



شرکت پشتیبانی و توسعه
فناوری و نوآوری
فولاد مبارکه
Mobarakeh Steel Technology & Innovation
Development Co.



کلان‌روندهای نوظهور موثر بر صنعت فولاد

توسعه زیست‌بوم نوآوری فولاد مبارکه



کلان روندهای جهانی

تغییرات جمعیتی

روندهای جمعیتی، مهاجرت، ارزش‌ها، فرهنگ و تحصیلات، سالخورده‌گی جمعیت

عوامل سیاسی

حاکمیت و ژئوپلیتیک، آینده دموکراسی و ریسک‌های جهانی مانند جنگ‌ها

عوامل زیست‌محیطی

آلودگی و تغییرات آب‌وهوایی و تغییرات پایداری، مواد خام و منابع طبیعی، تهدیدات مربوط به اکوسیستم‌ها

تغییرات فناورانه

ارزش فناوری، صنعت 4 و تحولات فناورانه آن مانند هوش مصنوعی، ربات‌ها، ماشین‌ها و انسان‌ها

عوامل اقتصادی

تغییر قدرت، جهانی‌سازی، تغییرات منطقه‌ای، چالش بدهی و تورم

بهداشت و درمان

پاندمی، بیماری‌ها و درمان‌ها





- 1 اقتصاد چرخشی**
- سرباره
 - آب
 - تصفیه پساب
 - انرژی
 - ضایعات آهنی
 - ضایعات جامد غیرآهنی
 - گازهای خروجی

2 پرعیارسازی منابع سنگ آهن

- منابع کم‌عیار هماتی
- منابع کم‌عیار تیتانومگنتیت
- گوگردزدایی
- فروآلیاژها

3 پایداری و تولید فولاد سبز

- کاهش نشر کربن

4 مواد مصرفی، تجهیزات و فرایندهای نوین

- مواد مصرفی متالورژیکی
- مواد مصرفی شیمیایی
- تجهیزات نوین
- فرایندهای نوین

5 انقلاب صنعتی چهارم

- رباتیک
- هوش مصنوعی و یادگیری ماشین
- پهپادها
- واقعیت مجازی و واقعیت افزوده
- پرینت سه‌بعدی
- بلاکچین
- اینترنت اشیا

6 محصولات فولادی پیشرفته

- محصولات با ارزش افزوده بالا

7 صنایع مرتبط با فولاد

- فرآوری فلزات اساسی کم‌عیار
- تولید برق از منابع تجدیدپذیر
- خطوط انتقال گاز

8 فراتر از صنعت فولاد

- عناصر نادر خاکی / لیتیم
- خودروهای برقی
- مواد جایگزین فولاد





اقتصاد چرخشی

فرآوری ضایعات و محصولات جانبی

محورهای اصلی



بازیابی گازهای فرایندی



بازیافت ضایعات جامد غیرآهنی



بازیافت ضایعات جامد آهنی



تصفیه آب و پساب



فرآوری سرباره‌های کوره قوس الکتریکی

- بازیابی نیکل از کاتالیست‌ها
- بازیابی فیلترهای مستعمل RO

- پوسته‌های اکسیدی
- غبارها
- نرمه گندله
- نرمه اسفنجی
- لجن‌ها
- قراضه‌های آهنی

- استحصال مواد با ارزش افزوده
- حذف فلزات سنگین از پساب
- حذف سیانید از پساب
- کاهش لجن‌های فرایندی تخلیه شده به محیط زیست
- بهبود بهره‌وری تصفیه‌خانه‌ها

- استحصال وانادیم، تیتانیم، آهن
- کاربرد سرباره در صنایع دیگر (آجرسازی، سیمان، آسفالت، شیشه سرامیک، کاشی و ...)



بازچرخانی آب

کاهش برداشت آب خام از رودخانه

کاهش اتلاف آب

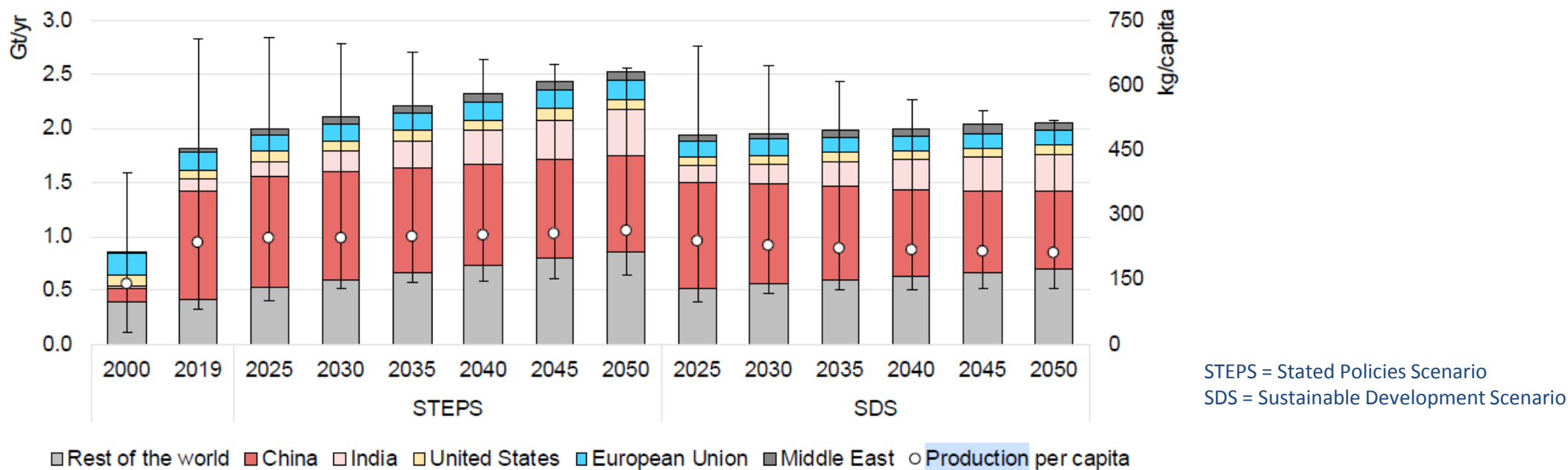
کاهش مصرف آب

شیرین‌سازی آب با استفاده از منابع تجدیدپذیر

- بکارگیری شبکه‌های بروز در بازیافت و تصفیه آب خروجی از واحدها و استفاده به عنوان ورودی سایر واحدها
- جایگزینی فناوری‌های خشک به جای فناوری‌های تر (فرایند خنک‌سازی کک بدون آب، گرانبه‌سازی خشک سرباره و استفاده از غبارگیرهای خشک)



پیش‌بینی میزان تولید فولاد تا سال ۲۰۵۰

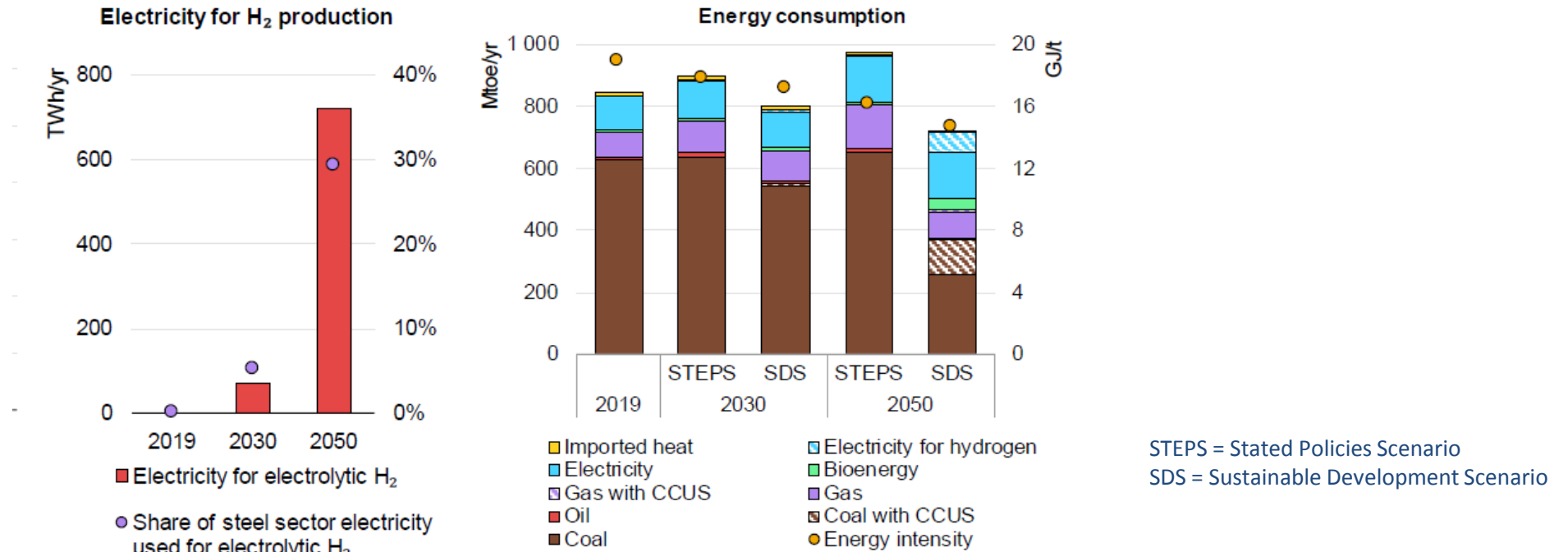


IEA 2020. All rights reserved.

- پیش‌بینی می‌شود تولید فولاد از ۱۹۰۰ میلیون تن فعلی تا سال ۲۰۵۰ میلادی به ۲۵۰۰ میلیون تن برسد.
- پیش‌بینی‌ها حاکی از کاهش سهم چین از بازار فولاد دنیا از حدود ۵۰٪ فعلی به ۳۵٪ در سال ۲۰۵۰ و رشد سه برابری صنعت فولاد هند در این مدت است.



پیش‌بینی مصرف انرژی در صنعت آهن و فولاد تا سال ۲۰۵۰



IEA 2020. All rights reserved.

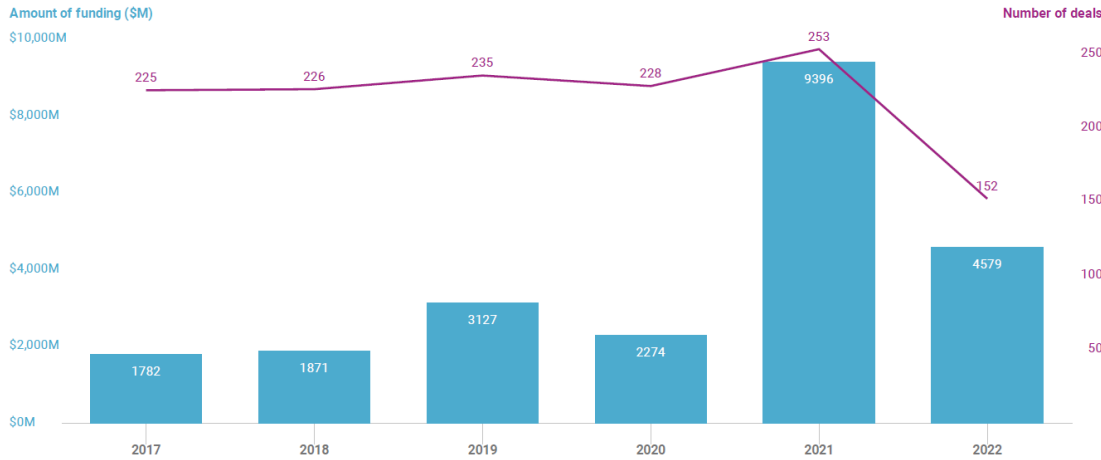
- در هر دو سناریو میزان انرژی مصرفی به ازای تولید هر تن فولاد تا سال ۲۰۵۰ باید کاهش پیدا کند (لزوم بهینه‌سازی مصرف انرژی در فرایندهای فعلی یا ارائه فرایندهای جایگزین با مصرف انرژی پایین‌تر)
- در سناریو توسعه پایدار مصرف انرژی الکتریکی به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند
- ۳۰٪ برق مصرفی صرف تولید هیدروژن به روش الکترولیز خواهد شد که مهمترین چالش انرژی صنعت فولاد در آینده است
- استفاده از Bioenergy در سناریو توسعه پایدار اهمیت پررنگی خواهد داشت



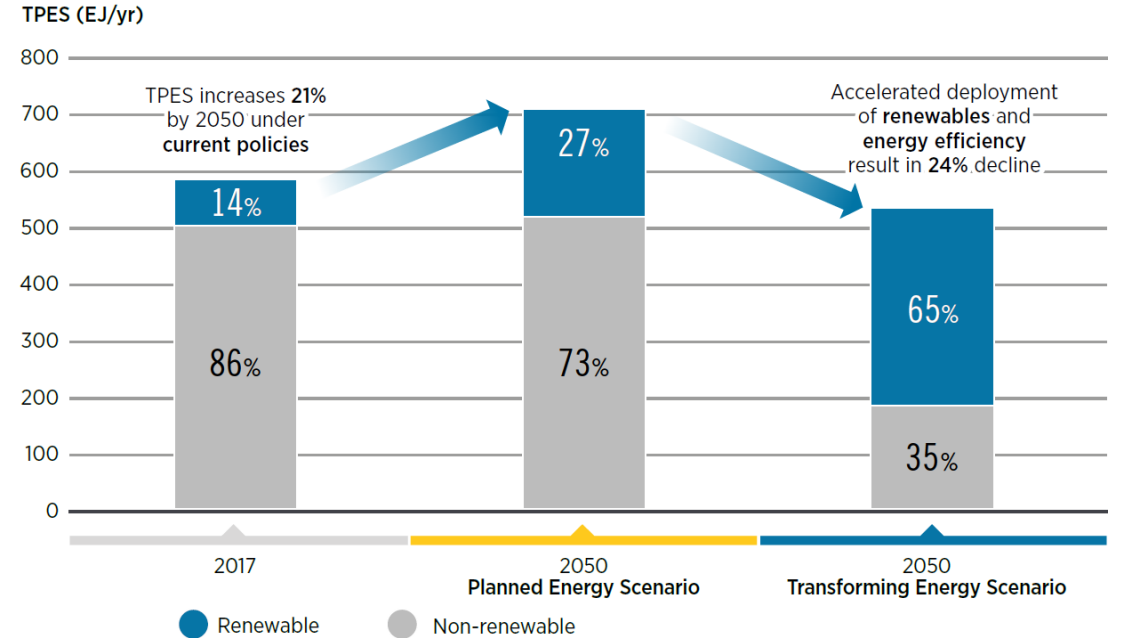
انطباق نیاز صنعت فولاد به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر با کلان‌روندهای جهانی انرژی

Equity Funding Activity - Renewable Energy - Comp...

From Jan 01, 2017 - May 31, 2022 as of May 31, 2022



Created with: CBINSIGHTS Source: CB Insights



Planned Energy Scenario

سناریو واقع بینانه منطبق بر سیاست‌های فعلی کشورها و اهداف معاهده پاریس

Transforming Energy Scenario

سناریو خوشبینانه با هدف کاهش روند افزایشی دمای جهانی به ۲ درجه سانتیگراد در قرن ۲۱



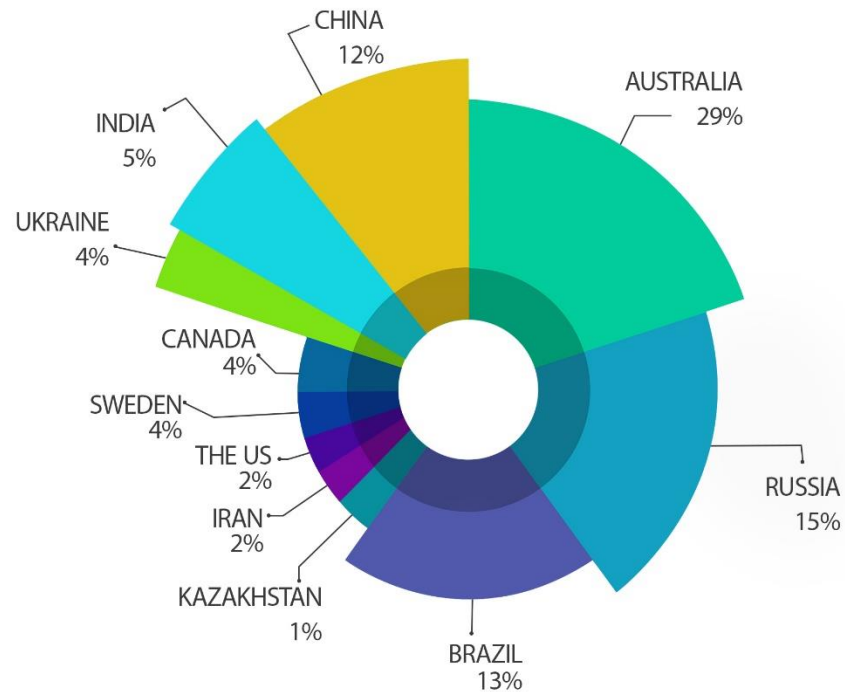
فناوری‌های منبر به کاهش مصرف انرژی

توضیحات	فناوری	ناحیه
کاهش ۸۷ مگاژول به ازای هر تن	بازیابی حرارت از گندله	آهن‌سازی
کاهش ۳۶ تا ۳۲۰ مگاژول به ازای هر تن فولاد	کوره قوس DC	فولادسازی
کاهش ۳۶۰ مگاژول به ازای هر تن فولاد	کوره Comelt	فولادسازی
کاهش ۷۹۲ مگاژول به ازای هر تن فولاد	کوره Contiarc	فولادسازی
کاهش ۴۶۸ مگاژول به ازای هر تن	بازیابی حرارت از گازهای خروجی کوره قوس الکتریکی	فولادسازی
کاهش ۳۶۰ مگاژول به ازای هر تن فولاد	ECOARC™	فولادسازی
کاهش ۲۵۲ تا ۲۸۲ مگاژول به ازای هر تن فولاد	ECOARC lighth™	فولادسازی
۸۰ تا ۹۰٪ کاهش مصرف انرژی (۲ گیگاژول به ازای هر تن)	فرایند Castrip®	ریخته‌گری
۴۵٪ کاهش مصرف انرژی	فرایند Endless strip	ریخته‌گری

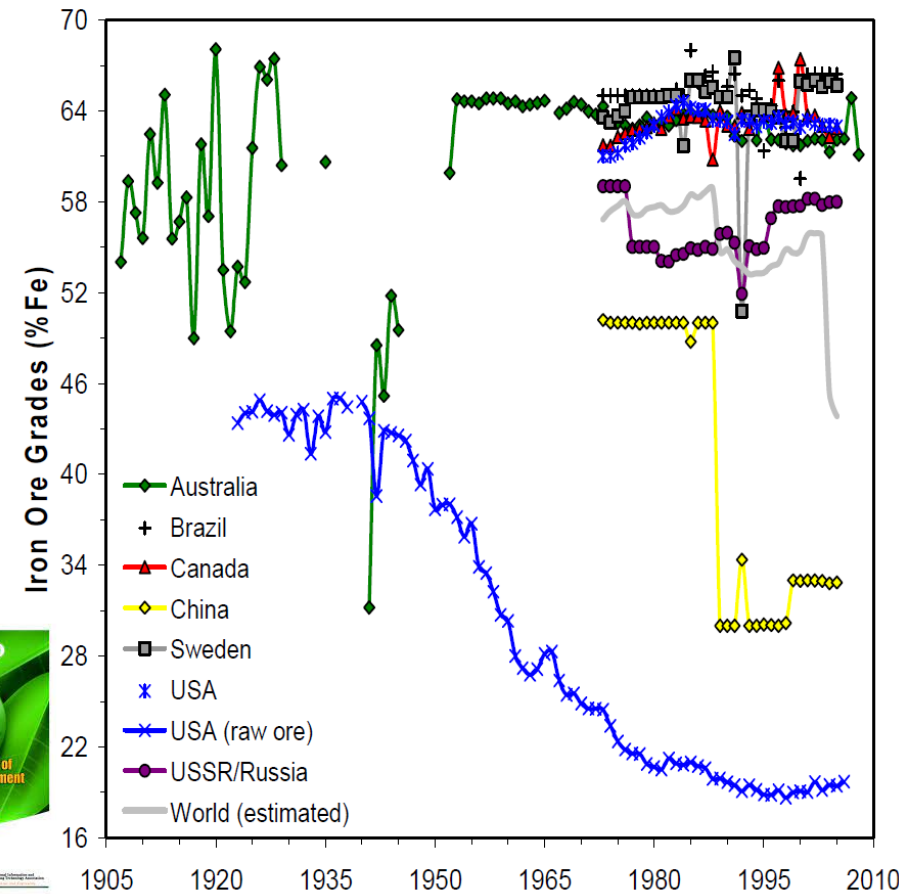




ایران دهمین کشور جهان از نظر ذخایر سنگ آهن است



SOURCE: USGS, HUATAI SECURITIES RESEARCH INSTITUTE



پرعيارسازی منابع سنگ آهن



منابع کم‌عیار هماتی

01

منابع کم‌عیار تیتانومگنتیت

02

گوگردزدایی

02

فروآلیاژها

04

- پرعيارسازی با روش‌های متداول (جدایش مغناطیسی)
- تشویه مغناطیسی و تبدیل به مگنتیت (کوره دوار و بستر سیال)
- روش‌های احیاء ذوبی (حوضچه مذاب و کوره‌های RHF)

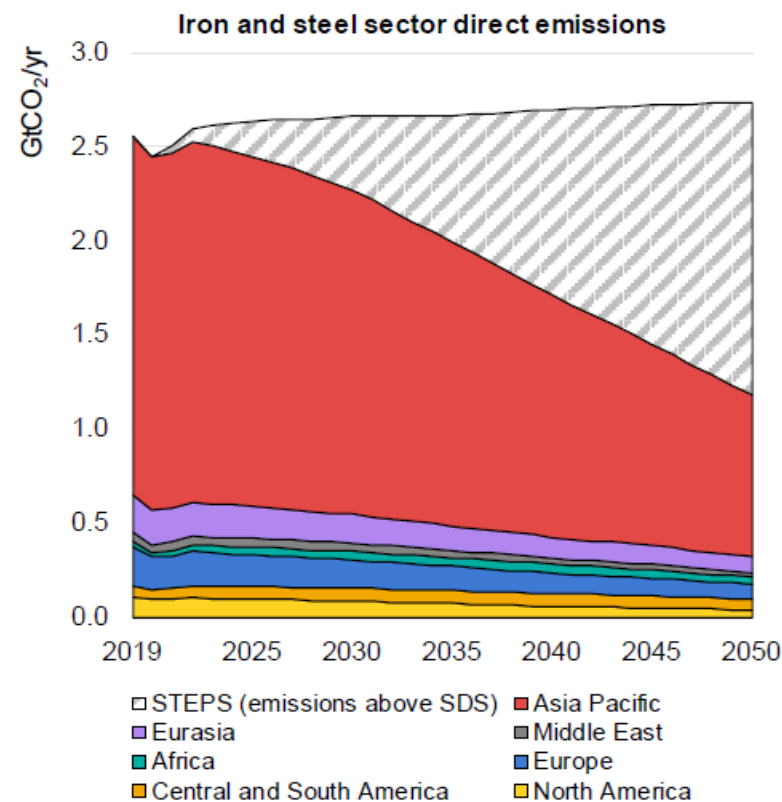
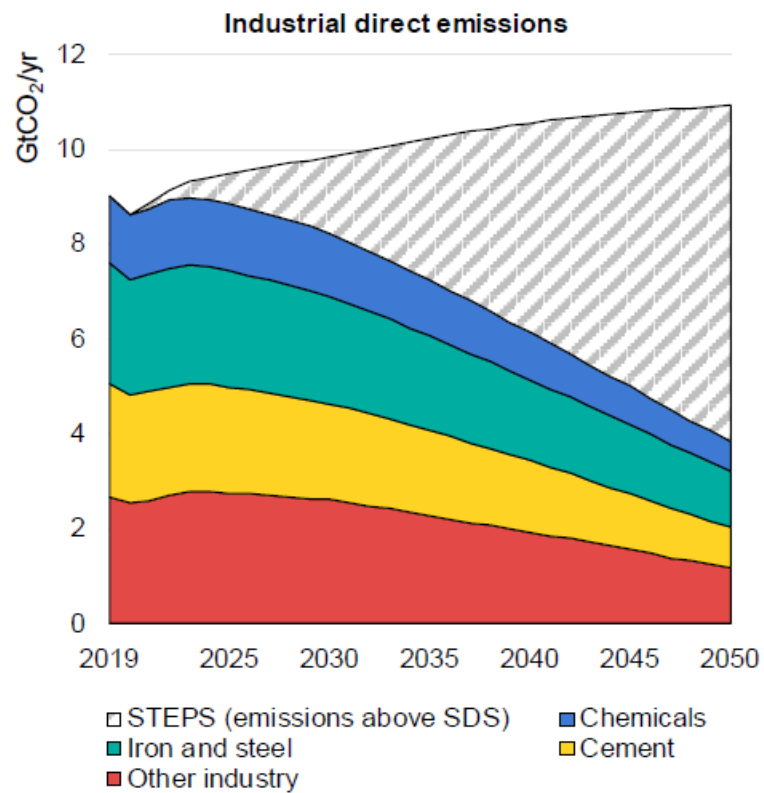
- فرایندهای نوین فلوتاسیون
- کلکتورها

- روش‌های تولید فرومگنز، فروکروم، فروسیلیس و ...





سهام صنعت فولاد در نشر کربن



IEA 2020. All rights reserved.

تصمیم اتحادیه اروپا مبنی بر دریافت مالیات کربن اجناس وارداتی در صنایع آهن و فولاد، آلومینیوم، سیمان، کود کشاورزی و صنایع شیمیایی از سال ۲۰۲۶ (Carbon Border Adjustment Mechanism)

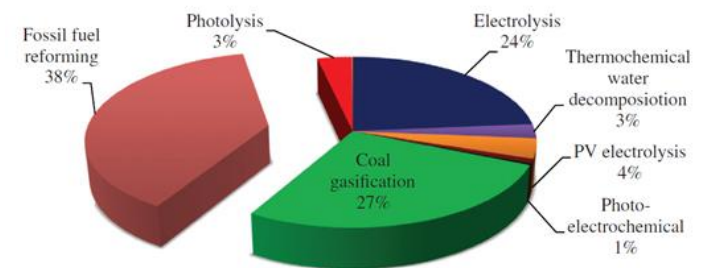


۱- احیا با گاز هیدروژن

در صورت حذف گاز منواکسید کربن از گازهای احیایی و استفاده از هیدروژن خالص، تنها محصول جانبی واکنش احیا آهن، بخار آب خواهد بود و گاز آلاینده دی‌اکسید کربن از فرایند حذف می‌شود.

پروژه‌های مهم انجام شده:

- | | | |
|--|----------------------|-------------|
| ● احداث واحد H-Iron در دهه ۶۰ در آمریکا | ○ ۱۸ هزار تن در سال | ○ بستر سیال |
| ● H2 Green Steel در سوئد | ○ در دست انجام | ○ کوره شافت |
| ● احداث واحد Circored در سال ۱۹۹۹ در ترینیداد و توباگو (Lurgi) | ○ ۵۰۰ هزار تن در سال | ○ بستر سیال |
| ● HyBRIT در سوئد (SSAB-Lkab-Vattenfall) | ○ در دست انجام | ○ کوره شافت |
| ● HyREX در کره جنوبی (POSCO) | ○ در دست انجام | ○ بستر سیال |
| ● H2Stahl در آلمان (Thyssenkrupp) | ○ در دست انجام | ○ کوره شافت |
| ● HyFor در اتریش (Primetals) | ○ در دست انجام | ○ بستر سیال |



روش‌های اصلی تولید هیدروژن

چالش‌های اصلی

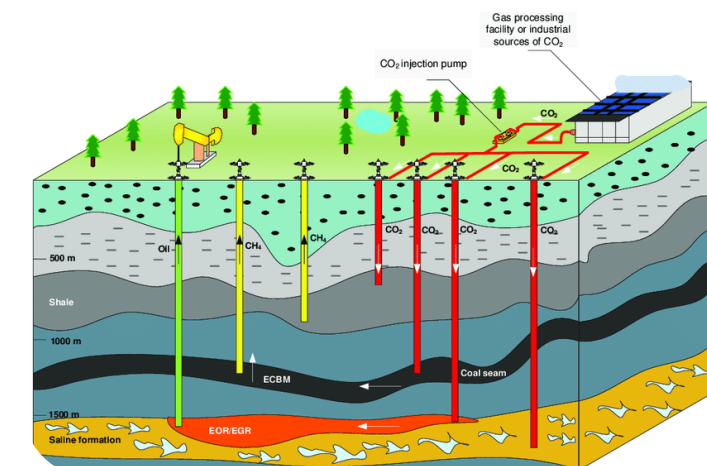
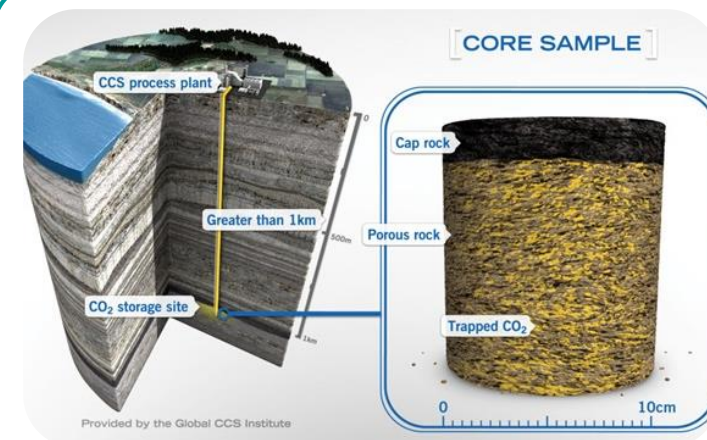
- ۱- تولید اقتصادی هیدروژن
- ۲- ذخیره‌سازی و حمل و نقل هیدروژن
- ۳- شناسایی و رفع مشکلات احیا با هیدروژن خالص

۲- CCUS (Carbon Capture Utilization and Storage)

دی‌اکسید کربن تولید شده در فرایندهای قدیمی آهن‌سازی، جداسازی شده و برای مقاصد دیگر مورد استفاده قرار گرفته یا در چاه‌های زیرزمینی محبوس می‌شود. بیش از ۱۵۰ پروژه CCUS در جهان اجرا شده که نتیجه آن ۲۹ عملیاتی در مقیاس کامل در صنایعی از قبیل فرآوری گاز، صنایع شیمیایی، تولید هیدروژن و آهن و فولاد بوده است.

پروژه‌های مهم در صنعت آهن و فولاد:

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Fukuyama Iron Works (JFE) <ul style="list-style-type: none"> ○ پایلوت در ژاپن ○ ۳ تن در روز ● STEPWISE Pilot (SEWGS) <ul style="list-style-type: none"> ○ پایلوت در سوئد ○ ۱۴ تن در روز ● DMXTM (ArcelorMittal) <ul style="list-style-type: none"> ○ پایلوت در حال احداث در فرانسه ○ ۰/۵ تن در ساعت | <ul style="list-style-type: none"> ● Abu Dhabi CCS (Emirates Steel) <ul style="list-style-type: none"> ○ مقیاس صنعتی در امارات ○ ۸۰۰ هزار تن در سال امارات ● Kimitsu Iron Works (Nippon Steel) <ul style="list-style-type: none"> ○ پایلوت در ژاپن ○ ۳۰ تن در روز |
|--|---|



۳- احیا به روش الکترولیز-مقیاس آزمایشگاهی

در این روش آهن موجود در سنگ آهن به طور مستقیم به روش الکترولیز جدا می‌شود. پروژه‌های مهم:

● Ulcolysis

○ توسعه روش Molten oxide electrolysis (MOE)

○ شرکت Boston Metals با حمایت دانشگاه MIT

○ جداسازی آهن در فاز مذاب

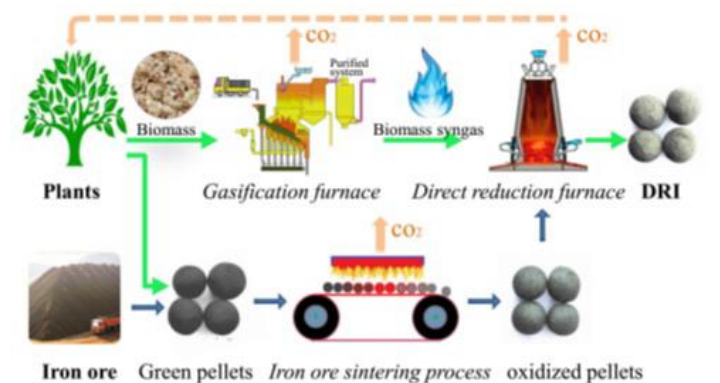
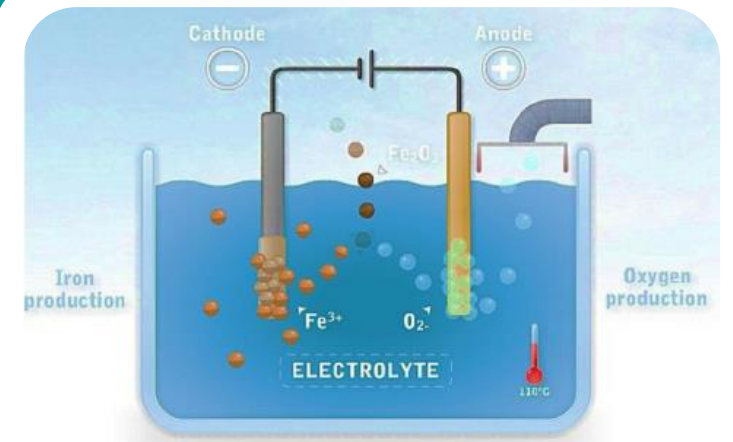
● Siderwin/Ulcowin

○ شرکت ArcelorMittal

○ جداسازی آهن در فاز جامد

۴- استفاده از زیست توده (Biomass)-مقیاس تحقیقاتی

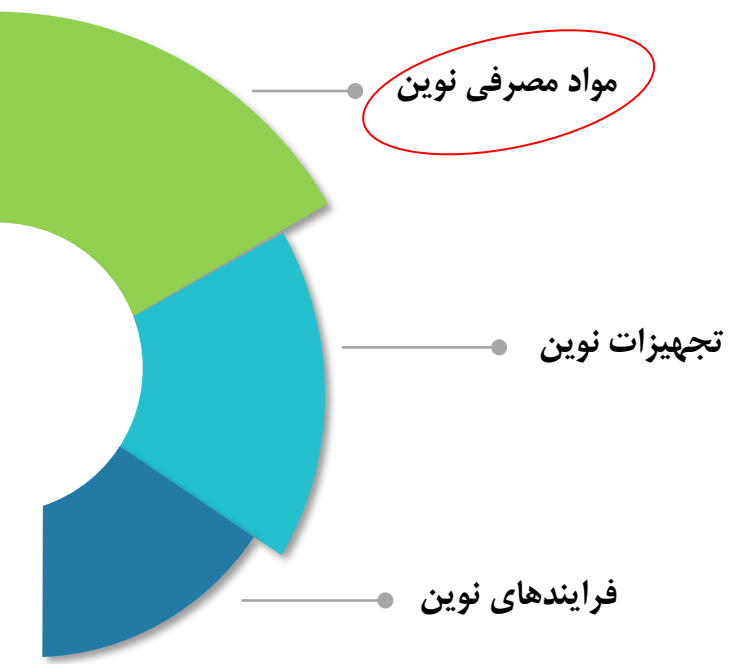
به دلیل بالاتر بودن نسبت هیدروژن به کربن در Syngas تولیدی از پیرولیز زیست توده، CO₂ کمتری در این روش تولید می‌شود. به دلیل انجام واکنش فتوسنتز در هنگام تولید زیست توده، مقدار قابل توجهی CO₂ مصرف می‌شود که با ایجاد توازن بین CO₂ مصرفی جهت تولید زیست توده و CO₂ تشکیل شده هنگام استفاده از زیست توده به عنوان عامل احیا می‌توان به تولید فولاد سبز دست یافت.






مواد مصرفی، تجهیزات و فرایندهای نوین





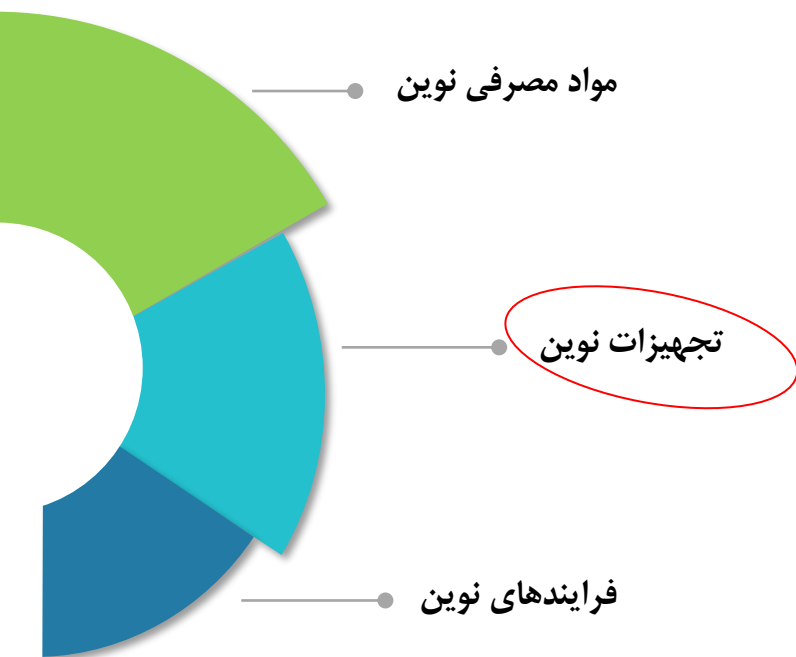
مواد مصرفی شیمیایی	مواد مصرفی متالورژیکی	ناحیه
بنتونیت، سنگ آهک، آب، مونواکسید کربن، هیدروژن، آب، گاز طبیعی،	سنگ آهن، گندله	آهن سازی
اکسیژن، گرافیت، آهک، دولومیت، بوکسیت، کلسیم آلومینات، آب، نیتروژن، اکسیژن، آرگون، فرووانادیم، پودر قالب	قراضه، آهن اسفنجی، فروآلیاژ، فرومنگنز، الکتروگرافیتی، فروسیلسیم، آلومینیوم، گندله اکسید شده	فولادسازی
روغن های هیدرولیک		نورد گرم
روانکارها، گریس ها	نیکل، قلع، روی	نورد سرد
منعقدکننده ها، بایوسایدها		واحدهای جنبی

افزایش ظرفیت تولید فولاد خام تا 55 میلیون تن در افق سال 1404 

رویکرد اقتصاد چرخشی 

- استفاده از منابع تجدیدپذیر به جای منابع بکر
- تولید مواد دوستدار محیط زیست
- کاهش ضایعات فرایندی در زنجیره تامین مواد
- تولید مواد با بهره‌وری بالاتر
- بهینه‌سازی مصرف مواد

تجهیزات مورد استفاده در صنعت فولاد به طور معمول در حوزه مهندسی مکانیک و مهندسی برق هستند:

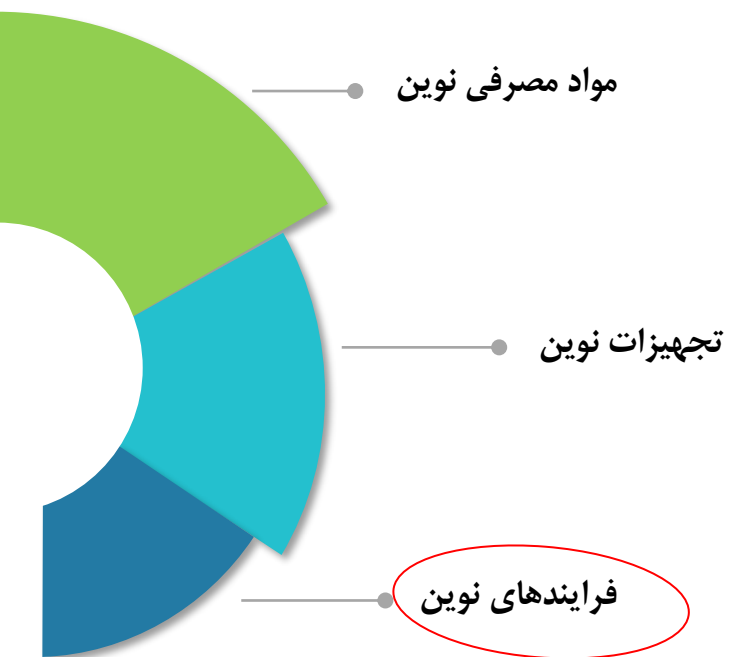


لیست تجهیزات مورد نیاز



- کوره قوس الکتریکی
- دستگاه‌های شمارزنی
- دستگاه‌های جوش لیزری
- دستگاه‌های برش لیزری
- نازل‌های پاشش آب
- انکودرها
- مگنت‌ها
- لودسل‌ها
- نمونه گیرها
- قالب‌های مسی ریخته‌گری
- پرینتر سه‌بعدی
- تراکر خورشیدی
- دستگاه بریکت‌سازی
- تاندیش‌ها
- ماشین‌های پوسته‌زنی
- شیرهای هیدرولیک
- و ...





نمونه‌هایی از فرایندهای مورد استفاده در صنعت فولاد:

- فرایند احیای سنگ آهن
- فرایند گندله‌سازی
- فرایند EPS به عنوان جایگزینی برای فرایند اسیدشویی
- فرایند بریکت‌سازی
- فرایند Strip casting
- فرایند پخت آهک
- فرایند باکس آنیلینگ
- فرایندهای مختلف تصفیه پساب‌های صنعتی و بهداشتی





انقلاب صنعتی چہارم



1784

INDUSTRY 1.0

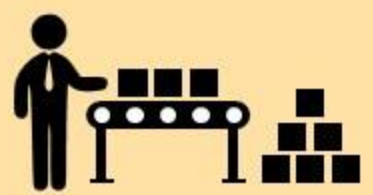
Mechanization, steam power, weaving loom



1870

INDUSTRY 2.0

Mass production, assembly line, electrical energy



1969

INDUSTRY 3.0

Automation, computers and electronics

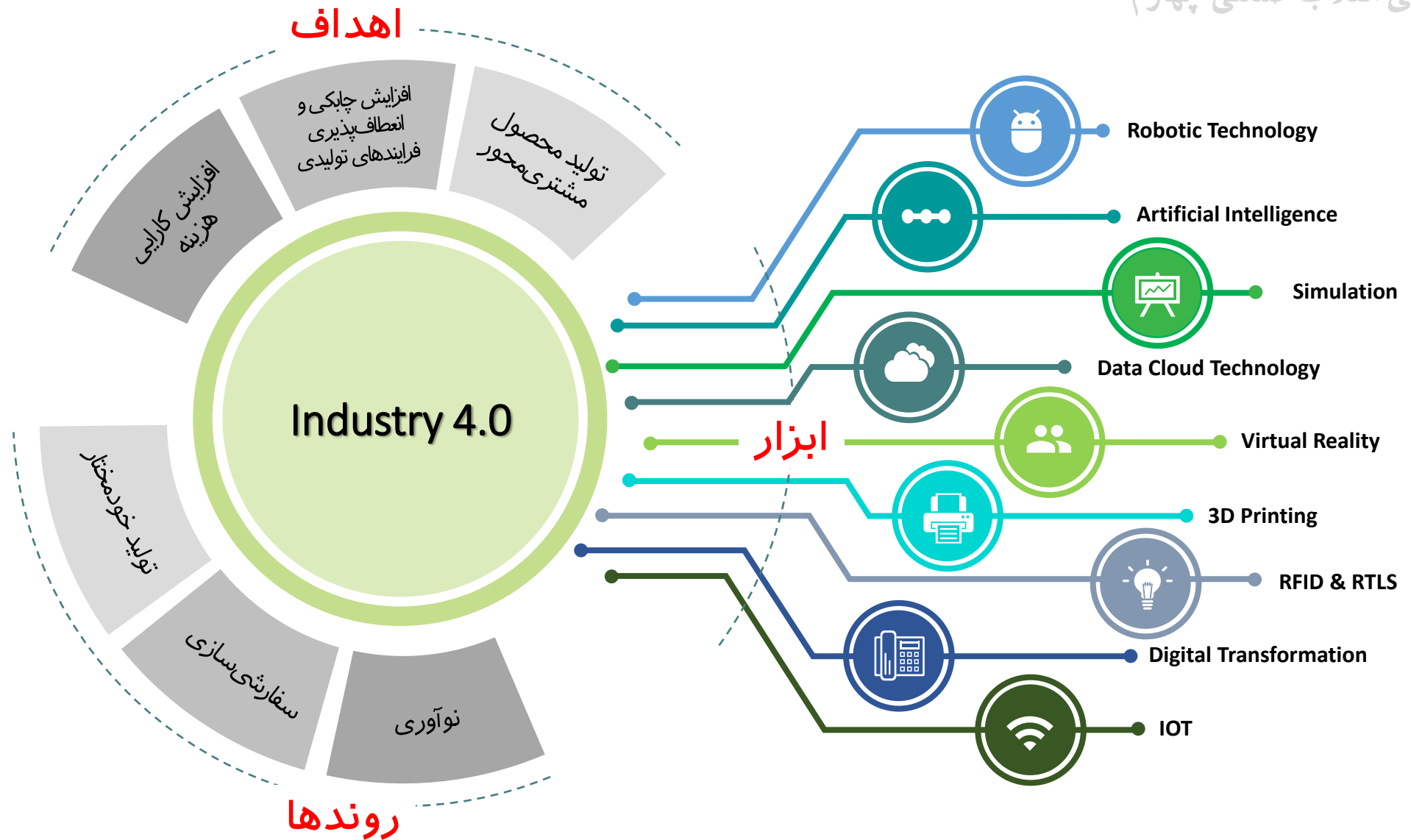


TODAY

INDUSTRY 4.0

Cyber Physical Systems, internet of things, networks





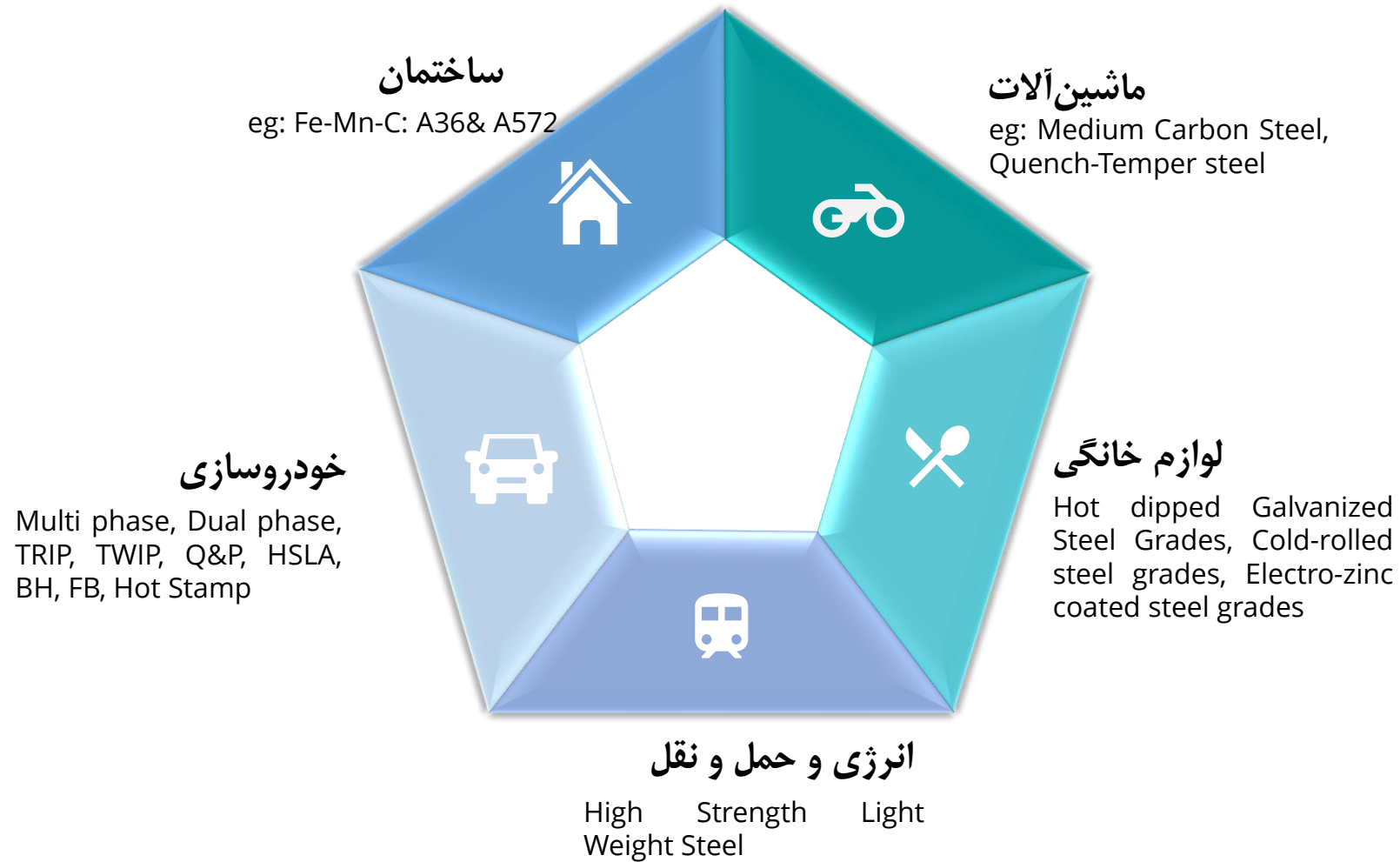


٦

محصولات فولادی پیشرفته

کلان‌روندهای نوظهور موثر در صنعت فولاد

مصوبات فولادی پیشرفته



از توجه شما سپاسگزارم