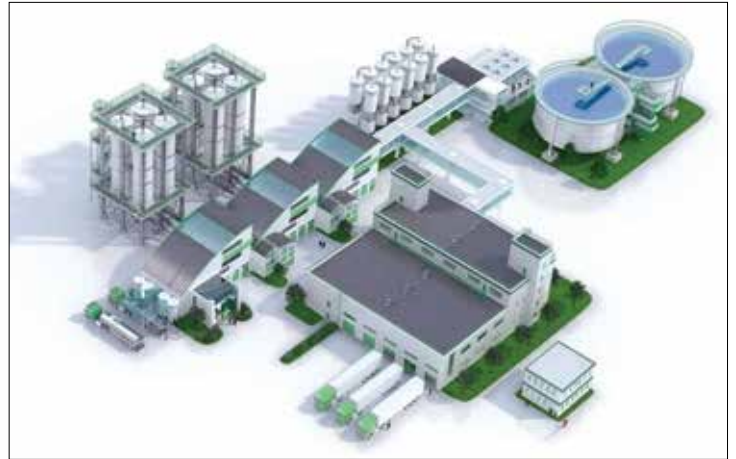


پروژه‌های اشنایدر الکتریک در زمینه پایداری صنعت فولاد: پلی به سوی آینده سبز



تهیه کننده: واحد پژوهش و نوآوری (پژوهشکده فولاد)



مقاله

باتوجه به فشارهای جهانی برای کاهش انتشارات و دست‌یابی به اهداف کنترلی شدید تا سال ۲۰۵۰، شرکت‌هایی مانند اشنایدر الکتریک نقش کلیدی در تحول صنایع کلیدی و بزرگ مانند صنعت فولاد ایفا می‌کنند. زیر اشنایدر الکتریک، به عنوان یک گروه جهانی پیشرو در مدیریت انرژی دیجیتال و اتوماسیون، با تمرکز بر الکتریکی سازی، دیجیتال سازی و کربن زدایی، پروژه‌های متعددی را برای پایداری سازی صنعت فولاد پیش می‌برد. این شرکت پایداری را در قلب استراتژی خود قرار داده و مأموریت‌هایی با هدف ایجاد پلی بین پیشرفت و پایداری برای همه بخش‌ها تعریف کرده است. اشنایدر نه تنها در فرایندهای داخلی خود به کاهش انتشار متعهد است، بلکه با ارائه راه‌حل‌های جامع به مشتریان، به ویژه در صنایع سنگین مانند فولاد، کمک می‌کند تا انتشارات را کاهش دهند.

عملیاتی (OT) را با سیستم‌های IT ادغام می‌کند. این پلتفرم نوعی طراحی معماری باز و قابل همکاری برای ارتباط بین فناوری عملیاتی و سیستم‌های IT است که داده‌ها را از دارایی‌های مختلف در یک پلنت جمع‌آوری می‌کند، سپس به سیستم‌های کنترل حدی مانند مدیریت انرژی و اتوماسیون می‌رساند. لایه بالاتر، نرم‌افزار مبتنی بر ابر است که این داده‌ها را برای بهینه‌سازی عملیات پردازش می‌کند. این سیستم به مشتریان کمک می‌کند تا داده‌ها را به‌طور کارآمد در سراسر زنجیره ارزش جمع‌آوری و استفاده کنند، از سایت‌های صنعتی تا نرم‌افزار مبتنی بر ابر، که این امر پایداری و کارایی را هدایت می‌کند. در صنعت فولاد، EcoStruxure به جمع‌آوری داده‌ها از زنجیره ارزش کمک می‌کند و پایداری و کارایی را افزایش می‌دهد.

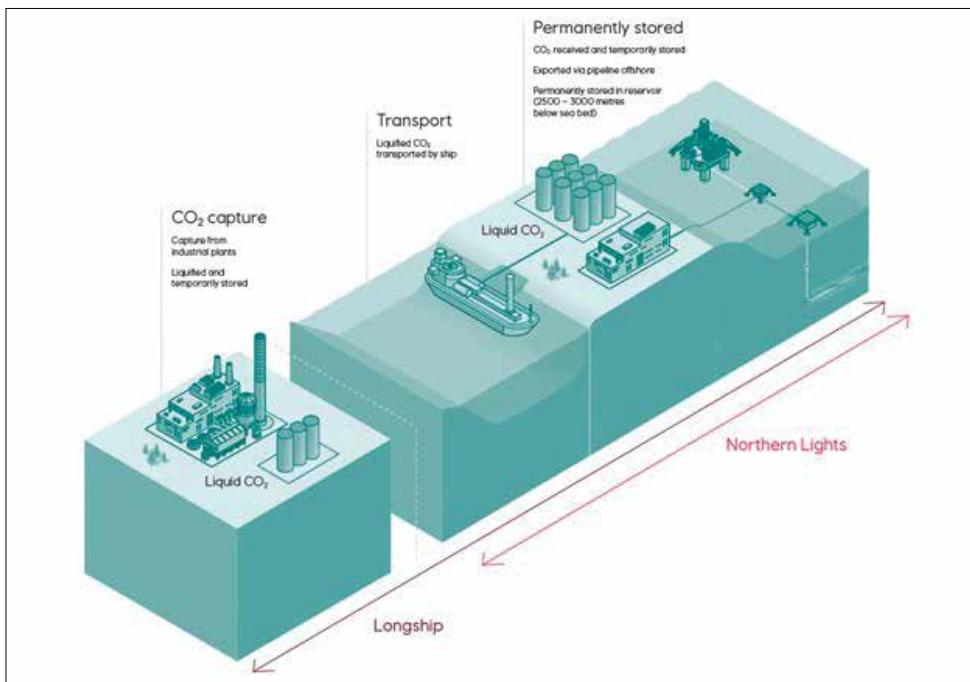
ادغام با نرم‌افزار AVEVA، که اشنایدر در آن سرمایه‌گذاری کرده، امکان مدل‌سازی دوقلوی دیجیتال سه‌بعدی را در طراحی تا مدیریت دارایی و در فاز عملیاتی فراهم می‌کند و ادغام یکپارچه در سراسر چرخه حیات محصول را تضمین می‌کند. متاورس صنعتی نرم‌افزارها را پشتیبانی می‌کند و راه‌حل‌هایی از طراحی کارخانه‌ها با استفاده از توئین‌های دیجیتال و مدل‌های PID تا اجرا و عملیات ارائه می‌دهد. این به معنای آن است که AVEVA به شرکت‌ها اجازه می‌دهد عملیات کارخانه در زمان واقعی را با انتظارات طراحی‌شان مقایسه کنند و عملکرد را بهینه سازند. حوزه‌هایی مانند کنترل فرایند پیشرفته، مدیریت عملکرد دارایی و آموزش اپراتورها پوشش داده می‌شود. این ادغام از طراحی تا عملیات به مشتریان کمک می‌کند تا پایداری و کارایی را از طریق دیجیتال سازی هدایت کنند. اشنایدر الکتریک بر شرکت‌ها تأکید زیادی دارد. یک نمونه موفق همکاری EcoStruxure در کارخانه دانکرک شرکت ArcelorMittal است که کیفیت فولاد را بهبود بخشیده، فرایند را بهینه کرده و شرایط کاری را ایمن‌تر ساخته است. همچنین در کارخانه Baosteel چین، این پلتفرم تولید را تا ۴ درصد افزایش داده و ایمنی را ارتقا بخشیده است. اشنایدر همچنین در پروژه‌هایی مانند GreenSteel H2 در سوئد مشارکت دارد که بر تولید فولاد با هیدروژن سبز تمرکز دارد.

بیشتری را در فناوری و بسته‌بندی مان ادغام کرده است. در صنایع مانند فولاد، تمرکز اشنایدر الکتریک بر الکتریکی سازی است. اشنایدر دهه‌هاست که در توزیع برق پیشرو است، چه در خانه‌ها، کسب‌وکارها یا پلنت‌های صنعتی مانند کارخانه‌های فولاد. هدف کمک به این صنایع برای انتقال به فرایندهای سبزتر است، مانند جایگزینی کوره‌های بلند سنتی (مبتنی بر زغال سنگ) با فناوری‌های پاک‌تر مانند کوره‌های قوس الکتریکی (EAF) و احیا مستقیم هیدروژنی آهن (DRI). اشنایدر نیازهای انرژی برای این تغییرات را تحلیل و زیرساخت فعلی را ارزیابی کرده و هر جالازم باشد، راه‌حل‌هایی برای ارتقا پیشنهاد می‌دهد. با ترکیب مشاوره، فناوری و تحول دیجیتال، نقشه‌های راه سفارشی برای صنایع مانند فولاد، معدن و سیمان ایجاد می‌کند تا به اهداف پایداری‌شان برسند. در حالی که مسیرهای کربن‌زدایی شناخته شده است، چالش در تأمین سرمایه‌گذاری‌های لازم و تأمین انرژی تجدیدپذیر است. برای مثال، دسترسی به هیدروژن سبز کم‌هزینه و انرژی تجدیدپذیر بسته به منطقه متفاوت است و بسیاری از تولیدکنندگان فولاد به حمایت دولتی نیاز دارند تا انتقال ممکن شود. نقش اشنایدر الکتریک بهینه‌سازی عملیات است که پروژه جدید یا ارتقای تأسیسات موجود تا کسب و کار را بهبود بخشد و انتقال به فولاد سبز را آسان‌تر کند. رویکرد شرکت برای نیازهای خاص هر صنعت سفارشی شده است، چه معدن، فلزات، مراکز داده یا غذا و نوشیدنی. هر بخش چالش‌های منحصر به فرد خود را دارد و دانش و تخصص خود را برای کمک به دست‌یابی به اهداف می‌طلبد. برای مثال، در صنعت معدن و فلزات، فشار فزاینده‌ای برای کربن‌زدایی وجود دارد و هر روز شرکت‌های بیشتری از بحث استراتژی‌های پایداری به اجرای واقعی آن‌ها می‌روند. اشنایدر بر بهینه‌سازی پروژه‌ها برای این صنایع تمرکز دارد و با کمک به دسترسی به انرژی پاک‌تر، بهبود کارایی عملیاتی و در نهایت افزایش بازگشت سرمایه و نگاه به کل عملیات، راه‌حل‌های جامع برای افزایش کارایی و پایداری ارائه می‌دهد. یکی از کلیدی‌ترین ابزارهای اشنایدر، پلتفرم EcoStruxure است که فناوری

اشنایدر الکتریک دهه‌ها تجربه در توزیع برق دارد و این تخصص را برای کمک به صنعت فولاد به کار گرفته است. اشنایدر با تحلیل نیازهای انرژی، ارزیابی زیرساخت‌های موجود و پیشنهاد ارتقاها، نقشه‌های راه سفارشی برای کارخانه‌های فولاد ارائه می‌کند. این رویکرد نه تنها انتشارات را کاهش می‌دهد، بلکه کارایی عملیاتی را افزایش داده و بازگشت سرمایه را بهبود می‌بخشد. اشنایدر الکتریک در آغاز در بخش شرقی فرانسه شروع به کار کرد، اما با گذشت زمان به‌طور چشمگیری تحول یافت. در ابتدا، هر چند پروژه‌های جهانی نیز داشت، اما عمدتاً یک شرکت فرانسوی بود. با این حال، در پانزده سال گذشته، تحت رهبری تیم مدیریتی جدید، عملیات خود را جهانی کرده است و وظایف اجرایی کلیدی را به مکان‌هایی مانند هنگ‌کنگ منتقل کرده و نقش‌های رهبری را در مراکز بین‌المللی مختلف توزیع کرده است. امروزه، اشنایدر الکتریک به عنوان یک شرکت فناوری صنعتی کاملاً جهانی عمل می‌کند، با کارخانه‌های تولیدی و زنجیره‌های تأمین در سراسر جهان. آنچه جالب است، یکنواختی رویکرد و ساختار سازمانی در جغرافیاهای مختلف است که این امر ثبات در خدمت‌رسانی به مشتریان را تضمین می‌کند. در حالی که کربن‌زدایی تمرکز اصلی شرکت است، اما به همان اندازه به بهبود دسترسی به انرژی پایدار نیز متعهد است. برای مثال، اشنایدر در سال‌های اخیر به میلیون‌ها نفر کمک کرده تا به انرژی پایدار دسترسی پیدا کنند. پایداری در مرکز برنامه‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و حاکمیتی این گروه قرار داشته است. اهداف پایداری شرکت نه تنها آرمانی هستند، بلکه قابل اندازه‌گیری اند. آن‌ها با معیارهایی مانند شاخص پایداری اشنایدر الکتریک پیگیری می‌کنند که این شاخص بر تصمیمات کلیدی کسب و کار تأثیر می‌گذارد. از جبران خدمات مدیران اجرایی تا مشوق‌های کارکنان. فراتر از عملیات داخلی، از تخصص توسعه یافته در کربن‌زدایی، اتوماسیون و دیجیتال سازی برای کمک به مشتریان در دست‌یابی به اهداف پایداری‌شان استفاده می‌شود. اشنایدر الکتریک به عنوان یکی از پایداری‌ترین شرکت‌های جهان شناخته شده و متعهد به دست‌یابی به عملیات نت-زیر (NetZero) است. همچنین، مواد سبز



نقش هیدروژن در مسیر گذار انرژی



تهیه کننده: واحد پژوهش و نوآوری (پژوهشکده فولاد)



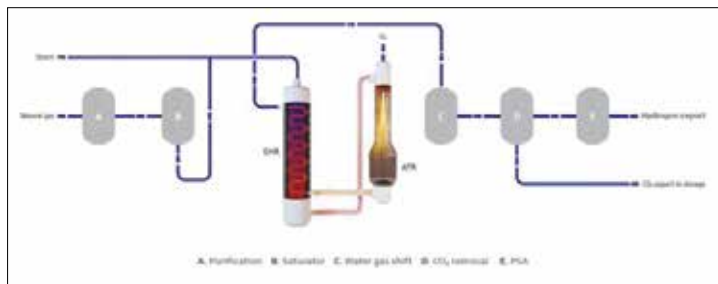
شرکت جانسون متی (JM) با سابقه حدود ۲۰۰ سال در خط مقدم حل برخی از چالش برانگیزترین مشکلات جهان بوده است. این شرکت با تخصص اولیه خود در فرآوری فلزات گروه پلاتین (PGM) شناخته شد و مسیرش به حوزه های متنوعی از علم مواد و فناوری پاک گسترش یافت. این شرکت یکی از پیشگامان جهانی در زمینه پالایش و بازیافت PGM ها تبدیل شده است، به ویژه در کاتالیزورها، جایی که این فلزات عالی عمل می کنند. یکی از دستاوردهای برجسته آن، توسعه میدل کاتالیزوری سه گانه برای موتورهای احتراق داخلی است، فناوری ای که اکنون پنجاه سالگی خود را جشن می گیرد. این نوآوری که از PGM ها استفاده می کند، در کاهش انتشارات مضر از اگزوز موتورهای نقش کلیدی داشته است. موفقیت JM در کاتالیزورها، پایه ای برای گسترش به فناوری های فرایندی شد.

با گذشت زمان، شرکت جانسون متی به کاتالیزورهای غیر PGM تنوع بخشید و با خریدهای استراتژیک، سید خود را تقویت کرد. این کار شرکت را به چندین فناوری پیشرفته رسانده که نقش حیاتی در حوزه محیط زیست ایفا می کنند. برای مثال، پیشرفت های قابل توجهی در فناوری های مرتبط با متانول و هیدروژن کم کربن داشته است. با شتاب گرفتن انتقال انرژی، جانسون متی تخصص خود را به سمت آینده ای پایدارتر هدایت کرده است. هیدروژن به تمرکز اصلی این شرکت تبدیل شده است که ناشی از نقش کلیدی PGM ها در الکترولیزر غشای تبادل پروتونی PEM و فناوری های گازهای فرایندی است که می توانند صنعت را در مقیاس بزرگ کربن زدایی کنند.

این شرکت اجزای حیاتی برای الکترولایزرهای PEM توسعه می دهد که هیدروژن سبز تولید می کنند و کارایی فرایند را افزایش می دهند. این اجزاد رسلول های سوختی نیز استفاده می شوند. وقتی هیدروژن در سلول سوختی استفاده می شود، برق را به صورت الکتروشیمیایی تولید می کند و تنها محصول جانبی آن آب است. این اجازه می دهد سلول های سوختی برق تولید کنند بدون انتشارات مضر یادرات، جایگزینی بالقوه برای موتورهای احتراق داخلی ارائه دهند. از خالص سازی PGM های ضروری برای تولید مستقیم هیدروژن و معدن تابا بازیافت این مواد، این شرکت عمیقاً در زنجیره ارزش هیدروژن ادغام شده است که به طور طبیعی آن را به صنایعی مانند تولید آهن و فولاد می رساند. جایی که هیدروژن برای کربن زدایی حیاتی است. این شرکت مدت هاست در فرایند اصلاح اتوترمال یا فناوری سین گازها دخیل بوده است که مرکزی برای تولید هیدروژن کم کربن (معروف به هیدروژن آبی) از گاز طبیعی یا سیستم های ذخیره و جذب کربن (CCS) است. همچنین دهه ها، در فناوری های تولید بلوک های شیمیایی ساختمان

مانند متانول، فرمالدئید و آمونیاک از سین گازها تخصص داشته است.

تخصص جانسون متی در تولید متانول، پایه محکمی برای پیشرفت فناوری هیدروژن آبی فراهم کرد. در سیستم های سنتی اصلاح بخار متان (SMR)، گرما با سوزاندن گاز خارجی به ظرف واکنش تأمین می شود، که منجر به گازهای دودکش با غلظت پایین دی اکسید کربن (CO2) مخلوط با نیتروژن می شود. جذب دی اکسید کربن از این سیکل انرژی بر و سرمایه بر است. در مقابل، فرایند جانسون متی تولید گرما را درون ظرف واکنش ادغام می کند و مزایای قابل توجهی ارائه می دهد. اول، دی اکسید کربن تولید شده کاملاً در جریان فرایند در فشار و خلوص بالا محصور است که جذب آن را بسیار ساده می کند. دوم، با حذف نیاز به احتراق خارجی و گازهای دودکش مرتبط، هزینه سرمایه ای برای جذب دی اکسید کربن نسبت به روش های سنتی کاهش می یابد. در نهایت، فناوری جانسون متی کارایی را با حداقل کردن مصرف گاز طبیعی به ازای هر کیلوگرم هیدروژن تولید شده به حداکثر می رساند، دی اکسید کربن کمتری تولید می کند و جذب ۹۹ درصد دی اکسید کربن تولید شده در فرایند را ممکن می سازد. تعهد جانسون متی به پیشرفت تولید هیدروژن پاک در



فناوری احیاء مستقیم مبتنی بر هیدروژن GreenIron رویکردی پایدار برای تولید آهن



 تهیه کننده: واحد پژوهش و نوآوری (پژوهشکده فولاد)

صنعت فولاد تولید فلزات یکی از بزرگ‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان است. با توجه به اهداف توافق‌ات اقلیمی برای کاهش انتشارات تا ۸۰ تا ۹۵ درصد تا سال ۲۰۵۰، نیاز به فناوری‌های نوین سبز احساس می‌شود. یکی از رویکردهای امیدوارکننده، احیای مستقیم با هیدروژن (H-DR) است که هیدروژن سبز را به عنوان عامل احیاء دهنده استفاده می‌کند. شرکت ABGreenIron H، یک شرکت سوئدی نوآور در زمینه فناوری احیای مستقیم مبتنی بر هیدروژن را توسعه داده است که امکان تولید فلزات خالص از سنگ معدن، ضایعات معدنی و محصولات جانبی را بدون انتشار دی‌اکسید کربن فراهم می‌کند. این فرایند با استفاده از هیدروژن سبز به عنوان عامل احیاء کننده، جایگزین روش‌های سنتی مبتنی بر زغال سنگ می‌شود که مسئول حدود ۷ تا ۸ درصد از انتشارات جهانی دی‌اکسید کربن هستند.



تجاری خود را در ساندویچ سبوترانه اندازی می کند که در مرحله راه اندازی اولیه خواهد بود. این کارخانه تولید DRI بدون سوخت فسیلی باشارکی مانند گروه N-H برای تأمین هیدروژن ABB برای اتوماسیون و Stegra برای بازیافت همکاری می کند.

آخری، توافقی Vale برای مطالعات امکان سنجی در برزیل امضا شده است. در سال ۲۰۲۵، این فناوری جایزه پیشگام را در Expo ۲۰۲۵ اوزاکا دریافت کرد و سرمایه گذاری معادل ۱۲۵ میلیون کرون سوئد جذب کرد. مطالعات جهانی نشان می دهند که H-DR در مقیاس صنعتی با پروژه هایی مانند HYBRIT در سوئد که مشابه هستند تقریباً در حال رسیدن به بلوغ است. با این حال، چالش هایی مانند هزینه بالای هیدروژن سبز به دلیل نیاز به الکترولیز و نیاز به زیرساخت های تأمین وجود دارند. مطالعات نشان می دهند که H-DR تنها تحت شرایط خاص (مانند دسترسی به برق ارزان تجدیدپذیر) اقتصادی است. همچنین، تأثیر ناخالصی ها در سنگ معدن بر سینتیک احیا نیاز به تحقیقات بیشتر دارد. آینده GreenIron شامل گسترش به سایت های جدید با داغام تولید هیدروژن محلی است. با کاهش هزینه های الکترولیز (پیش بینی شده ۵۰ تا ۲۰ درصد تا ۲۰۴۰)، این فناوری می تواند جهانی شود. فناوری احیاسستقیم مبتنی بر هیدروژن GreenIron یک نوآوری کلیدی برای صنعت فلزات سبز است. با تمرکز بر پایداری، کارایی و بازیافت، این روش می تواند به اهداف جهانی کاهش انتشارات کمک کند. تحقیقات آینده باید بر بهینه سازی هزینه ها و داغام بازتجزیه تأمین تمرکز کند تا این فناوری به استاندارد صنعتی تبدیل شود.

پژدازش احیا حدو یک ساعت است و محصول نهایی هن اسفنجی غیرپروفریک با درجه فلزی بالا است که برای استفاده در کوره های قوس الکتریکی، کارخانه های ذوب و ریخته گری مناسب است. این فرایند مدولار است و می تواند برای فلزات دیگر مانند مس، نیکل و منگنز اعمال شود. طراحان فناوری ادعا می کنند که این روش بازیابی انرژی بسیار بالایی دارد، زیرا از گرمایش داخلی و گردش گاز استفاده می کند. مطالعات مشابه نشان می دهند که احیا با هیدروژن در فشار بالاتر و دمای (۹۰۰ تا ۱۲۰۰) درجه سانتی گراد) می تواند ستنیک و اکش را بهبود بخشد و ساختار متخلخل آهن اسفنجی را حفظ کند.

یکی از اصلی ترین مزایای این فناوری، حذف کامل انتشارات دی اکسیدکربن در مرحله احیا است. این فناوری با منابع انرژی تجدیدپذیر سازگار است و می تواند با تولید هیدروژن سبز ادغام شود. GreenIron هیدروژن خود را از تأمین کنندگان خارجی مانند Norwegian Hydrogen تأمین می کند که از الکترولیز با انرژی تجدیدپذیر استفاده می کنند. از نظر اقتصادی، این روش مصرف انرژی کمتری دارد و قابلیت استفاده از ضایعات ارزان قیمت را فراهم می کند که هزینه های ورودی را کاهش می دهد. مطالعات فنی اقتصادی نشان می دهند که فرایند H-DR می تواند با هزینه هیدروژن پایین (کمتر از ۲ دلار بر کیلوگرم) رقابتی باشد. تأثیرات زیست محیطی گسترده تر شامل کاهش مصرف آب (زیرا به نهم محصول جانبی آب است که می تواند بازیافت شود) و کاهش آلاینده های دیگر مانند SOx و NOx است، مکان های با کیفیت بالای سنگ معدن می توانند بازار

ه این روش می تواند انتشارات مستقیم دی اکسیدکربن ۸۵ تا ۹۰ درصد کاهش دهد، به شرطی که هیدروژن از منابع سبز تولید شود و ادغام هیدروژن در کارخانه های DR می تواند هزینه های عملیاتی را با پیهنه سازی باتمرکز عملی کاهش دهد. GreenIron این مفهوم را باتمرکز بر مواد بازآفرینی گسترش داده است. برخلاف روش های متداول اولیه که عمدتاً بر سنگ معدن تمرکز دارند، این فناوری از ضایعاتی مانند مقیاس پوسته، رد و غبار فیلتر و باطله های معدنی استفاده می کند. به این امر به اقتصاد چرخشی کمک می کند. بر اساس گزارش RMI، چنین رویکردهایی می توانند «مسیرهای هزن سبز» ایجاد کنند و وابستگی به استخراج معدنی جدید را کاهش دهند. فرایند GreenIron یک روش حیامستقیم مبتنی بر هیدروژن بدون دی اکسیدکربن است که در چهار مرحله اجرا می شود. ابتدا، مواد رودی اکسیدی (مانند سنگ معدن، سرباره، پوسته، رد و غبار فیلتر، پیرایه، ضایعات آسیاب و باطله ها) پیش پردازش می شوند. این مرحله شامل آگلومره سازی سرد (بدون گرمایش) برای شکل دهی به گندله ها یا ریخته گری هاست تا جریان گاز را تسهیل کند. سپس، مواد یک محفظه فلزی سوراخ دار با گرداری می شوند و به کوره منتقل می گردند. قبل از تزریق هیدروژن، کوره نیتروژن سست و شو و تخلیه می شود تا اکسیژن حذف شود. هیدروژن گرم وارد می شود و واکنش احیا گاز می گردد. جریان گاز با استفاده از نیروهای طبیعی مانند گرانش و تفاوت فشار کنترل می شود که این امر آرایه ای انرژی را افزایش می دهد. گاز خروجی شامل H_2 و H_2O باقی مانده از طریق سیستم بازیابی حرارت

فرایند GreenIron شامل چهار مرحله اصلی است: پیش‌پردازش مواد، بازرگاری در کوره، احیا با هیدروژن و تخلیه محصول نهایی. واکنش شیمیایی اصلی شامل حذف اکسیژن از اکسیدهای فلزی با هیدروژن است که تنها محصول جانبی آن آب است. این فناوری با کارایی انرژی بالا، مقیاس پذیری مدولار و قابلیت اعمال بر انواع اکسیدهای فلزی مانند آهن، مس و نیکل، پتانسیل زیادی برای کاهش انتشارات در صنایع معدنی و فلزی دارد. بر اساس مطالعات علمی، فناوری‌های احیا مستقیم با هیدروژن می‌توانند تا ۸۵ درصد انتشارات مستقیم دی‌اکسید کربن را نسبت به روش‌های جایگزین کاهش دهند.

در حال راه‌اندازی اولین کارخانه تجاری خود در ساندرویک، سوئد است و با شرکای مانند Norwegian Hydrogen و ABB همکاری می‌کند. در ادامه به بررسی جزئیات فنی، مزایا، چالش‌ها و چشم‌انداز آینده این فناوری پرداخته خواهد شد. این شرکت نه تنها به تولید آهن احیا مستقیم یافته تمرکز دارد، بلکه به بازیافت ضایعات معدنی و محصولات جانبی نیز تأکید می‌کند که این امر آن را از روش‌های سنتی متمایز می‌سازد.

فناوری GreenIron بر پایه اصول شیمی فیزیکی احیا اکسیدها استوار است و با استفاده از هیدروژن تولید شده از منابع تجدیدپذیر، انتشارات را به صفر می‌رساند. روش‌های سنتی تولید فولاد، مانند فرایند کوره بلند-کنوثر، بر پایه احیا اکسید آهن با کربن است که منجر به تولید دی‌اکسید کربن می‌شود. این فرایند نه تنها انتشارات زیادی دارد، بلکه مصرف انرژی زیادی نیز به همراه دارد. در مقابل، تنها محصول جانبی واکنش احیا