

چالش‌ها و فرصت‌های صنعت نیکل زیر ذره بین رسانه رفت:

# پیش‌ران خاموش انقلاب انرژی پاک

با گسترش انرژی‌های پاک، خودروهای برقی و فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، نیکل به یکی از مهم‌ترین فلزات استراتژیک جهان تبدیل شده است؛ فلزی که نقشی کلیدی در تولید باتری‌های لیتیوم‌یون و توسعه زیرساخت‌های صنعتی آینده ایفا می‌کند. هم‌زمان با رشد تقاضای جهانی، چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از استخراج و فرآوری نیکل نیز بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته و همین مسئله، حرکت به سمت فناوری‌های کم‌کربن و روش‌های نوین تولید را به ضرورتی جدی تبدیل کرده است. در همین زمینه رسانه رفت در این گزارش به بررسی جایگاه نیکل، روند جهانی مصرف و فناوری‌های جدید تولید این فلز راهبردی پرداخته است.

## جهان به سمت انرژی پاک می‌رود

دارد. نیکل در این کانسارها عمدتاً به صورت کانی‌های مجزای دوتایی و سه‌تایی حاوی نیکل مانند سولفید نیکل، آهن سولفید نیکل و کبالت نیکل گوگرد وجود دارد. دلیل استفاده از ذخایر نیکل سولفیدی برای تولید این فلز، سادگی ترکیب شیمیایی آن است.

این ویژگی امکان جداسازی موثر سنگ‌های باطله از ترکیبات دارای نیکل را با استفاده از روش‌های جداسازی مرسوم مانند فلوتاسیون کف فراهم می‌سازد. با این حال، ذخایر نیکل سولفیدی محدود بوده و حجم آن‌ها در ذخایر معدنی در حال کاهش یافتن است؛ به همین دلیل امکان پاسخ‌گویی به تقاضای روزافزون جهانی نیکل از طریق ذخایر نیکل سولفیدی ممکن نیست. از این رو نیاز به تولید پایدار نیکل از منابع غنی اما کم‌عیار سنگ معدن لاتریت بیش از پیش برجسته شده است. در این نوع ذخایر، نیکل به صورت کانی‌های مجزا یافت نمی‌شود بلکه به صورت محلول در ساختار ترکیبات پیچیده‌ای از سیلیکات‌های منزیمر یا اکسیدهای آهن وجود دارد. از جمله این ترکیبات می‌توان به سیلیکات‌های منزیمر دار (ساپولیت‌ها) اشاره کرد. همچنین، نیکل به صورت جزئی می‌تواند جایگزین آهن در لیمونیت‌هایی همچون گوتیت شود.

پیچیدگی بالای کانی‌زایی و ترکیب شیمیایی سنگ‌های کم‌عیار نیکل، مانعی اساسی در مسیر استخراج با بهره‌وری بالا و پایدار این فلز به منظور استفاده در توسعه فناوری‌های سبز به شمار می‌رود. در راستای غلبه بر این چالش، پژوهشگران موسسه «Max Planck Institute for Sustainable Materials» موفق به توسعه روشی نوآورانه و بدون کربن شده‌اند که با صرفه‌جویی در انرژی، امکان استخراج نیکل برای استفاده در تولید فولاد زنگ‌نزن، باتری‌ها و آهن‌رباها را فراهم می‌سازد.

**توزیع، تنوع و چالش‌های بهره‌برداری از ذخایر نیکل**  
اگرچه نیکل فلزی نسبتاً فراوان در طبیعت به شمار می‌آید اما به طور کلی تنها در مقادیر و حجم ناچیزی در محیط زیست یافت می‌شود. این عنصر در خاک وجود دارد و حجم بالایی از آن را می‌توان در برخی کانسارهای معدنی شامل اکسیدها، سولفیدها و سیلیکات‌ها مشاهده کرد. براساس برآوردهای انجام شده، منابع جهانی نیکل حدود ۳۵۰ میلیون تن تخمین زده شده است. کشورهای استرالیا، اندونزی، آفریقای جنوبی، روسیه و کانادا، دارای بزرگ‌ترین ذخایر نیکل در جهان هستند و در مجموع بیش از ۵۰ درصد از منابع نیکل جهان را در اختیار دارند. جالب آنکه با وجود استخراج حدود ۸۰ درصد نیکل در سه دهه اخیر، ذخایر این عنصر همچنان روندی افزایشی داشته‌اند. این امر نتیجه افزایش فعالیت‌های اکتشافی توسط شرکت‌های معدنی، شناسایی ذخایر معدنی جدید در مناطق دورافتاده و نیز پیشرفت فناوری‌هایی است که امکان بهره‌برداری از سنگ‌های معدنی کم‌عیار نیکل را فراهم کرده‌اند.

در حال حاضر حدود ۶۰ درصد از تولید جهانی نیکل بر پایه سنگ‌های معدنی سولفیدی برعیار (در حدود ۱.۵ تا ۴۰ درصد وزنی نیکل) صورت می‌گیرد. بخش باقی‌مانده از ذخایر این عنصر، از سنگ‌های معدنی کم‌عیار همچون لاتریت‌ها استخراج می‌شود که دارای میانگین عیار نیکل در حدود ۱.۵ درصد است. سنگ‌های معدنی کم‌عیار لاتریت خود به دو نوع ساپولیت و لیمونیت تقسیم می‌شوند.

از نظر توزیع زمین‌شناسی، ذخایر نیکل روندی معکوس دارند؛ به گونه‌ای که حدود ۶۰ درصد از کل نیکل موجود در طبیعت در سنگ‌های معدنی لاتریت یافت می‌شود و تنها ۴۰ درصد آن در کانسارهای سولفیدی قرار

مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارقام اعلام شده نشان می‌دهد که نیکل از اهمیتی راهبردی برخوردار است و این مسئله از جایگزین‌ناپذیر بودن این فلز حکایت دارد.

ویژگی‌های منحصر به فرد نیکل از یک سو، موجب افزایش عمر محصولات الکترونیکی، فلزی و باتری‌ها شده و از سوی دیگر، منجر به بهبود بازدهی موتورهای مورد استفاده در صنایع شده است؛ اگرچه فولاد زنگ‌نزن با سهم ۶۵ درصدی، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده نیکل در جهان به شمار می‌رود اما صنعت باتری نیز با سهم ۱۶ درصدی از مصرف جهانی نیکل در جایگاه دوم قرار دارد.

واقعیت امر این است که استفاده از نیکل در ساخت باتری‌ها، موجب افزایش چگالی انرژی و ظرفیت ذخیره‌سازی و همچنین کاهش هزینه‌های تولیدی آن‌ها شده است. همچنین با رشد روزافزون تولید و استفاده از خودروهای الکتریکی و اهمیت فزاینده سامانه‌های ذخیره انرژی باتری برای مدیریت پهنه عرضه و تقاضای برق، حجم تقاضای نیکل افزایش یافته است. براساس آمار منتشر شده، در حال حاضر حدود ۷۰ درصد از تولید سالانه جهانی نیکل (معادل سه میلیون تن) در ساخت فولاد زنگ‌نزن به کار گرفته می‌شود. با این وجود، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۴۰، حجم تقاضای نیکل در صنعت باتری حدود سه میلیون تن دیگر افزایش پیدا کند. این افزایش تقاضا عمدتاً ناشی از روند اجرای فرایند کربن‌زدایی در بخش حمل‌ونقل و استفاده گسترده‌تر از الکتروده‌های مبتنی بر نیکل در خودروهای الکتریکی خواهد بود. در نتیجه این تحولات، پیش‌بینی می‌شود تقاضای جهانی برای نیکل تا سال ۲۰۴۰، به دو برابر میزان فعلی در سال ۲۰۲۵ برسد و به حدود ۶ میلیون تن در سال افزایش یابد.

جهان در حال حاضر در مسیر روند گذار گسترده به سمت انرژی‌های پاک قرار دارد و باتری‌ها، نقشی کلیدی در ایجاد تحول در این ایفا می‌کنند. باتری‌ها به عنوان منابع انرژی با قابلیت شارژ مجدد، اجزای حیاتی در بسیاری از ابزارهای فناوری‌محور نوین به شمار می‌روند که انرژی لازم برای کار کردن با دستگاه‌هایی مانند تلفن‌های هوشمند، لپ‌تاپ‌ها، خودروهای الکتریکی و سامانه‌های ذخیره انرژی باتری را تأمین می‌کنند.

در میان انواع باتری‌ها، در حال حاضر باتری‌های لیتیوم‌یون بیشترین کاربرد را در ابزارهای الکترونیکی داشته و فلز نیکل به عنوان یکی از اجزای اصلی این نوع باتری‌ها شناخته می‌شود. نیکل که پنجمین عنصر فراوان در کره زمین به شمار می‌آید، نه تنها به میزان فراوان در پوسته و هسته زمین یافت می‌شود بلکه در ترکیب بسیاری از شهاب‌سنگ‌ها نیز همراه با آهن وجود دارد. این فلز به طور طبیعی در خاک و آب وجود داشته و به عنوان یک عنصر حیاتی برای رشد گیاهان نیز شناخته می‌شود.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ممتاز نیکل، آن را به عنصری حیاتی در ساخت صنایع هراز محصول صنعتی تبدیل کرده است. نقطه ذوب بالا (یک هزار و ۴۵۳ درجه سانتی‌گراد)، مقاومت در برابر خوردگی و اکسایش، شکل‌پذیری بالا، قابلیت بازیافت و برخوردار بودن از خواص مغناطیسی در دمای اتاق، از جمله ویژگی‌هایی بوده که نیکل را به فلزی کاربردی در صنایع مختلف مبدل کرده است.

نیکل به راحتی با سایر فلزات، به ویژه کروم ترکیب شده و از آن در تولید آلیاژهایی چون فولاد زنگ‌نزن و فولاد مقاوم در برابر حرارت استفاده می‌شود. براساس آمارهای منتشر شده، سالانه حدود ۱.۹۷ میلیون تن نیکل در تولید فولاد زنگ‌نزن و ۲۱۰ هزار تن از آن در ساخت آلیاژهای غیرآهنی

## پیامدهای زیست‌محیطی تولید نیکل به روش سنتی

کربن‌زدایی حرکت کند، ضروری خواهد بود. نکته قابل تأمل در این رابطه اینکه بسیاری از راهکارهای جهانی ارائه شده برای کاهش انتشار کربن، بر پایه فرایند الکتریکی‌سازی در بخش‌های مختلف زندگی بشر، به ویژه بخش حمل‌ونقل توسعه یافته است و جالب‌تر اینکه بیشتر این راهکارها در عمل به شدت وابسته به استفاده از نیکل هستند. این موضوع سبب می‌شود اثر بخشی چنین سیاست‌گذاری‌هایی زیر سؤال برود و نگرانی‌هایی در خصوص اثرات منفی زیست‌محیطی برای استفاده از این راهکارها مطرح شود. در همین راستا عبید منظور، پژوهشگر موسسه «Max Planck Institute for Sustainable Materials» عنوان کرد: اگر تولید نیکل به روش‌های فعلی ادامه یابد و از آن برای توسعه فرایند الکتریکی‌سازی استفاده شود، نه تنها مشکلات زیست‌محیطی حل نشده بلکه مشکلات از یک بخش به بخش‌های دیگر

دی‌اکسید کربن معادل در سطح جهانی شده است. براساس مطالعه‌ای که توسط موسسه «Max Planck Institute for Sustainable Materials» انجام شده است، کربن تولیدی در صنعت نیکل به طور میانگین بین ۲۰ تا ۲۷ تن دی‌اکسید کربن معادل به ازای تولید هر تن نیکل برآورد می‌شود؛ این رقم حدود ۱۰ برابر بیشتر از کربن تولیدی در ساخت هر تن فولاد بوده که رقمی معادل ۲.۳ تن کربن به ازای تولید هر تن فولاد گزارش شده است. این مسئله نیکل را به یکی از آلاینده‌ترین فلزات از لحاظ زیست‌محیطی در فرایند استخراج از معادن تبدیل کرده است. از آنجایی که انتشار دی‌اکسید کربن مهم‌ترین عامل در تغییرات اقلیمی محسوب می‌شود، کاهش چشمگیر این گاز آلاینده در صنعت نیکل به ویژه اگر این صنعت با هدف دستیابی به دستاوردهای طرح برابند کربن صفر و مقابله با بحران آب‌وهوایی در مسیر اجرای فرایند

اگرچه نیکل نقشی کلیدی در تولید باتری‌ها ایفا می‌کند اما فرایند استخراج و تولید این فلز همانند بسیاری از فلزات دیگر، تأثیر مخربی بر محیط زیست دارد و نمی‌توان آن را فرایندی دوستدار محیط زیست تلقی کرد. تولید نیکل با پیامدهای منفی متعددی برای محیط زیست همراه است که از جمله آن می‌توان به ایجاد آلودگی هوا و آب، فرسایش خاک، فرونشست زمین، جنگل‌زدایی، تولید پسماندهای سمی، کاهش تنوع زیستی و موارد دیگر اشاره کرد. علاوه بر این، فرایند استخراج و فرآوری نیکل انرژی‌بر بوده و در نتیجه سهم قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد.

براساس داده‌های موجود، تولید هر تن نیکل از روش‌های متعارف فعلی، انتشار حدود ۲۰ تن دی‌اکسید کربن را به همراه خواهد داشت. تنها در سال ۲۰۱۹، استخراج نیکل موجب انتشار نزدیک به ۱۲۰ میلیون تن

## سخن پایانی

نیکل امروز تنها یک فلز صنعتی نیست، بلکه به یکی از پایه‌های اصلی گذار جهان به سمت اقتصاد کم‌کربن و فناوری‌های پاک تبدیل شده است. رشد سریع تقاضا برای باتری‌ها و خودروهای برقی، اهمیت این فلز را بیش از گذشته افزایش داده، اما هم‌زمان چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از استخراج و فرآوری آن نیز نگرانی‌های جدی ایجاد کرده است. به همین دلیل، آینده صنعت نیکل بیش از هر زمان دیگری به توسعه فناوری‌های کم‌آلاینده، کاهش مصرف انرژی و حرکت به سمت تولید پایدار وابسته خواهد بود. فناوری‌های نوینی مانند فرآوری مبتنی بر هیدروژن، نشان می‌دهد که صنعت معدن و فلزات می‌تواند هم‌زمان با تأمین نیاز صنایع آینده، مسیر کاهش آلاینده‌گی و حفاظت از محیط‌زیست را نیز دنبال کند. در سال‌های پیش‌رو، کشورها و شرکت‌هایی موفق خواهند بود که بتوانند میان توسعه صنعتی، امنیت تأمین مواد معدنی و الزامات زیست‌محیطی تعادل ایجاد کنند؛ مسیری که آینده‌زنجیره جهانی باتری و انرژی‌های پاک را رقم خواهد زد.

## انقلاب در فرآوری نیکل با استفاده از فناوری تک‌مرحله‌ای مبتنی بر هیدروژن

در مقابل، تولید نیکل با روش مرسوم کوره دوار و کوره قوس الکتریکی «RKEF» در سه مرحله انجام می‌شود. در ابتدا کلسینه‌سازی سنگ معدن انجام شده، سپس ذوب آن در کوره قوس الکتریکی صورت گرفته و در نهایت فرایند تصفیه برای کاهش ناخالصی‌ها تا سطح قابل قبول حاصل می‌شود. در مقابل، به کمک فناوری ذوب احیا مستقیم با پلاسما هیدروژن می‌توان تمامی این مراحل را در یک فرایند واحد ادغام کرد. با استفاده از این روش، پژوهشگران موفق شدند فرایندهای تصفیه شده و با درجه خلوص بالا را با سرعت بیشتری از طریق روش ذوب احیا مستقیم تولید کنند.

نکته مهم اینکه در فرایند مذکور از انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده شده و با جایگزینی سوخت‌ها و سیستم‌های کاهنده کربن تولیدی با برق و هیدروژن سبز، حدود ۱۸ درصد در مصرف انرژی صرفه‌جویی

نتایج این پژوهش نوآورانه که با حمایت مالی شورای تحقیقات اروپا انجام شده، در نشریه معتبر «Nature» منتشر شده است. در این تحقیق، جزئیات روشی کاملاً متفاوت برای استخراج نیکل تشریح شده است که تحلیلی چشمگیر در صنعت فلزات محسوب می‌شود. در این روش، فرایند تولید نیکل از طریق ذوب در روش احیا مستقیم، تنها در یک مرحله و به کمک پلاسما هیدروژن انجام می‌شود. این فناوری نوین، سه عملیات اصلی کلسینه‌سازی، ذوب و فرآوری را به طور هم‌زمان و در یک راکتور یکپارچه انجام می‌دهد. استفاده از روش مذکور امکان استخراج مستقیم فلز نیکل با کیفیتی مشابه آلیاژ فرورنیکل را از سنگ معدن و در تنها یک مرحله فرآوری فراهم کرده است. منظور پژوهشگران از فرایند تک‌مرحله‌ای، تولید مستقیم فرورنیکل تصفیه شده از سنگ معدن در یک فرایند متالورژیکی است.

## آگهی دعوت افراز

نظر به اینکه آقای دست موسی نارونی و غیره از مالکین مشاعی پلاک ۱۹- اصلی واقع در بخش ۲ سیستان شهر زهک طبق درخواست شماره ۱۰۹/۲۴۰ مورخ ۱۴۰۵/۰۲/۲۲ تقاضای افراز شده و از این پلاک مرقوم با اسناد به قانون افراز و فروش املاک مشاع مصوب سال ۱۳۵۷ را از این اداره نموده و در ذیل تقاضای افراز خویش اعلام داشته که به دیگر مالکین مشاعی دسترسی ندارد و آدرس آنها مشخص نمی‌باشد لذا مراتب طبق ماده ۱۸ آیین‌نامه

رئیس ثبت اسناد و املاک

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶

## آگهی تعدید حدود اختصاصی

تجدیدی ظرف مدت سی روز پذیرفته خواهد شد ضمناً برابر تبصره ماده واحده قانون تعیین تکلیف پرونده‌های معترضی ثبتی مصوب سال ۱۳۳۳- اعتراض به تقاضای ثبت و تعدید حدود موضوع ماده ۱۶ و ۲۰ قانون ثبت می‌باید متعوض ظرف مدت یکماه از تاریخ تنظیم اعتراض بموقع بمرجع ثبتی با تقدیم دادخواست بمرجع ذیصلاح قضائی صورت پذیرد گواهی لازم از دادگاه زهک اخذ و به اداره ثبت محل تسلیم و رسید دریافت دارد والا حق اسقاط خواهد شد در صورتیکه روز تعدید حدود مصادف با تعطیلی گردد عملیات تعدید حدود در همان ساعت مندرج در آگهی و در اولین روز کاری بعد از تعطیلی با رعایت مواد قانونی فوق‌الذکر صورت پذیرد.

رئیس ثبت اسناد و املاک

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶

## آگهی تعدید حدود اختصاصی

چون تعدید حدود شش‌دانگ یک قطعه زمین مزروعی پلاک ۶۳۷ فرعی از ۵۲- اصلی واقع در بخش ۲ سیستان شهر زابل اراضی دهکول مورد تقاضای علی جلالی پارسا تا کنون بعمل نیامده است تعدید حدود در تاریخ ۱۴۰۵/۰۳/۱۸ در محل شروع و به عمل خواهد آمد بدینوسیله به اطلاع مجاورین و مستعدی ثبت پلاک فوق می‌رساند تا در روز تعیین شده در محل حضور بهم رسانند در صورتیکه مستعدی ثبت پلاک فوق و یا نماینده قانونی وی حضور نداشته باشند تعدید حدود بر طبق اظهار مجاورین برابر ماده ۱۵ قانون ثبت بعمل خواهد آمد و اعتراض مجاورین نیز برابر ماده ۲۰ قانون ثبت از تاریخ تنظیم صورت مجلس تعدید ظرف مدت سی

رئیس ثبت اسناد و املاک

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶

## هیات موضوع قانون تعیین تکلیف وضعیت ثبتی اراضی و ساختمانهای فاقد سند رسمی

### آگهی موضوع ماده ۳ قانون و ماده ۱۳ آیین‌نامه قانون تعیین تکلیف وضعیت ثبتی و اراضی و ساختمانهای فاقد سند رسمی

عموم مراتب در دو نوبت به فاصله ۱۵ روز آگهی می‌شود در صورتیکه اشخاص نسبت به صدور سند مالکیت متقاضی اعتراض داشته باشند می‌توانند از تاریخ انتشار اولین آگهی به مدت دو ماه اعتراض خود را به این اداره تسلیم و پس از اخذ رسید ظرف مدت یک ماه از تاریخ تسلیم اعتراض دادخواست خود را به مراجع قضائی تقدیم نمایند. بدیهی است در صورت تقاضای مدت مذکور و عدم وصول اعتراض طبق مقررات سند مالکیت صادر خواهد شد.

رئیس ثبت اسناد و املاک

## آگهی موضوع ماده ۳ قانون و ماده ۱۳ آیین‌نامه قانون تعیین تکلیف وضعیت ثبتی و اراضی و ساختمانهای فاقد سند رسمی

۱-برابر رای شماره ۱۴۰۵۰۳۳۲۷۷۰۰۰۲۹۶-۱۴۰۵۰۲/۱۶-۱۴۰۵/۰۲/۱۶ هیات اول موضوع قانون تعیین تکلیف وضعیت ثبتی اراضی و ساختمانهای فاقد سند رسمی مستقر در واحد ثبتی حوزه ثبت ملک زهک تصرفات مالکانه بلامعارض متقاضی خانم زهرا شهرکی به شماره ملی ۵۲۳۹۰۰۴۰۳۳۲۷ در یک باب منزل به مساحت ۴۹۴/۱۲ مترمربع قسمتی از پلاک ۴۱۰ فرعی از ۳۶- اصلی واقع در بخش ۲ زهک خریداری از مالک رسمی ورثه غلام عرب محرر گردیده است. لذا به منظور اطلاع

تاریخ انتشار نوبت اول: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶ تاریخ انتشار نوبت دوم: ۱۴۰۵/۰۳/۱۰