

شاهکار صنعت فولاد

**PERED**

Persian Reduction

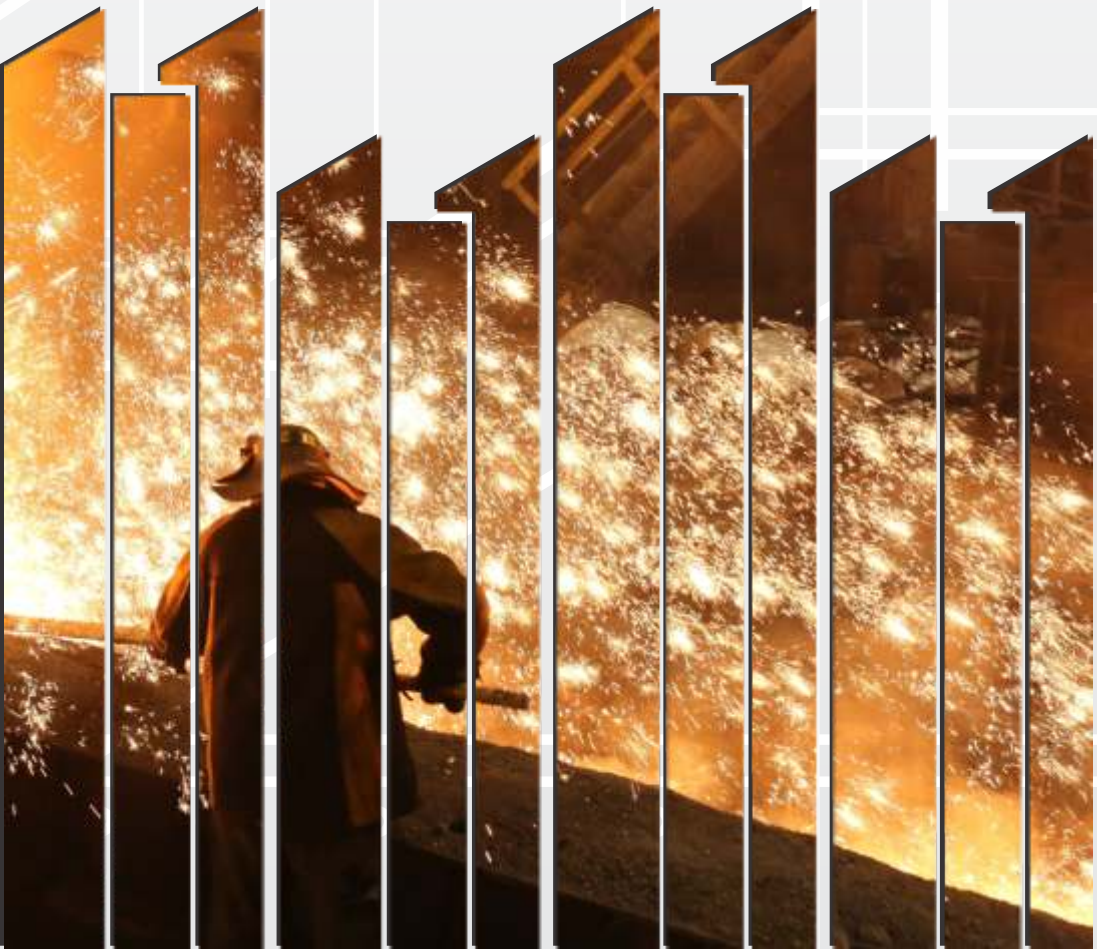
پیر تکنولوژی برتر ایران در صنعت فولاد

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



ای آنکه با علم خود تدبیر کرد

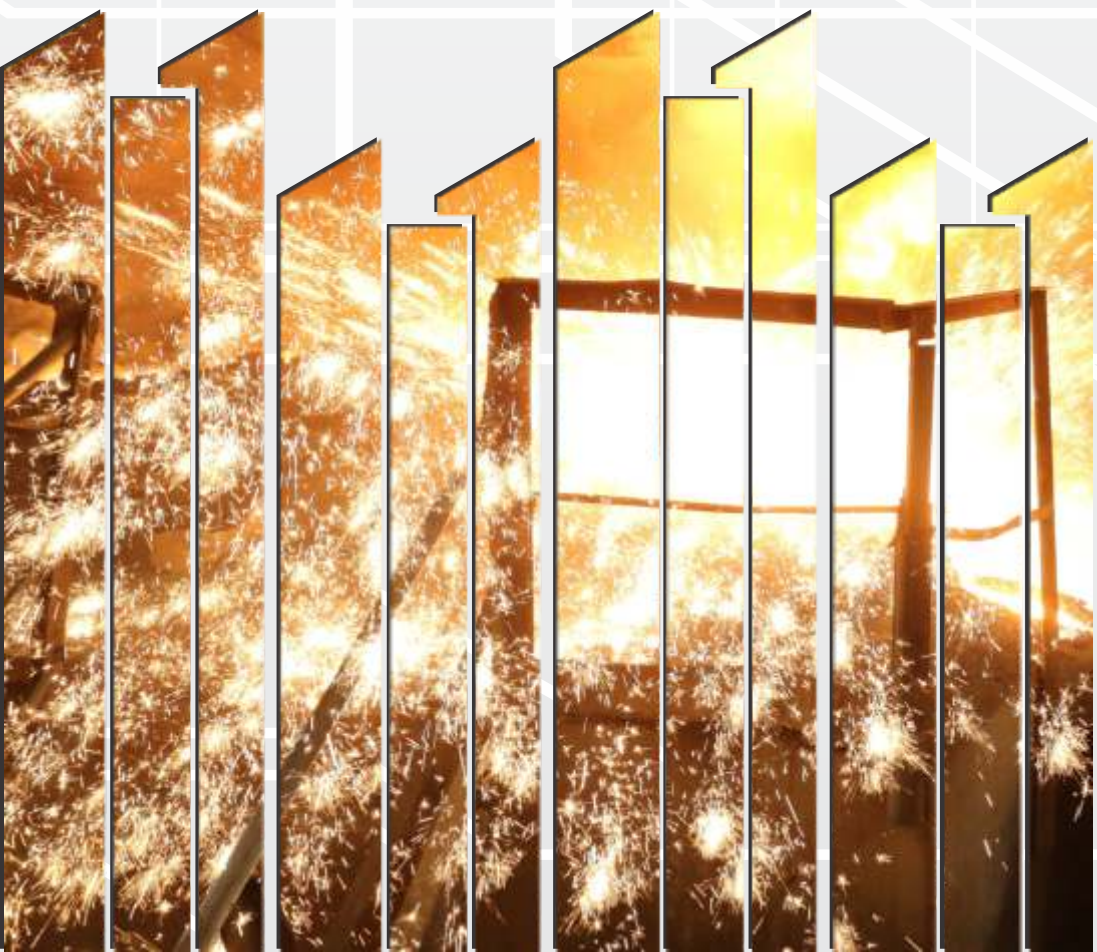
يَا مَنْ دَبَّرَ بَعْلِمِهِ



شاهکار صنعت فولاد

PERED Persian Reduction

پروژه تکنولوژی برتر ایران در صنعت فولاد





### رهبر معظم انقلاب:

امروز یکی از نیازهای اساسی و درجه‌ی یک کشور، نیاز علمی است. اگر چنانچه ما توانستیم در عرصه‌ی علمی، پیشرفت‌هایی را که تا امروز بحمدالله به دست آمده است، با همین سرعت دنبال کنیم، هم در زمینه‌ی مشکلات اقتصادی، هم در زمینه‌ی مشکلات سیاسی، هم در زمینه‌ی مشکلات اجتماعی، هم در زمینه‌ی مسائل بین‌المللی، مطمئناً گره‌گشائی‌های بزرگی خواهد شد.



### دکتر حسن روحانی رئیس جمهور:

هر زمان، در هر بخشی حتی در زمینه ترویج دین از علم و دانش استفاده کردیم، سخن ما استوارتر و پایدارتر بوده و موفق بودیم و هر جا مدیریت ما در چارچوب دانش بود در مسیری درست حرکت کرده است.



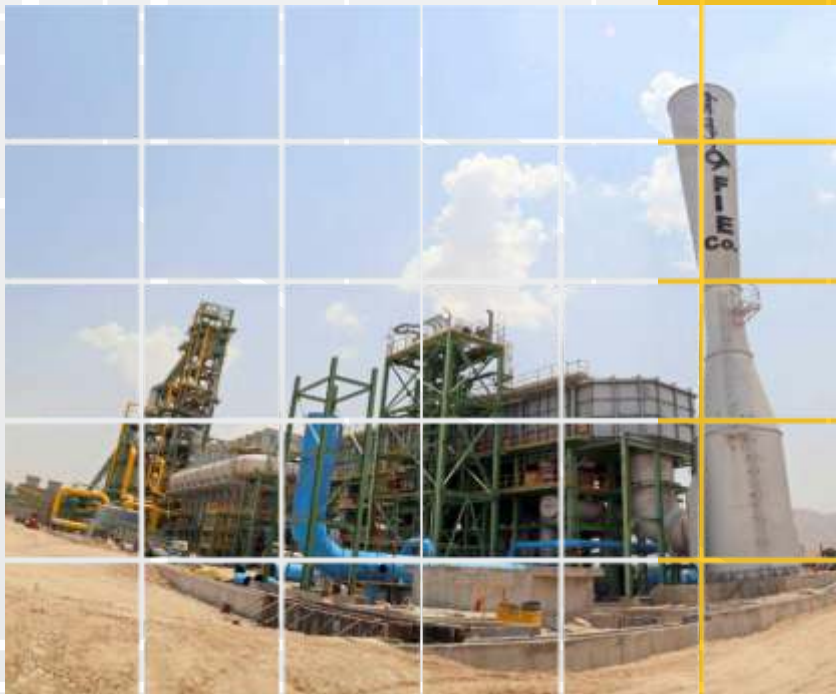
## مهدی کرباسیان

معاون وزیر صنعت معدن و تجارت رییس هیات عامل ایمیدرو

فن آوری نوین ایرانی در احیای مستقیم، نقطه عطف صنعت فولاد ایران

اردیبهشت ماه ۱۳۹۶ نقطه آغازین به ثمر نشستن تکنولوژی ایرانی برای تولید آهن اسفنجی یا پرد (Persian Reduction) بود. روز ۳۰ اردیبهشت مشعل های نخستین کارخانه احیای مستقیم با روش پرد روشن و روشنگر، مسیر پیشرفت و توسعه صنعت فولاد ایران شد. ایران با وجود منابع گازی و سواحل وسیع در جنوب کشور، از فرصت قابل توجهی برای توسعه صنعت فولاد برخوردار شده است. از سال های گذشته که برنامه دستیابی به ظرفیت ۵۵ میلیون تنی فولاد، با سرعت بیشتری پیشرفت کرده، اهمیت احداث کارخانه های تولید آهن اسفنجی بیش از پیش نمایان شده است. تلاش شرکت های خصوصی ایران در این باره سبب شده امروزه در نقطه عطفی از نظر تکنولوژی قرار گیریم.

باتوجه به اینکه حدود ۸۰ درصد از ظرفیت های ایجاد شده فولاد خام ایران با روش احیای مستقیم (DRI) ایجاد شده، ضرورت دارد از حداکثر توان فنی و مهندسی داخلی بهره ببریم. خوشبختانه دانشی که پیشتر وارداتی بود، پس از سال ها تجربه، اکنون توسط متخصصان ایرانی به صورت مکتوب در آمده و دارای حقوق مولف است.





ثبت روش احیای مستقیم پِرد، توسط متخصصان ایرانی در آلمان نقطه قوتی برای توسعه صنعت فولاد کشورمان به شمار می آید. پیشتر غالباً تکنولوژی های دیگر در کارخانه های فولاد ایران به اجرا در آمده بود، اما با آغاز تولید کارخانه احیای مستقیم شادگان، دستاورد متخصصان این سرزمین تحقق یافته و جای بسی افتخار دارد.

در این گزارش فرصتی برای ارایه مفصل مزیت های این روش ایجاد شده اما می توان بصورت خلاصه گفت؛ با توجه به اهمیت کاهش مصرف انرژی به ویژه آب، تکنولوژی پِرد نقطه قوتی برای صنعت فولاد ایران به شمار می آید. کاهش سرمایه گذاری اولیه، بالابردن بهره‌وری، عدم نیاز به اخذ مجوز از صاحبان تکنولوژی خارجی، امکان صدور تکنولوژی، بهبود شاخص های زیست محیطی، کاهش هزینه های نگهداری، همچنین افزایش تولید داخلی از جمله ویژگی های این تکنولوژی به شمار می آید.

به جرات می توان گفت که سال ۱۳۹۶ سالی به یادماندنی در تاریخ صنعت فولاد ایران خواهد شد. «شادگان» نخستین طرح از مجموعه فولادهای استانی است که در تولید آهن اسفنجی از تکنولوژی داخلی بهره برده که در راستای گسترش این طرح، مجموعه «میانه» نیز در شهریور ماه با موفقیت به بهره برداری رسید و در پی آن مجموعه های «نی ریز» و «بافت» برای بهره برداری از این تکنولوژی در نوبت تولید هستند.

جای بسی افتخار است که متخصصان فولاد کشورمان موفق شده اند، چرخ صنعت فولاد را در سایه اقتصاد مقاومتی به حرکت در آورند.



## مقدمه

فولاد خام عموماً به دو روش تهیه آهن خام (چدن مذاب) در کوره بلند یا احیای مستقیم سنگ آهن ذوب آهن اسفنجی و قراضه در کوره های الکتریکی از قبیل قوس الکتریکی، انجام می شود. بیش از ۷۰ درصد فولاد جهان به روش کوره بلند و ۳۰ درصد به روش کوره های قوس الکتریکی تولید می شوند. این در حالی است که صنعت فولاد ایران، مسیر کاملاً متفاوتی را دنبال می کند.

بنا بر آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۶، کمتر از ۲۰ درصد تولید فولاد ایران به کوره بلند اختصاص دارد و بیش از ۸۰ درصد تولید آن توسط کوره های قوس الکتریکی انجام می شود. هر کدام از روش های یاد شده مزایا و معایب مختص به خود را دارند ولی انتخاب نهایی روش تولید، به پارامترهای مختلفی بستگی دارد. مواد اولیه و قیمت انرژی از اثرگذارترین پارامترها در این حوزه به شمار می آیند.

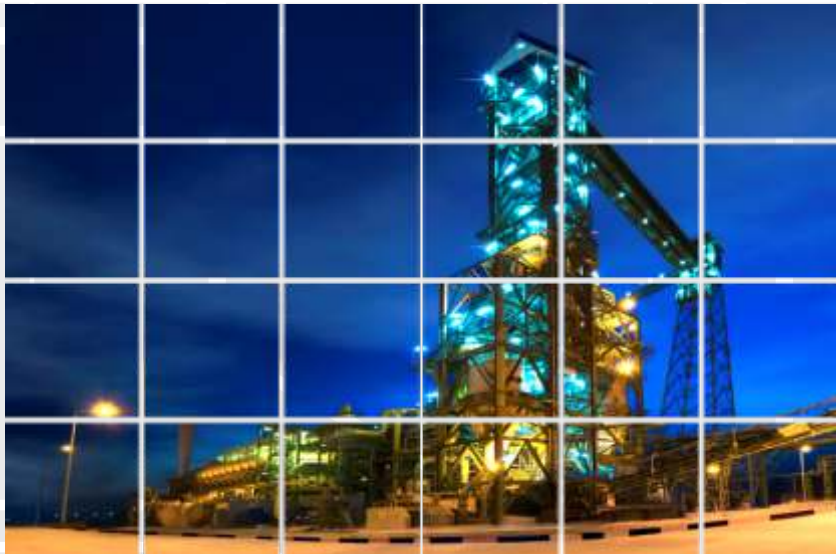
زغال سنگ و کک را می توان از مواد اولیه اصلی در تولید فولاد به روش کوره بلند نام برد. اما ایران از منابع غنی زغال سنگ برخوردار نیست تا بتواند آن را به کک تبدیل کند. استفاده از کک وارداتی علاوه بر مشکلات تامین به دلیل قیمت بالای آن به لحاظ اقتصادی، زیاد مقرون به صرفه نیست البته برخی کارشناسان بر این باورند که، اگر اکتشافات تکمیلی انجام شود، قطعاً به ذخایر مناسبی از زغال سنگ دست پیدا خواهیم کرد اما تحقق این امر نیاز به سرمایه گذاری بالا و تکمیل فعالیت های اکتشافی دارد، بنابراین وجود منابع گاز طبیعی فراوان و به نسبت ارزان و همچنین ذخایر عظیم سنگ آهن مرغوب، از مهمترین دلایل توسعه روش کوره های قوس الکتریکی در ایران به شمار می آید.



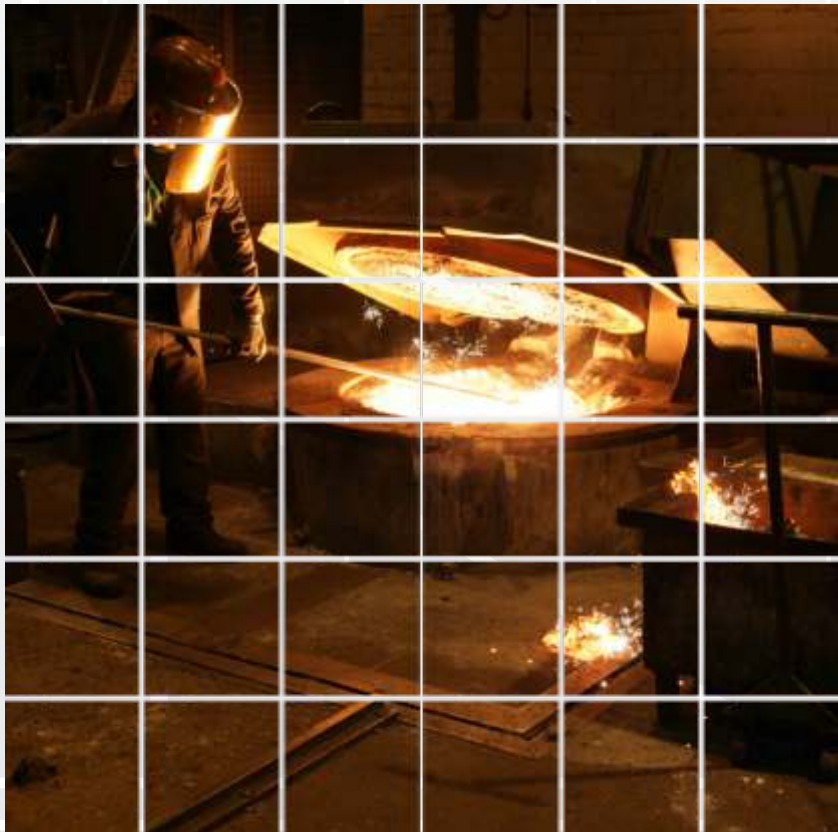
## ایران، بزرگ ترین تولید کننده آهن اسفنجی

آهن اسفنجی، محصول احیای مستقیم گندله سنگ آهن، یکی از مواد اولیه ای محسوب می شود که از آن برای تولید فولاد خام توسط کوره های قوس الکتریکی استفاده می شود. این محصول عیار بالایی دارد و با توجه به کمبود ضایعات آهن، افزایش قیمت و کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از استفاده آن، مورد توجه قرار گرفته است. ایران بزرگترین تولید کننده آهن اسفنجی دنیا به روش احیای مستقیم پایه گازی به شمار می آید که از تکنولوژی های گوناگونی برای تولید این محصول در کشور استفاده می شود.

تکنولوژی های دیگر با محدودیت هایی مواجه هستند؛ بنابراین واحدهای صنعتی در طول سالیان مختلف تلاش کرده اند تا این موانع را به حداقل برسانند. برای نمونه با ایجاد شرایط مختلف برای بهبود ورودی گندله، کسب متالیزاسیون بالاتر یا نرخ بهره بری بیشتر، اقدامات متعددی را انجام داده و طرح هایی را با هدف بهبود شرایط تولید ارائه کرده اند. بنابراین این تکنولوژی ها در مسیر خود، با پیشرفت و بهبودی مواجه شده اند. در این راستا متخصصان کشور که با تکنولوژی های احیای مستقیم آشنایی کامل داشتند، تغییرات و اصلاحات متعددی را انجام داده و روشی را ابداع کردند که مزیت های تکنولوژی های دیگر را دارا است و بعلاوه نوآوری های بی بدیلی نیز به آن افزوده شده است.



متخصصان ایرانی بر اساس تجربیات خود، ابتدا یک ایده را مطرح و سپس روش احیای جدیدی را تحت عنوان PERED® ابداع کردند. در این تکنولوژی تلاش شده تا از مزایای دو روش قبلی بهره گرفته شود و در موارد متعددی این قابلیت ها افزایش پیدا کنند و ابداعات جدیدی به آنها اضافه کردند. در این تکنولوژی بومی، امکان تولید محصولات متنوعی همچون احیای مستقیم سنگ آهن (Direct Reduced Iron)، بریکت گرم آهن اسفنجی (HBI) و HDRI مطابق با نیاز مشتری وجود دارد. برای تولید محصولات در تکنولوژی یاد شده می توان از گاز طبیعی یا گاز سنتز استفاده کرد. این در حالی است که واحدهای احداث شده با این تکنولوژی می توانند با ظرفیت سالانه حدودی ۳۰۰ هزار تا ۲ میلیون تن آهن اسفنجی تولید نمایند.



## روش جدید تولید آهن اسفنجی

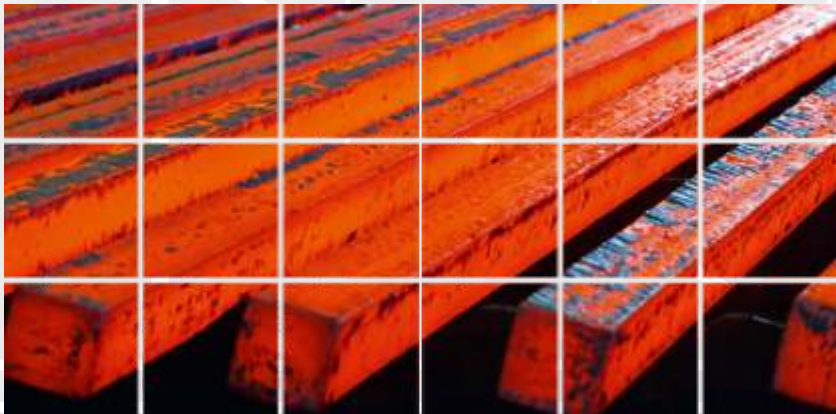
PERED® را می توان روش بهینه سازی شده برای تولید آهن اسفنجی دانست. این تکنولوژی با عنوان (Persian Reduction) PERED، در آلمان و تحت لیسانس شرکت ایرانی MME به ثبت رسیده است. بهره گیری از این روش جدید برای تولید آهن اسفنجی نسبت به روش های سابق مزیت هایی را به دنبال دارد.

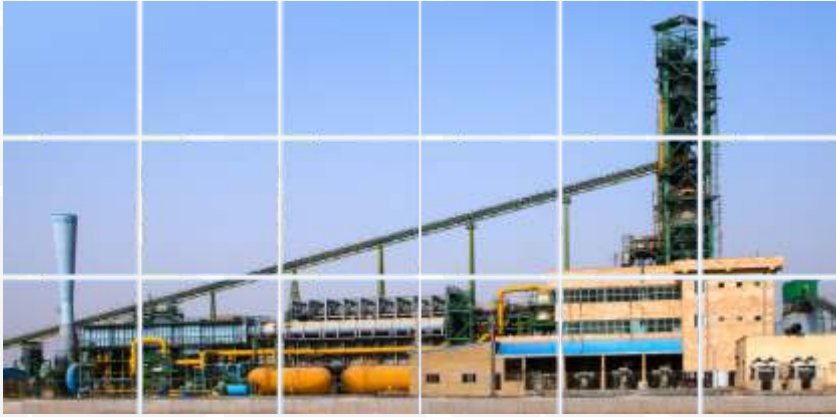
همان طور که پیش از این اشاره شد، سابق بر این برای احیای گندله آهن و تولید آهن اسفنجی از تکنولوژی های دیگر در داخل کشور استفاده می شد. بنابراین واحدهایی که از این تکنولوژی ها بهره می گیرند، موظف هستند هزینه ای را تحت عنوان حق عضویت پرداخت کنند. ضمناً در اصلاحات و تغییرات، ملزم به خرید بخشی از تجهیزات و دانش از شرکت خارجی می باشند که معنی آن وابستگی بیشتر از قبل است. اما از آنجا که تکنولوژی جدید توسط متخصصان ایرانی ابداع شده و به ثبت رسیده است، واحدهای داخلی از پرداخت اینگونه هزینه ها معاف خواهند بود. بنا بر این در همین ابتدای امر، کاهش هزینه های تولید را به همراه دارد.



## لازم به یادآوری است؛ تکنولوژی PERED® تفاوت‌هایی با روش‌های گذشته دارند. برخی از تغییرات ایجاد شده عبارتند از:

۱. در روش‌های معمول تولید آهن اسفنجی، گاز احیایی از طریق یک داکت به کوره وارد می‌شود. اما در تکنولوژی جدید، ورود این گاز با استفاده از دو داکت مجزا، انجام می‌شود. بنابراین از یک سو یکنواختی و هموژنی گاز احیایی را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر می‌توان کنترل آن را بیشتر از روش‌های قبل در اختیار داشت.
۲. در روش‌های قدیمی تولید آهن اسفنجی، ۳ کلوخه شکن بالایی، میانی و پایینی استفاده می‌شود؛ در حالی که در روش PERED®، یکی از کلوخه شکن‌ها حذف شده‌است.
۳. در روش‌های معمول، گندله به صورت اختاپوسی به کوره تزریق می‌شود. اما در طرح جدید PERED®، لوله تغذیه دیگری برای ورود گندله در مرکز کوره نیز تعبیه شده‌است. این امر امکان تامین یکنواخت خوراک را فراهم می‌کند و در نهایت کارایی را افزایش خواهد داد. این موضوع یکی از دلایلی بوده که امکان حذف یکی از کلوخه شکن‌ها را فراهم کرده‌است.
۴. در تکنولوژی‌های دیگر با ظرفیت هشتصد هزار تنی از لوله‌هایی با قطر ۸ اینچ برای ریفرمر استفاده می‌شود. اما در طرح جدید برای پلنت‌های هشتصد هزار تنی، این قطر تا ۱۰ اینچ افزایش یافته که موجبات کاهش تعداد لوله‌ها را فراهم می‌کند و اندازه نهایی محفظه ریفرمر هم کوچک‌تر می‌شود.





۵. در روش جدید از کاتالیست منحصر به فردی استفاده می شود. این کاتالیست، شکست گازهای احيایي را تسريع می کند که طول عمر بیشتری نیز دارد.
۶. امکان استفاده از کمپرسورهای سانتریفیوژی به جای کمپرسورهای جابجایی مثبت لوبیایی در تکنولوژی پرد، که این جایگزینی آزادی عمل بیشتری را ایجاد می نماید و هزینه های مصرف برق و ... و نیز سرمایه گذاری را کاهش می دهد.
۷. در طرح جدید تولید آهن اسفنجی برای پلنت های ۸۰۰ هزار تنی، رکوپراتور (سیستم بازیاب حرارتی) به صورت معکوس نصب شده است. نحوه نصب تجهیز یاد شده، این امکان را فراهم می آورد تا در زمان تعمیر تجهیزات، باندل ها با سهولت بیشتر و طی زمان کمتری از رکوپراتور خارج شوند.
۸. در روش PERED®، فضای خالی بالای کوره کم شده است و ارتفاع کوره نیز به علت تفاوتی که در نوع تزریق شارژ انجام شده و بیشتر هم به آن اشاره شد، مفید تر شده است. داکت جانبی خروجی گاز به دو داکت از روی سقف تغییر یافته است.
۹. در کوره ها با تکنولوژی های دیگر خنک کردن کوره به صورت نقطه ای و سپس درخت کریسمس انجام می شود. اما در روش PERED®، خنک کنندگی از طریق خط محیطی انجام می شود. بنا براین خنک کاری در روش جدید از توزیع، اثرگذاری و کارایی بیشتری برخوردار است.
۱۰. ریفورمر از تزریق بخار بهره می برد و کنترل پارامترهای ریفورمینگ را بهتر نموده است.
۱۱. با استفاده از تزریق گاز در ناحیه میانی کوره، بهره وری افزایش پیدا می کند.

تمامی موارد یاد شده در نهایت موجبات بهبود فرایند احیا را در این ابداع جدید فراهم می‌آورند. در واقع باید گفت که تغییرات ایجاد شده مزیت‌هایی را به دنبال دارند. کاهش میزان سرمایه‌گذاری اولیه یکی از مهم‌ترین مزیت‌های روش PERED® به‌شمار می‌رود؛ همچنین نباید از توجه به این نکته غافل بود که سرمایه مصرف شده نیز در داخل کشور استفاده خواهد شد و موجبات رونق هر چه بیشتر صنایع داخلی را فراهم می‌آورد. در طرح جدید دمای دودکش به شدت کاهش یافته و از حجم ورود گازهای آلاینده به اتمسفر کاسته شده است. بنابراین، در راستای حفظ محیط زیست موثر خواهد بود.

این طرح همچنین کاهش مصرف آب، برق و گاز را به دنبال داشته است. زمان رسیدن به محصول نهایی با کیفیت در این طرح بسیار کمتر شده است. برای بهبود سایر پلنت‌های ایجاد شده توسط تکنولوژی‌های دیگر نیز می‌توان با بررسی‌های دقیق فنی و مهندسی، طرح‌های اصلاحی و بهبود را بر پایه تکنولوژی پردازا نمود.





## مزایای کارخانه PERED® ایرانی نسبت به تکنولوژی های دیگر:

۱- کاهش سرمایه اولیه

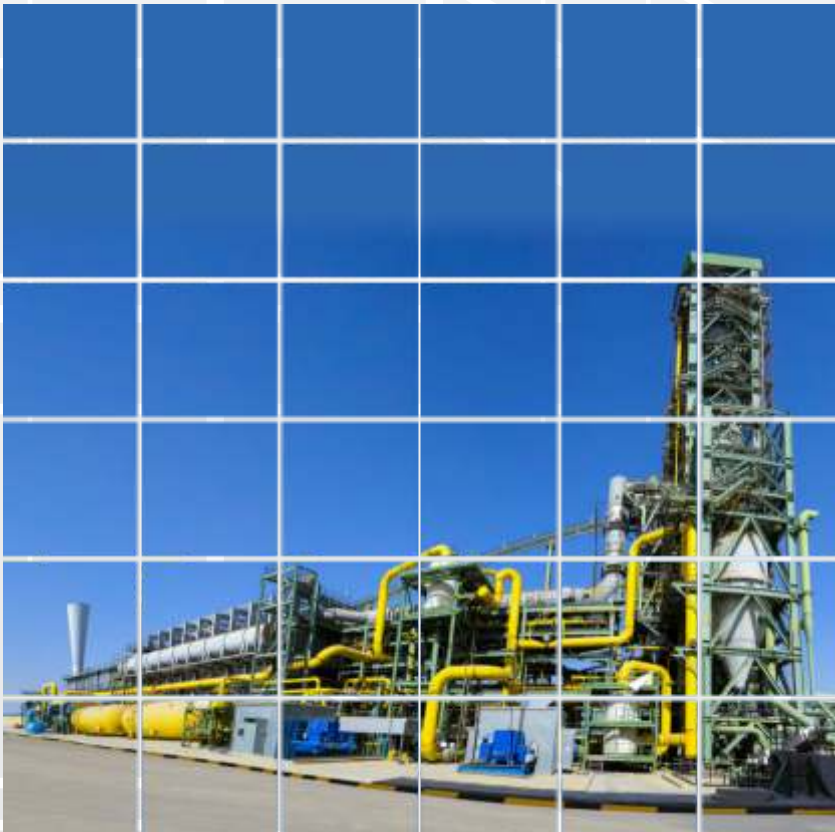
۲- انعطاف پذیری با استفاده از مواد اولیه داخلی

۳- قابلیت اطمینان عالی (reliability)

۴- مصرف آب، برق و گاز کمتر

۵- سازگاری بیشتر با محیط زیست

۶- کاهش هزینه تعمیر و نگهداری

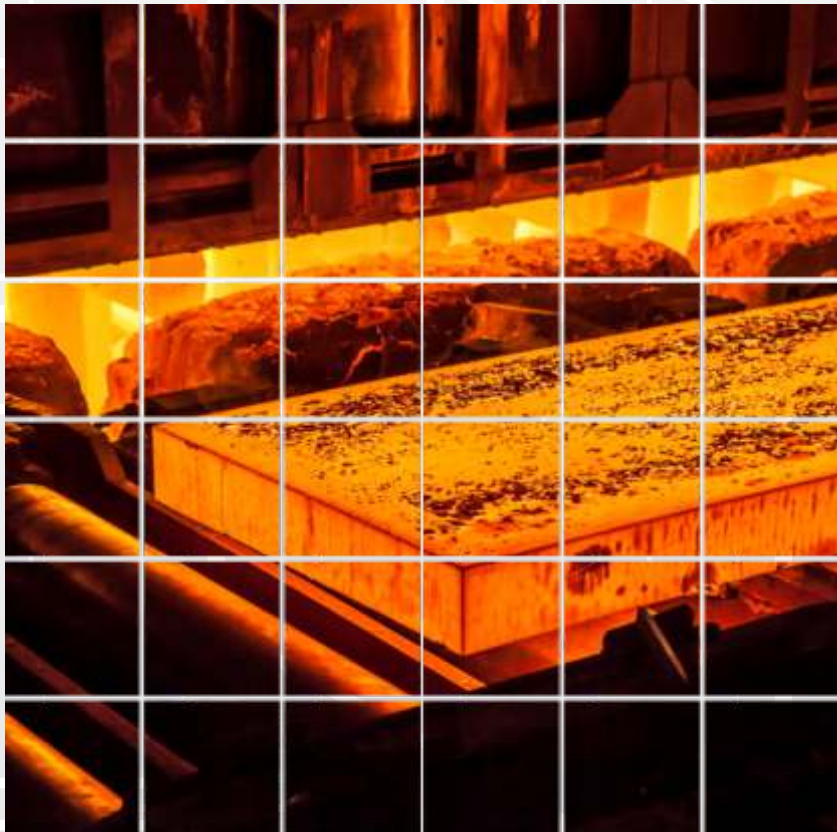




- ۷- بهره برداری ساده تر و کارایی بهتر و بیشتر
- ۸- جلوگیری از خروج ارز از کشور برای خرید تکنولوژی
- ۹- خود اتکایی تکنولوژی با استفاده از متخصصان داخلی
- ۱۰- بازدهی بسیار بالا
- ۱۱- انعطاف پذیری با استفاده از سنگ توده
- ۱۲- زمان کمتر برای رسیدن به محصول با کیفیت

### برخی از ویژگی های منحصر به فرد PERED® عبارتند از:

- آبنندی مکانیکی کوره، فشار عملیاتی متوسط، درجه حرارت قابل انعطاف و کیفیت گاز قابل انعطاف ورودی.
- صرفه جویی در انرژی و هزینه، بسیاری از تجهیزات با آخرین فن آوری های موجود. این طراحی موجب کاهش سایز تجهیزاتی مانند ریفرمر و نهایتاً کاهش هزینه ها شده است.
- با توجه به انعطاف پذیری نسبت به تغییرات دمایی و خلوص گاز احیاء، امکان تشکیل خوشه (cluster) در کوره کمتر است.
- با توجه به طراحی خاص توزیع گاز در قسمت cooling zone کوره احیاء (استفاده از china hat) خنک شوندگی محصول بهتر و سریع تر است.



- بازدهی بالاتر (tons product/M3/day) در تکنولوژی PERED® نسبت به تکنولوژی‌های دیگر.
- با توجه به تغییرات طراحی اسکرابرها، بازدهی اسکرابرهای PERED® بیشتر شده است.
- با توجه به طراحی خاص کلوخه شکن ها، تولید fine در واحد PERED® کمتر شده است.
- با توجه به تغییرات در کوره ، توزیع دما در کوره PERED® بهتر و باعث ایجاد ریزدانه کمتر در خروجی شده است.
- تعمیر و نگهداری tube bundle ها در واحد PERED® سریع تر و بهتر است.(با توجه به تغییرات در طراحی سیستم heat recovery)



جدول مقایسه تکنولوژی PERED® با تکنولوژی های دیگر در پارامترهای مختلف

Typical comparison between PERED® & MIDREX is as shown below

Parameter	Unit of Measurement	تکنولوژی PERED®	تکنولوژی های دیگر
Carbon %	%	1.5 – 3.0	1.5 – 2.5
Pellet / DRI	Ton / Ton DRI	~ 1.42 less dust	1.45
Gas Consumption	Gcal / Ton DRI	2.4 – 2.7	2.5 – 2.8
Power Consumption	Kwh / Ton DRI	100 - 120	100 - 130
Water Consumption	M³ / Ton DRI	0.9 – 1.4	1.0 – 1.5
Furnace Efficiency	Ton / Day – M³	10-10.5	9.5-10
Maintenance Costs	Euro / Ton DRI	3.9	4.3
Man-Hour	Man-Hour / Ton DRI	0.40	0.45





---

**PERED** Persian Reduction

---

S t a t e o f t h e A r t

---

**W W W . M M E - C O . D E**

---

**IMIDRO**

---

[WWW.IMIDRO.GOV.IR](http://WWW.IMIDRO.GOV.IR)