‌گری ایران را به فناوری‌های لبه‌ی تکنولوژی دنیا محدود کرده است. از این رو عدم امکان واردات کوره‌های القایی نسل جدید با راندمان بالا، تجهیزات پیشرفته تست غیرمخرب (NDT) برای کنترل کیفی قطعات حساس، و محرومیت از لایسنس نرم‌افزارهای پیشرفته به‌روز شبیه‌سازی انجماد و جریان سیال، شکاف فناورانه میان صنعت ریخته‌گری ایران و استانداردهای جهانی را عمیق‌تر کرده است. فرآیندهای ریخته‌گری ذاتاً با آلایندگی‌های زیست‌محیطی وسیعی همراه هستند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. آلودگی هوا و خاک: انتشار گازهای گلخانه‌ای، دودهای ناشی از تبخیر چسب‌ها و رزین‌ها در قالب‌سازی (مانند رزین‌های فنولیک و فوران)، و گردوغبار سیلیس آزادشده در بخش آماده‌سازی ماسه که خطرات جدی ریوی نظیر سیلیکوزیس را برای کارگران به همراه دارد. پساب‌های صنعتی: آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی ناشی از پساب‌های حاوی فلزات سنگین در بخش‌های خنک‌کاری و شستشوی قطعات. ایمنی کار: خطرات ناشی از پاشش مذاب، حوادث ناشی از جابجایی بارهای سنگین و کار در مجاورت کوره‌های با دمای بالا که لزوم بازنگری جدی در استانداردهای HSE کارگاه‌ها را ایجاب می‌کند. علیرغم تمامی موانع ساختاری، این صنعت به دلیل پیوندهای پیشین و پسین عمیق با اقتصاد ملی، راهی جز حرکت به سوی تحول دیجیتال و مدرنیزاسیون ندارد. آینده و چشم‌انداز ریخته‌گری ایران بر پایه محورهای زیر قابل ترسیم است. استفاده فزاینده از ابزارهای مهندسی به کمک کامپیوتر (CAE) نظیر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی ریخته‌گری (مانند ProCAST و MAGMASoft) برای مدل‌سازی رفتار جریان مذاب و انجماد، به تدریج از یک گزینه لوکس به یک ضرورت فنی برای کاهش ضایعات تبدیل می‌شود. واحدهای پیشرو در حال حرکت به سمت اتوماسیون خطوط قالب‌گیری و کنترل هوشمند پارامترهای ذوب هستند. با تحولات جهانی صنعت خودرو به سمت خودروهای الکتریکی (EVs) و لزوم کاهش مصرف سوخت و آلایندگی، تقاضا برای قطعات آلومینیومی و منیزیمی با جدار نازک و تلرانس‌های بالا افزایش یافته است. چشم‌انداز بازار به سوی توسعه فناوری‌های ریخته‌گری دقیق (دایکست، ریخته‌گری تحت فشار و پوسته‌ای) جهت‌گیری کرده است. کشورهای همسایه نظیر عراق، سوریه، افغانستان، کشورهای آسیای میانه و برخی بازارهای هدف منطقه‌ای، زیرساخت‌های صنعتی محدودی برای تولید قطعات سنگین و نیمه‌سنگین دارند. ایران می‌تواند با بهره‌گیری از مزیت نسبی دانش فنی انباشته بومی، مهندسی معکوس قوی و دسترسی به نیروی کار، به صادرکننده اصلی قطعات ریخته‌گری در غرب آسیا تبدیل شود. تمرکززدایی از کارگاه‌های آلاینده شهری و استقرار آن‌ها در شهرک‌های صنعتی تخصصی مجهز به زیرساخت‌های متمرکز (از جمله تصفیه‌خانه‌های مرکزی پساب، پست‌های اختصاصی برق پایدار، آزمایشگاه‌های مرجع متالورژی و مراکز بازیافت ماسه)، کلید نجات واحدهای کوچک از چالش‌های زیرساختی است. صنعت ریخته‌گری ایران در یک دوراهی سرنوشت‌ساز میان سنت و مدرنیزاسیون قرار گرفته است. تداوم شیوه‌های سنتی تولید دیگر پاسخگوی نیازهای پیچیده صنایع پیشرفته نخواهد بود. برای عبور از بحران‌های موجود و تحقق چشم‌اندازی پویا، اتخاذ راهبردهای زیر ضرورت نام دارد:

حمایت هدفمند دولتی از نوسازی ماشین‌آلات فرسوده کارگاه‌های کوچک و متوسط از طریق اعطای تسهیلات کم‌بهره ارزی و ریالی.

تضمین پایداری تأمین انرژی صنایع ریخته‌گری در پیک مصرف تابستان و زمستان جهت جلوگیری از خسارت‌های سنگین تجهیزاتی.

تقویت پیوند صنعت و دانشگاه به منظور تربیت نیروی انسانی متخصص و تکنسین‌های کارآمد متناسب با نیازهای خطوط تولید نوین.

تدوین و سخت‌گیری در اجرای قوانین زیست‌محیطی توأم با ارائه بسته‌های تشویقی برای نصب سیستم‌های فیلتراسیون پیشرفته و بازیافت مواد مصرفی.

با هم‌افزایی اراده حاکمیتی در سیاست‌گذاری کلان صنعتی و پویایی بخش خصوصی، صنعت ریخته‌گری ایران می‌تواند ضمن غلبه بر چالش‌های ساختاری، جایگاه واقعی خود را به عنوان لوکوموتیو توسعه صنعتی کشور بازیابد.

در گفت‌وگو با کارشناسان، الزامات تازه جذب سرمایه در بخش معدن را بررسی کرد

معدن سبز؛ مزیت رقابتی تازه در بازار جهانی



گروه معدن
editor@smtnews.ir

سرمایه‌گذاری در بخش معدن دیگر صرفاً بر پایه میزان ذخایر، ظرفیت استخراج و نرخ بازگشت سرمایه شکل نمی‌گیرد. تغییر معیارهای تأمین مالی در جهان و سخت‌گیرانه‌تر شدن الزامات زیست‌محیطی باعث شده است پایداری، کاهش انتشار کربن، مدیریت منابع آب و انرژی و مسئولیت‌پذیری شرکت‌ها به مؤلفه‌های تعیین‌کننده در ارزیابی پروژه‌های معدنی تبدیل شوند. در چنین شرایطی، معدنکاری سبز نه‌تنها ضرورتی برای حفاظت از محیط‌زیست، بلکه عاملی مؤثر در افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و تقویت توان رقابتی معادن در جذب سرمایه است.

ایران با وجود برخورداری از ذخایر متنوع معدنی، برای حضور مؤثرتر در بازارهای جهانی و جذب سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی، ناگزیر است خود را با این تحولات هماهنگ کند. اما گذار به معدنکاری پایدار به چه زیرساخت‌ها، فناوری‌ها و سیاست‌های حمایتی نیاز دارد و چگونه می‌توان میان سودآوری اقتصادی و حفاظت از منابع طبیعی تعادل برقرار کرد؟ صمت در گفت‌وگو با حمیدرضا قانعی، کارشناس ارشد توسعه پایدار و صنایع معدنی، و مهندس آرش نادری، کارشناس ارشد محیط‌زیست معدنی، الزامات سرمایه‌گذاری سبز و فرصت‌های پیش‌روی معدنکاری ایران را بررسی کرده است.

سرمایه‌گذاری سبز؛ مسیر تازه معدنکاری ایران



حمیدرضا قانعی، کارشناس ارشد محیط‌زیست معدنی، در گفت‌وگو با صمت معتقد است آینده سرمایه‌گذاری در بخش معدن دیگر تنها به میزان ذخایر معدنی یا سودآوری پروژه‌ها وابسته نیست، بلکه شاخص‌های زیست‌محیطی و پایداری به یکی از مهم‌ترین معیارهای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی تبدیل شده‌اند. به گفته او، معادنی که نتوانند خود را با الزامات توسعه پایدار و استانداردهای جهانی محیط‌زیست هماهنگ کنند، در آینده با محدودیت‌های بیشتری برای جذب سرمایه، صادرات و همکاری‌های بین‌المللی روبه‌رو خواهند شد. قانعی با اشاره به تغییر نگاه سرمایه‌گذاران جهانی اظهار کرد: در دهه‌های گذشته، سرمایه‌گذار تنها به نرخ بازگشت سرمایه و حجم ذخیره معدنی توجه می‌کرد، اما امروز موضوعاتی مانند مصرف انرژی، میزان انتشار کربن، مدیریت آب، بازسازی معادن و مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها نیز در ارزیابی پروژه‌ها نقش تعیین‌کننده دارند. بسیاری از صندوق‌های سرمایه‌گذاری بین‌المللی حتی بدون بررسی شاخص‌های محیط‌زیستی حاضر به ورود به پروژه‌های معدنی نیستند. وی افزود: مفهوم «سرمایه‌گذاری سبز» به معنای کاهش فعالیت معدنی نیست، بلکه هدف آن تولید ثروت همراه با حفاظت از منابع طبیعی است. اگر معدنکاری بتواند با فناوری‌های نوین، مصرف انرژی و آب را کاهش دهد و آثار زیست‌محیطی خود را کنترل کند، نه‌تنها مانعی برای سرمایه‌گذاری ایجاد نمی‌شود، بلکه جذابیت پروژه نیز افزایش خواهد یافت. این کارشناس ارشد محیط‌زیست معدنی با بیان اینکه بازار جهانی مواد معدنی نیز در حال تغییر است، گفت: بسیاری از صنایع بزرگ جهان امروز مواد اولیه خود را از معادنی خریداری می‌کنند که استانداردهای محیط‌زیستی مشخصی را رعایت کرده باشند. به همین دلیل، داشتن گواهینامه‌های زیست‌محیطی و رعایت معیارهای بین‌المللی، به یک مزیت رقابتی تبدیل شده است.

وی ادامه داد: اگرچه ایران از نظر ذخایر معدنی جزو کشورهای غنی دنیا محسوب می‌شود، اما برای حفظ جایگاه خود در بازارهای جهانی باید همگام با این تغییرات حرکت کند. صرف داشتن منابع طبیعی دیگر برای جذب سرمایه کافی نیست؛ کیفیت مدیریت پروژه‌ها نیز اهمیت دارد. قانعی با اشاره به نگاه سرمایه‌گذاران خارجی اظهار کرد: سرمایه‌گذار همواره به دنبال کاهش ریسک است. پروژه‌ای که از ابتدا مطالعات زیست‌محیطی دقیقی داشته باشد، برنامه مشخصی برای مدیریت پسماند، مصرف آب و احیای معدن ارائه دهد، از دید سرمایه‌گذار پروژه‌ای مطمئن‌تر محسوب می‌شود. وی افزود: در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، هزینه‌های زیست‌محیطی از همان مرحله طراحی پروژه محاسبه می‌شود و هیچ سرمایه‌گذاری بدون پیش‌بینی این هزینه‌ها آغاز نمی‌شود. این رویکرد موجب شده اختلاف میان توسعه اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست تا حد زیادی کاهش یابد. این کارشناس حوزه معدن با رد این تصور که رعایت الزامات محیط‌زیستی تنها هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد، گفت: تجربه جهانی خلاف این موضوع را ثابت کرده است. بسیاری از فناوری‌های سبز اگرچه در ابتدا سرمایه‌گذاری بیشتری نیاز دارند، اما در بلندمدت موجب کاهش مصرف انرژی، آب، مواد اولیه و حتی هزینه‌های تعمیرات می‌شوند. وی ادامه داد: برای مثال استفاده از تجهیزات کم‌مصرف، سیستم‌های هوشمند کنترل انرژی، بازچرخانی آب یا بازیابی مواد معدنی از باطله‌ها، علاوه بر کاهش فشار بر محیط‌زیست، سودآوری واحد معدنی را نیز افزایش می‌دهد. بنابراین سرمایه‌گذاری سبز در واقع سرمایه‌گذاری برای افزایش بهره‌وری است.

هوشمندسازی؛ مکمل سرمایه‌گذاری سبز

وی گفت: امروز استفاده از هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، سنجش از دور، پهپادها و سامانه‌های هوشمند پایش محیط‌زیست، امکان کنترل دقیق مصرف انرژی و منابع طبیعی را فراهم کرده است. این فناوری‌ها به مدیران کمک می‌کنند تا قبل از وقوع بحران، مشکلات را شناسایی و اصلاح کنند. او افزود: بسیاری از معادن بزرگ دنیا با استفاده از سامانه‌های هوشمند، میزان مصرف سوخت ماشین‌آلات، کیفیت هوا، وضعیت سدهای باطله و حتی میزان انتشار آلاینده‌ها را به‌صورت لحظه‌ای پایش می‌کنند. این رویکرد علاوه بر کاهش هزینه‌ها، اعتماد سرمایه‌گذاران را نیز افزایش می‌دهد. این کارشناس ارشد محیط‌زیست معدنی یکی از ضعف‌های معدنکاری ایران را کم‌توجهی به بازسازی معادن پس از پایان استخراج دانست.

وی اظهار کرد: در بسیاری از کشورها، برنامه احیای معدن همزمان با آغاز عملیات استخراج تهیه می‌شود و شرکت بهره‌بردار موظف است بخشی از درآمد خود را برای بازسازی محیط اختصاص دهد. اما در ایران هنوز این فرهنگ به‌طور کامل نهادینه نشده است. سرمایه‌گذار حرفه‌ای به پروژه‌ای اعتماد می‌کند که پایان کار آن نیز مشخص باشد. معدنکاری مسئولانه یعنی از همان روز نخست بدانیم پس از پایان استخراج، چگونه محیط را احیا خواهیم کرد. وی با اشاره به روند جهانی گذار به انرژی‌های پاک گفت: توسعه خودروهای برقی، نیروگاه‌های خورشیدی و بادی، نیاز جهان به فلزاتی مانند مس، لیتیوم، نیکل، عناصر نادر خاکی و آلومینیوم را افزایش داده است. ایران نیز از ظرفیت مناسبی در بخشی از این مواد معدنی برخوردار است و می‌تواند از این فرصت برای جذب سرمایه استفاده کند. او ادامه داد: اما شرط استفاده از این فرصت، ارائه تصویری از معدنکاری پایدار و مسئولانه است. سرمایه‌گذاران جهانی امروز تنها به دنبال مواد معدنی نیستند؛ آنها به دنبال همکاری با پروژه‌هایی هستند که استانداردهای محیط‌زیستی را نیز رعایت کنند.

نقش سیاست‌گذاری در توسعه سرمایه‌گذاری سبز

قانعی تأکید کرد: توسعه معدنکاری سبز تنها وظیفه شرکت‌های معدنی نیست و سیاست‌گذاری دولت نیز نقش مهمی در این زمینه دارد. اگر مشوق‌هایی برای استفاده از فناوری‌های پاک، کاهش مصرف انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و بازیافت مواد معدنی در نظر گرفته شود، بخش خصوصی نیز انگیزه بیشتری برای سرمایه‌گذاری خواهد داشت. بسیاری از کشورها با معافیت‌های مالیاتی، تسهیلات بانکی یا حمایت از پروژه‌های تحقیق و توسعه، مسیر حرکت به سمت معدنکاری سبز را تسریع کرده‌اند و ایران نیز می‌تواند از این تجربه‌ها استفاده کند. قانعی در پایان اظهار کرد: معدنکاری و محیط‌زیست دو مفهوم متضاد نیستند. اگر برنامه‌ریزی اصولی، فناوری مناسب و مدیریت علمی وجود داشته باشد، می‌توان هم از منابع معدنی بهره‌برداری کرد و هم سرمایه‌های طبیعی را برای نسل‌های آینده حفظ نمود. آینده رقابت در صنعت معدن، تنها بر پایه حجم تولید نخواهد بود؛ بلکه میزان بهره‌وری، کاهش آلایندگی، مصرف بهینه منابع و پایبندی به اصول توسعه پایدار تعیین می‌کند که کدام کشورها سهم بیشتری از سرمایه‌گذاری جهانی را جذب خواهند کرد. ایران نیز اگر از امروز مسیر معدنکاری سبز را جدی بگیرد، می‌تواند علاوه بر حفظ محیط‌زیست، جایگاه خود را در بازارهای جهانی و میان سرمایه‌گذاران بین‌المللی تقویت کند.

> بسیاری از فناوری‌های سبز اگرچه در ابتدا سرمایه‌گذاری بیشتری نیاز دارند، اما در بلندمدت موجب کاهش مصرف انرژی، آب، مواد اولیه و حتی هزینه‌های تعمیرات می‌شوند

نسل جدید سرمایه، نگاه تازه‌ای دارد



آرش نادری، کارشناس ارشد توسعه پایدار و صنایع معدنی، در گفت‌وگو با صمت معتقد است رقابت آینده معادن جهان دیگر بر سر حجم ذخایر یا ظرفیت استخراج نخواهد بود، بلکه بر مبنای میزان سازگاری پروژه‌ها با الزامات محیط‌زیستی، کاهش انتشار کربن و استفاده از فناوری‌های پاک شکل می‌گیرد. به گفته او، سرمایه‌گذاری سبز دیگر یک انتخاب لوکس نیست، بلکه شرط ورود به اقتصاد جهانی معدن است.

نادری با اشاره به تغییر رویکرد سرمایه‌گذاران بین‌المللی اظهار کرد: طی سال‌های اخیر مفهوم سرمایه‌گذاری در معادن دچار تحول اساسی شده است. در گذشته سودآوری مالی مهم‌ترین معیار تصمیم‌گیری بود، اما امروز شاخص‌هایی مانند ردپای کربن، مصرف انرژی، مدیریت پسماند، حفظ تنوع زیستی و مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها در کنار بازده اقتصادی بررسی می‌شوند. بسیاری از شرکت‌های بزرگ معدنی دنیا برای تأمین مالی پروژه‌های خود ناچارند نشان دهند که فعالیتشان با اصول توسعه پایدار همسو است.

وی با بیان اینکه ترکیب سرمایه‌گذاران نیز تغییر کرده است، گفت: امروز بخش مهمی از منابع مالی پروژه‌های معدنی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری، بانک‌های توسعه‌ای و مؤسسات مالی بین‌المللی تأمین می‌شود؛ مجموعه‌هایی که سیاست‌های سختگیرانه‌ای درباره مسائل زیست‌محیطی دارند.

نادری افزود: این سرمایه‌گذاران تنها به سود پروژه نگاه نمی‌کنند، بلکه می‌خواهند بدانند معدن پس از پایان فعالیت چه اثری بر محیط باقی خواهد گذاشت، چه میزان انرژی مصرف می‌کند و تا چه اندازه در کاهش انتشار آلاینده‌ها موفق بوده است. بنابراین معادنی که برنامه روشنی در این حوزه نداشته باشند، به‌تدریج از چرخه جذب سرمایه خارج خواهند شد.

این کارشناس حوزه معدن با اشاره به سیاست‌های جهانی کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اظهار کرد: بسیاری از صنایع بزرگ فولاد، مس و آلومینیوم اکنون زنجیره تأمین خود را براساس میزان انتشار کربن انتخاب می‌کنند. به همین دلیل، معدنکاری کم‌کربن به یک مزیت اقتصادی تبدیل شده است.

وی ادامه داد: استفاده از ماشین‌آلات برقی، انرژی خورشیدی و بادی، بهینه‌سازی مصرف سوخت و جایگزینی تجهیزات پرمصرف با فناوری‌های جدید، علاوه بر کاهش آلایندگی، هزینه‌های عملیاتی را نیز در بلندمدت کاهش می‌دهد. این همان نقطه‌ای است که اقتصاد و محیط‌زیست در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

نادری معتقد است یکی از مهم‌ترین ظرفیت‌های معادن ایران، توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کنار پروژه‌های معدنی است. وی گفت: بسیاری از معادن کشور در مناطق کویری قرار دارند؛ مناطقی که از بالاترین میزان تابش خورشید برخوردارند. این ویژگی می‌تواند فرصت بزرگی برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی و کاهش وابستگی معادن به شبکه برق باشد.

او افزود: تجربه کشورهای معدنی نشان داده است که استفاده از انرژی‌های پاک نه‌تنها امنیت تأمین انرژی را افزایش می‌دهد، بلکه جایگاه پروژه را نزد سرمایه‌گذاران نیز ارتقا می‌بخشد.

اقتصاد چرخشی؛ حلقه مفقوده معدن ایران

این کارشناس توسعه پایدار با اشاره به اهمیت اقتصاد چرخشی اظهار کرد: سرمایه‌گذاری سبز تنها به کاهش مصرف انرژی محدود نمی‌شود. یکی از ارکان اصلی آن، بازگرداندن مواد به چرخه تولید است. امروز در بسیاری از کشورها، باطله‌های معدنی دیگر پسماند محسوب نمی‌شوند، بلکه به‌عنوان منبعی برای استحصال عناصر باارزش یا تولید مصالح ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این رویکرد هم درآمد جدید ایجاد می‌کند و هم حجم پسماند را کاهش می‌دهد.

نادری تأکید کرد: ایران نیز ظرفیت بالایی برای توسعه این بخش دارد، اما تحقق آن نیازمند سرمایه‌گذاری در فناوری و حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان است.

وی درباره نقش ارزیابی‌های محیط‌زیستی گفت: هرچه اطلاعات زیست‌محیطی پروژه شفاف‌تر باشد، اعتماد سرمایه‌گذار نیز بیشتر خواهد بود. امروز گزارش‌های پایداری و استانداردهای بین‌المللی ESG به بخشی از اسناد مالی شرکت‌های معدنی تبدیل شده‌اند. این گزارش‌ها نشان می‌دهند که پروژه تا چه اندازه در مدیریت منابع طبیعی، کاهش آلاینده‌ها و تعامل با جامعه محلی موفق بوده است. به گفته نادری، شفافیت در این حوزه می‌تواند هزینه تأمین مالی را کاهش دهد و مسیر جذب سرمایه را هموارتر کند.

نوآوری؛ قلب سرمایه‌گذاری سبز

این کارشناس حوزه معدن بر نقش فناوری در توسعه معدنکاری سبز تأکید کرد و گفت: تحول واقعی زمانی رخ می‌دهد که نوآوری وارد فرآیند تولید شود. وی افزود: استفاده از هوش مصنوعی برای مدیریت مصرف انرژی، سامانه‌های پایش آنلاین آلاینده‌ها، ماشین‌آلات خودران، حسگرهای هوشمند و نرم‌افزارهای مدیریت منابع، همگی ابزارهایی هستند که بهره‌وری را افزایش داده و آثار زیست‌محیطی را کاهش می‌دهند. سرمایه‌گذار امروز به پروژه‌ای علاقه‌مند است که آینده‌نگر باشد، نه پروژه‌ای که صرفاً با روش‌های سنتی اداره شود.

نادری با اشاره به موقعیت ایران در بازار مواد معدنی گفت: جهان برای توسعه صنایع پاک به حجم عظیمی از مواد معدنی نیاز دارد و این موضوع فرصت مهمی برای کشورهای دارای ذخایر معدنی ایجاد کرده است.

وی افزود: ایران از نظر تنوع ذخایر در جایگاه مناسبی قرار دارد، اما اگر بخواهد سهم بیشتری از سرمایه‌گذاری جهانی جذب کند، باید تصویر تازه‌ای از معدنکاری خود ارائه دهد؛ تصویری که بر فناوری، بهره‌وری و حفاظت از محیط‌زیست استوار باشد.

این کارشناس ارشد توسعه پایدار اظهار کرد: حرکت به سمت معدنکاری سبز بدون سیاست‌های حمایتی دشوار خواهد بود. دولت می‌تواند با ارائه مشوق‌های مالیاتی، تسهیلات برای خرید تجهیزات کم‌مصرف، حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی و تسریع صدور مجوزهای مرتبط با فناوری‌های سبز، انگیزه سرمایه‌گذاری را افزایش دهد. هرچه هزینه ورود فناوری‌های پاک کاهش یابد، سرعت تحول در صنعت معدن نیز بیشتر خواهد شد.

آینده از آنِ معادن مسئولیت‌پذیر است

نادری در پایان خاطرنشان کرد: سرمایه‌گذاری سبز یک روند موقت یا تبلیغاتی نیست، بلکه مسیر آینده اقتصاد معدن است. کشورهایی که از امروز زیرساخت‌های لازم را برای کاهش مصرف انرژی، مدیریت منابع طبیعی، استفاده از فناوری‌های پاک و افزایش شفافیت ایجاد کنند، در سال‌های آینده سهم بیشتری از سرمایه و بازارهای جهانی خواهند داشت. ایران نیز می‌تواند با تکیه بر ظرفیت‌های معدنی، نیروی انسانی متخصص و توسعه فناوری، از این فرصت بهره ببرد؛ اما لازمه آن تغییر نگاه از استخراج صرف به معدنکاری مسئولانه و پایدار است؛ رویکردی که هم منافع اقتصادی را تضمین می‌کند و هم میراث طبیعی کشور را برای نسل‌های آینده حفظ خواهد کرد.

> بسیاری از صنایع بزرگ فولاد، مس و آلومینیوم اکنون زنجیره تأمین خود را براساس میزان انتشار کربن انتخاب می‌کنند. به همین دلیل، معدنکاری کم‌کربن به یک مزیت اقتصادی تبدیل شده است

سخن پایانی

آینده صنعت معدن در جهان تنها با افزایش تولید یا توسعه ظرفیت استخراج رقم نخواهد خورد، بلکه به میزان توجه به اصول توسعه پایدار و سرمایه‌گذاری سبز وابسته است. معادنی که بتوانند مصرف منابع را کاهش دهند، از فناوری‌های پاک بهره بگیرند و مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی را در اولویت قرار دهند، شانس بیشتری برای جذب سرمایه و حضور در بازارهای جهانی خواهند داشت. ایران نیز با وجود برخورداری از ذخایر غنی معدنی، برای بهره‌گیری از این فرصت نیازمند تغییر نگاه در سیاست‌گذاری و سرمایه‌گذاری است. حمایت از فناوری‌های نوین، توسعه زیرساخت‌های سبز و ایجاد مشوق برای پروژه‌های پایدار، می‌تواند مسیر معدنکاری کشور را به سمت رقابت‌پذیری بیشتر هدایت کند. سرمایه‌گذاری سبز، نه یک هزینه اضافی، بلکه سرمایه‌گذاری بر آینده‌ای است که در آن رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست در کنار یکدیگر معنا پیدا می‌کنند.