

تولید پودر آهن با استفاده از کوره های تونلی جهت استفاده در مصارف متالورژی پودر



متالورژی پودر، یک تکنولوژی وسیع و پیشگام است که در فرایندهای گوناگونی از جمله فورج، جوش و فرایندهای شیمیایی و غیره کاربرد دارد. از این تکنولوژی بیشتر برای تولید قطعات با شکل های پیچیده و دقت بالا و در تولید انبوه استفاده می شود.

ماهنامه پردازش: در مقایسه با روش های سنتی ریخته گری، فورج و فرایندهای مکانیکی، در این فرایند ترکیبات پایدار و قابل کنترل تر بوده و ویژگی های خاص دیگری از جمله دامنه گسترده مواد، بهره وری بالا، مشخصات فنی، صرفه جویی در مصرف مواد، صرفه جویی در مصرف انرژی و غیره را داراست. امروزه بیش از ۷۰ درصد پودرهای متالورژی تولید شده در صنعت خودروسازی مورد استفاده قرار می گیرد. بخش اعظمی از مواد خام مورد نیاز برای مصارف متالورژی پودر، پودر آهن می باشد. به دلایل زیر پودر آهن نقش پیش رو در کاربردهای متالورژی پودر را داراست:

۱. در مقایسه با تولید قطعات با مواد غیر آهنی



تهیه و تدوین: حسن بدافی،
مدیر تحقیق و توسعه گروه پاترون

بعد از میلاد مسیح باز می گردد. هم اکنون ستون آهنی با وزنی بیش از شش تن در شهر دهلی کشور هندوستان وجود دارد که در سال ۳۰۰ میلادی به روش احیای مستقیم اکسید آهن بدون ذوب کردن، تولید شده است. تکنولوژی های افزایش دما تا دمای ذوب آهن تا سال ۱۸۰۰

۲. دارای خواص عالی مخصوصاً استحکام بالا در مقایسه با سایر فلزات و غیرفلزات می باشد.
۳. دارای نسبت مطلوب استحکام، وزن و قیمت می باشد.
۴. سهولت در آلیاژسازی خصوصاً با تنظیم کربن موجود در آن، به همین سبب این ماده دارای تمام مشخصات آلیاژ آهن-کربن (شامل قابلیت عملیات حرارتی) می شود.
۵. به مقدار کافی در دسترس است.

تاریخچه متالورژی پودر

سابقه تولید قطعات با پودر فلزات به بیش از سه هزار سال پیش از میلاد مسیح در تمدن مصر باستان باز می گردد. حدود ۶۰۰-۸۰۰ سال پیش از میلاد مسیح در یونان، تولید قطعات به روش متالورژی پودر به صورت گسترده انجام می گرفت. تولید قطعات سنگین به روش متالورژی پودر به

نمودار ۱: میزان مصرف پودرهای متالورژی در صنایع مختلف



محصولات اصطکاکی (Friction Products):

محصولات اصطکاکی در سیستم ترمز اتومبیل، وسایل نقلیه تجاری، هواپیما، موتورسیکلت، قطار و وسایل نقلیه جاده‌ای و در دیگر کاربردهای صنعتی استفاده شده است.

به عبارت ساده‌تر، این مواد به عنوان بخشی از لنت ترمز به توقف خودروها در حین حرکت کمک می‌کنند. پودر آهن یک ماده کلیدی در لنت‌های ترمز نیمه‌فلزی است که منجر به افزایش عملکرد و قابلیت اطمینان طولانی مدت و دوام محصول می‌شود.

- ترمز و کلاچ (Brakes and Clutches):

پودرهای ترمز و کلاچ تجهیزات الکترومغناطیسی هستند که با دقت فراوان نسبت به تنش‌های کم واکنش نشان می‌دهند.

همچنین پودرهای ترمز به عنوان ترمز ذرات مغناطیسی شناخته شده‌اند که جایگزین مناسبی برای ترمزهای اصطکاکی می‌باشند و سازگاری مناسبی با محیط زیست دارند.

ساخت قطعات به روش پرنیت سه بعدی (3D printing):

این روش یکی از روش‌های ساخت سریع قطعات به کمک لیزر می‌باشد که شامل روش‌های مختلفی نظیر SLM، LMD و غیره می‌باشند. در این روش ساخت بر پایه ذوب پودری که در یک بستر قرار دارد صورت می‌گیرد. این روش از روش‌های نوین ساخت قطعات

پیش از این شرکت هوگوناس از سال ۱۹۲۲ میلادی تولید آهن اسفنجی به روش کوره تونلی و با کیفیت بالا را آغاز کرده بود. تست‌های اولیه پودر آهن در سال ۱۹۳۷ میلادی نشان داد که آهن اسفنجی تولید شده به روش کوره تونلی قابلیت تبدیل شدن به پودر آهن را داراست.

سپس تولید پودر آهن در مقیاس کوچک در سال‌های بین ۱۹۳۷ میلادی تا ۱۹۳۹ میلادی در شرکت هوگوناس به صورت آزمایشی انجام و محصول آن به آمریکا صادر گردید.

محصول اولیه پودر آهن آنیل نشده بود که منجر به کاهش خواص مکانیکی محصولات تولید شده گردید. بعد از سال ۱۹۴۰ میلادی شرکت هوگوناس فرایند آنیل را معرفی کرد که در آن پودر آهن خام در اتمسفر آلومینایی حرارت داده شده و کربن و اکسیژن موجود در آن کاهش یافته و خواص مکانیکی آن افزایش می‌یابد. در طول جنگ جهانی دوم به دلیل کمبود مس، استفاده از قطعات زینتر شده حاصل از پودر آهن رواج یافت.

موارد مصرف پودر آهن

همانطور که در بخش اول نیز ذکر شده، پودر آهن با توجه به مزیت‌های فراوانی که دارد در فرایندهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد از جمله:

محصولات زینتر شده (Sintering Products):

استفاده از پودر آهن برای تولید قطعات زینتر شده، امکانات جدیدی برای تولید قطعات پیچیده در مقیاس انبوه و توجیه اقتصادی فراهم می‌آورد. تقریباً ۸۰ درصد از تولیدات پودر آهن و فولاد جهانی در تولید قطعات با قابلیت زینتر مصرف می‌شود.

بخش اعظمی از قطعات زینتر شده در صنعت خودروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از قطعات تولیدی به این روش در خارج از بخش خودرو رو به افزایش است، اما هنوز هم پتانسیل عظیمی در این زمینه وجود دارد.

لحیم کاری (Brazing Products):

به منظور تولید فیله‌های لحیم کاری از پودرهای آلیاژی آهن استفاده می‌گردد.

میلادی وجود نداشته است. روش‌های معنادار و پایه‌ای برای تولید پودر فلزات در اوایل قرن ۱۹ میلادی و برای تولید پلاتینیوم شکل گرفت. در این سال‌ها ولستون (دانشمند انگلیسی) و زابولفسکی (دانشمند روسی) به روشی برای تولید رشته‌های تابان تنگستن دست یافتند.

متالورژی پودر به عنوان یکی از روش‌های نو تولید قطعات در قرن بیستم و در زمان جنگ جهانی شناخته شد. امروزه از تکنولوژی‌های نوین (مانند تولید قطعات به روش پرس و پخت، پرنیت سه بعدی و غیره) جهت تولید قطعات به این روش استفاده می‌گردد.



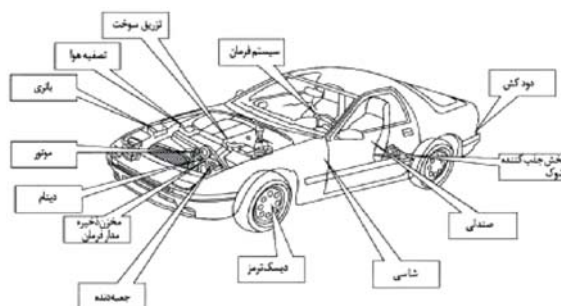
تاریخچه تولید پودر آهن به روش کوره تونلی

اولین تولید صنعتی پودر آهن در سال ۱۹۳۷ میلادی با درخواست شرکت جنرال موتورز آمریکا انجام شد.

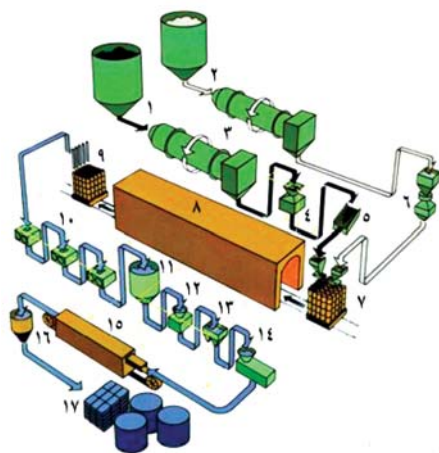
شکل ۲: قطعات مختلف گیربکس اتومبیل، تولید شده به روش متالورژی پودر



شکل ۱: قطعات اتومبیل تولید شده به روش متالورژی پودر



شکل ۳: شماتیک مراحل تولید پودر آهن به روش کوره ی تونلی



پیچیده به روش تکنولوژی‌های برتر می‌باشد. کاربرد در صنایع شیمیایی (Chemicals): پودر آهن ممکن است در بسیاری از کاربردهای شیمیایی مختلف از تولید رنگ‌های مغناطیسی تا تولید نمک‌های آهن (نیترات، سولفات، ..) استفاده شود. پودر آهن نقش مهمی در بازیافت مواد شیمیایی صنعتی بازی می‌کند و در کارخانه فولاد و صنعت داروسازی استفاده می‌شود.

برای برخی از کاربردها، هیچ جایگزینی برای پودر آهن وجود ندارد. در بسیاری از موارد استفاده از پودر آهن راه‌حل‌های مقرون به صرفه در مقایسه با سایر روش‌های جایگزین ارائه می‌دهد.

فیلتراسیون (Filtration): به دلیل شکل و اندازه دانه ذرات آهن، پودر آهن می‌تواند ویژگی‌های لازم جهت فیلتراسیون را فراهم کند. متناسب با صنعت هدف، نوع پودر آهن و آلیاژ آن انتخاب می‌شود.

پرینت (Printing): حمل و نقل جوهرهای ساخته شده از پودر آهن به عنوان بخشی از فرایندهای الکتروفوتوگرافیک در پرینترهای رنگی، سیاه و سفید و دستگاه‌های فتوکپی مورد

می‌شود. مصارف کشاورزی (Iron for Plants): آهن یک ماده مغذی مهم برای همه گیاهان سبز است. آهن برای تولید کلروفیل مورد نیاز است و کمبود آن به عنوان اختلال گیاهی شناخته می‌شود. معمولاً از همه انواع پودر آهن برای گیاهان می‌توان استفاده کرد اما به طور کلی میزان آهن پودر باید بالای ۹۵ درصد باشد. استفاده از پودر آهن از لحاظ قیمتی حدود ۱۰۰ برابر موثرتر از سایر اشکال آهن نظیر سولفات آهن می‌باشد.

فرایند تولید پودر آهن به روش کوره تونلی

روش تولید پودر آهن با کوره‌های تونلی اساساً یک روش شیمیایی است که بر پایه احیاء آهن از سنگ آهن به کمک مخلوط زغال حرارتی و آهنک شکل گرفته و خروجی آن آهن اسفنجی می‌باشد. این خروجی را به آسانی می‌توان خرد و استفاده کرد. همانطور که گفته شد این روش نخستین بار در سوئد و توسط شرکت هوگونا س اجرا شد و به همین دلیل نام روش هوگونا س شناخته می‌شود.

زغال حرارتی موجود در این روش عمل احیاء را انجام می‌دهد. وجود آهنک نیز به منظور کاهش گوگرد و جلوگیری از ناخالصی‌های گوگردی به عنوان ناخالصی در محصول نهایی می‌باشد.

سنگ آهن ورودی: سنگ آهن هماتیت یا مگنیت به صورت نرمه با عیارهای بالاتر از ۷۱/۵ درصد عامل احیاء: زغال سنگ حرارتی. دمای مورد نیاز واکنش از طریق گاز طبیعی انجام می‌گیرد.

درجه حرارت احیاء: حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد در شکل ۳ فرآیند تبدیل کنسانتره به پودر آهن نشان داده شده و توضیحات پس از آن آورده شده است:

۱. مخزن مخلوط آهنک و کک حرارتی
۲. مخزن کنسانتره
۳. خشک کن
۴. خردکن
۵. سرنده

استفاده قرار می‌گیرد. این محصولات دارای عملکرد بهتر می‌باشند و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه‌اند و به محیط زیست نیز آسیب نمی‌رسانند.

پوشش سطحی (Surface Coating): پودرهای آهن در طیف گسترده از پوشش‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد از قبیل: پودرهای جوشکاری برای پوشش قالب و صفحات در صنایع مختلف، محافظت از سطح در برش پلاسما، روکش فلزی جهت محافظت از سطح در زمان استفاده از لیزر و غیره.

جوشکاری (Welding): بهره‌وری بالاتر، ویژگی‌های جوشکاری بهتر و بهبود کیفیت فلز جوش داده شده از مزایای استفاده از پودر مناسب در جوشکاری زیرپودری و الکترودهای پوشش داده شده می‌باشد. همچنین از پودر آهن برای ساخت الکتروده جوشکاری استفاده می‌شود.

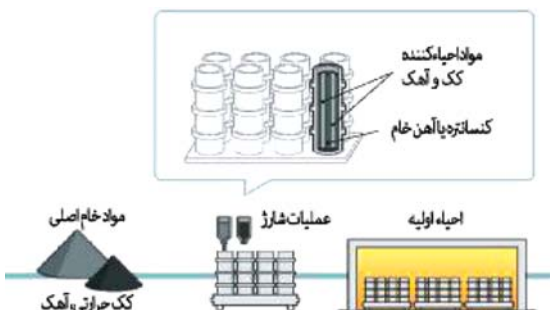
غنی سازی مواد غذایی (Iron Fortification): غنی سازی مواد غذایی یکی از اصلی ترین وظایف پودر آهن برای مبارزه با کم خونی و فقر آهن در سراسر جهان می‌باشد. به طور تخصصی آهن یکی از چالش برانگیزترین افزودنی‌ها به مواد غذایی می‌باشد. ترکیبات پودر آهن و شکل و اندازه ذرات از فاکتورهای مهم در انتخاب نوع آهن مورد استفاده می‌باشد.

رنگ سازی (Dyes and Stains): رنگ‌های آهنی جایگزین مناسبی برای رنگ دانه می‌باشند به این دلیل که بر روی سطح نمی‌مانند و یکنواختی مناسبی در رنگ ایجاد می‌کنند.

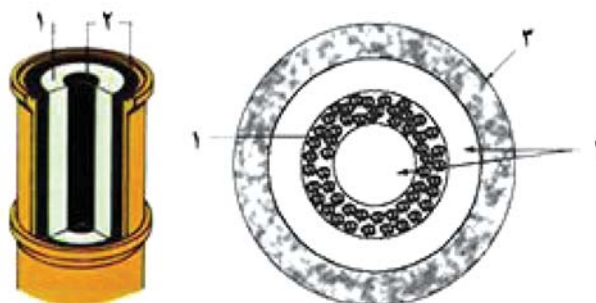
به عنوان مثال وقتی از این رنگ‌ها بر روی چوب خشک استفاده می‌شود عمیقاً به داخل چوب نفوذ کرده و تشکیل اکسید می‌دهند، همین عامل باعث استفاده بهینه از چوب در شرایط سخت آب و هوایی می‌گردد. همچنین اگر لایه رنگ از بین برود اکسیدهای تشکیل شده همچنان از سطح چوب محافظت می‌کند.

رُس‌های فلزی (Metals Clay): از رس‌های فلزی در تولید جواهرات و اشیاء زینتی استفاده

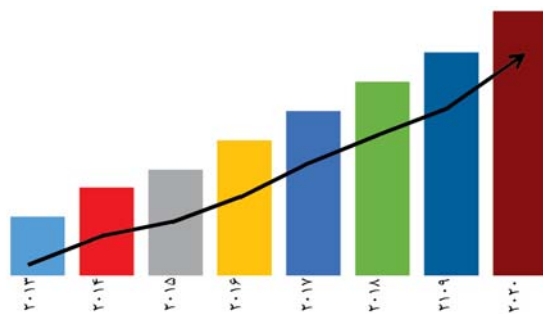
شکل ۵: شماتیک نحوه قرارگیری مخزن‌های سرامیکی بر روی تریلی و درون کوره تونلی



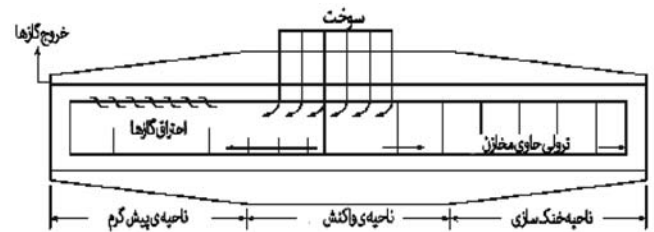
شکل ۴: لایه‌های مختلف مواد در مخزن SiC



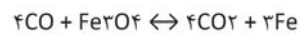
نمودار ۲: پیش‌بینی نرخ رشد ترکیبی سالانه از سال ۲۰۱۳ میلادی تا ۲۰۲۰ میلادی



شکل ۶: شماتیک قسمت‌های مختلف کوره تونلی



واکنش کرده و تبدیل به کربن مونو اکسید (CO) می‌شود و مطابق با واکنش زیر شروع به احیای کنسانتره می‌کند:



کربن دی‌اکسید تشکیل شده نیز با باقیمانده کک واکنش داده و مجدداً کربن مونو اکسید تولید کرده و در واکنش احیا شرکت می‌کند:



این واکنش‌ها به صورت مداوم تا تبدیل تمام کنسانتره به آهن و اتمام کک‌ها انجام می‌شود.

هم‌زمان با واکنش‌های احیاء واکنش‌های گوگردزدایی توسط آهک انجام می‌شود.

پس از اتمام عملیات احیاء مخازن به آهستگی به قسمت خنک‌کن کوره منتقل می‌شود و قبل از خروج از کوره تونلی تا دمای حدود ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد خنک می‌شود. پس از این مرحله درون هر مخزن استوانه‌ای از آهن اسفنجی با تخلخل حدود ۷۵ درصد، زغال حرارتی باقیمانده و خاکستر پرگوگرد وجود دارد.

در ایستگاه تخلیه اتوماتیک (۹) استوانه آهن اسفنجی به بیرون هل داده می‌شود و از زغال و خاکستر باقیمانده جدا می‌شود. سپس ترولی و مخازن SiC آماده می‌شود تا دوباره پر و درون کوره تونلی قرار گیرد. این فرایند به صورت مداوم و بدون توقف انجام می‌شود.

پس از تمیزسازی استوانه‌های آهن اسفنجی از زغال و خاکستر پرگوگرد، در چندین مرحله خرد شده و تا ابعاد زیر ۳ میلی‌متر پودر می‌گردد. ذرات پودر خام به دست آمده پس از این مرحله قبل از عملیات بعدی در سیلوها انبار می‌گردد.

از این سیلوهای میانی، پودر خام توسط نوار نقاله طراحی شده از مراحل خردکن، جداکننده مغناطیسی و مرحله آسیاب عبور داده می‌شود. اندازه ذرات به دست آمده تا پایان این مرحله کمتر از ۱۵۰ میکرون خواهد بود که دارای دانسیته ظاهری مطلوبی می‌باشد.

سپس پودر تولید شده از داخل کوره آنیل با اتمسفر کنترل شده (اتمسفر آمونیاکی) عبور داده می‌شود که در آن پودر تا دمای ۸۰۰-۱۰۰۰

تونلی انتقال داده می‌شود. معمولاً روی مخازن با آجر نسوز پوشانده می‌شود. ترولی به آرامی درون کوره تونلی حرکت کرده و احیا صورت می‌گیرد. طول کوره و زمان احیا بسته به ظرفیت‌های مختلف متفاوت می‌باشد.

هر یک از این مخازن به تدریج و در طول کوره حرارت داده می‌شود تا در نهایت به دمای حدود ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد. به تدریج که دمای درون مخازن افزایش می‌یابد کک شروع به

۶. جداساز مغناطیسی
۷. شارژر مواد در مخزن‌های سرامیکی
۸. عملیات احیاء در کوره تونلی با دمای حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی‌گراد

۹. تخلیه مخزن‌ها
۱۰. خردکن درشت
۱۱. انبارش در سیلوها
۱۲. خردکن
۱۳. جداساز مغناطیسی
۱۴. آسیاب و سرند
۱۵. فرایند آنیل در کوره آنیل با دمای حدودی ۸۰۰-۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد
۱۶. یکسان‌سازی و هم‌اندازه‌سازی
۱۷. بسته‌بندی اتوماتیک
۱. کنسانتره یا آهن خام
۲. مواد احیاء‌کننده
۳. مخزن SiC

توضیح

فرایند با دو ماده اولیه آغاز می‌شود: "مخلوط مواد احیاء‌کننده" شامل کک حرارتی و آهک و کنسانتره آهن. مواد اولیه به صورت جداگانه در کوره‌های دوار خشک‌کن، خشک می‌شود. سپس موادی که در خشک‌کن به هم چسبیده‌اند توسط خردکن، خرد شده و الک می‌شود. کنسانتره آهن نیز در داخل جداکننده مغناطیسی عبور داده می‌شود.

بسته به عیار خروجی و عیار کنسانتره می‌توان این مرحله را حذف کرد یا آن را انجام داد. سپس مواد توسط شارژر اتوماتیک درون مخزن‌های سرامیکی از جنس SiC شارژ می‌شوند.

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است در قسمت داخلی و بیرونی مخزن‌ها مواد احیاء‌کننده و در بین آن‌ها کنسانتره آهن شارژ می‌گردد. مخزن‌های شارژ شده بر روی ترولی قرار گرفته و به داخل کوره احیا انتقال داده می‌شود. تعداد مخازن بر حسب اندازه کوره و ظرفیت آن متغیر است.

پس از پر شدن مخازن، مخازن به درون کوره

جدول ۱: درصد ترکیبات مواد موجود در پودر آهن خروجی از فرایند تولید پودر آهن به روش کوره تونلی

Composition %	
Iron	۹۸٫۲
Carbon	۰٫۰۱
Silicon dioxide	۰٫۲۰
Hydrogen loss	۰٫۲۶
Sulfur	۰٫۰۱
Phosphorus	۰٫۰۱

جدول ۲: دانه‌بندی ذرات خروجی از فرایند تولید پودر آهن به روش کوره تونلی

Screen analysis %	
+۸۰ mesh	Trace
-۸۰/+۱۰۰	۱
-۱۰۰/+۱۵۰	۱۸
-۱۵۰/+۲۰۰	۲۶
-۲۰۰/+۲۵۰	۹
-۲۵۰/+۳۲۵	۲۴
-۳۲۵	۲۲

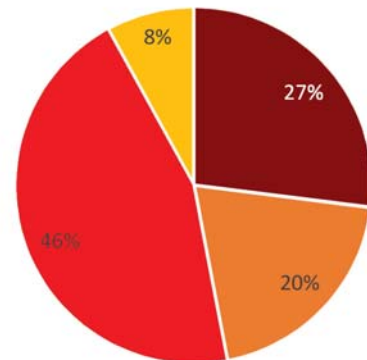
درجه سانتی‌گراد حرارت داده می‌شود و در طی این فرایند کربن و اکسیژن باقی‌مانده در آهن اسفنجی تا حد بسیار پایینی کاهش می‌یابد (اکسیژن از حدود ۱ درصد به حدود ۰/۳ درصد تقلیل می‌یابد).

در طول عملیات آنیل ممکن است که ذرات به مقدار خیلی ناچیزی زیتر شوند (آگلومره شوند)، به همین سبب پس از خروج مواد از کوره آنیل، مجدداً عملیات آسیاب نرمی بر روی پودرها انجام می‌گیرد.

پودر تولید شده دارای قابلیت فشردگی و استحکام مناسبی می‌باشد. پودر خروجی از کوره آنیل یکسان‌سازی و هم‌اندازه‌سازی شده و در بیگ‌بگ جهت ارسال به مشتری یا واحد آلیاژسازی بسته‌بندی می‌شود.

بررسی بازار جهانی متالورژی پودر در گزارش موسسه Transparency Market

نمودار ۳: سهم بازار مناطق مختلف جهان در بازار متالورژی پودر در سال ۲۰۱۳ میلادی



بقای کشورهای آسیا و اقیانوسیه اروپا امریکای شمالی

Research با نام "بازار متالورژی پودر، تحلیل جهانی صنعت، اندازه، سهم، رشد، روند و پیش‌بینی در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۲۰" که به تازگی منتشر شده است، میزان نرخ رشد ترکیبی سالانه (CAGR) برای صنعت پودر متالورژی بین سال‌های ۲۰۱۴ میلادی تا ۲۰۲۰ میلادی رشد مثبتی در حدود ۵/۴ درصد پیش‌بینی شده است.

در گزارش ذکر شده، دستور کار اجرایی متشکل از آمار و ارقام مربوط به پیش‌بینی روند رشد بازار متالورژی پودر را ارائه می‌دهد. بر اساس این گزارش علی‌رغم ارزش ۶۰۶ میلیارد دلاری این بازار در سال ۲۰۱۳ میلادی، ارزش آن تا سال ۲۰۲۰ میلادی به ۸/۷ میلیارد دلار خواهد رسید. کاربردهای فراوان پودر متالورژی منجر به ایجاد فرصت‌های فراوانی برای صنعت شده است. در میان انواع محصولات پودر متالورژی، به دلیل

کاربردها فراوان پودر آهن از آن به عنوان شاخص اصلی پودرهای متالورژی یاد می‌شود به نحوی که این پودر در سال ۲۰۱۳ میلادی حدود ۸۰ درصد از سهم بازار را در اختیار داشته است.

افزایش قطعات ساخته شده توسط پودر آهن در صنعت خودرو موجب رشد شاخص‌های بازار می‌گردد. علاوه بر این پودرهای متالورژی به دلیل قیمت و مصرف انرژی کمتر در مقایسه با سایر تکنولوژی‌های تولید، در تولید محصولات الکترونیکی و الکترونیکی نیز به کار می‌رود. این کاربردها را می‌توان از عوامل اصلی مؤثر در تشکیل بازار جهانی پودرهای متالورژی به شمار آورد.

آسیا و اقیانوسیه در سال ۲۰۱۳ میلادی حدود ۴۶ درصد از سهم بازارهای متالورژی پودر را در اختیار داشته است. امریکای شمالی و اروپا نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

از تحلیل گزارش Transparency Market Research استنباط می‌شود که آسیا و اقیانوسیه تسلط خود را بر بازار حفظ خواهند کرد و انتظار می‌رود بیشترین رشد مصرف قطعات تولید شده به روش متالورژی پودر را به ثبت برسانند.

در نمودارهای زیر سهم بازار مناطق مختلف در متالورژی پودر در سال ۲۰۱۳ میلادی و پیش‌بینی آن برای سال ۲۰۲۰ میلادی آورده شده است.

تکنولوژی ساخت کوره‌های تونلی جهت تولید پودر آهن

چندین شرکت در جهان قادر به ارائه تجهیزات



جهت تولید پودر آهن هستند. یکی از این شرکت‌ها، شرکت HZK چین است.

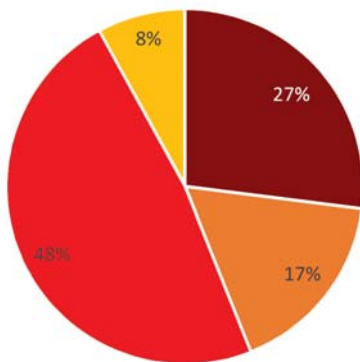
با توجه به اینکه کشور چین تولید بسیار بالایی در قطعات ساخته شده با روش متالورژی پودر دارد، شرکت HZK نیز سهم بالایی در تأمین تجهیزات در این کشور دارد. کوره‌های ساخته شده توسط شرکت HZK در ظرفیت‌های مختلفی از ۵ هزار تن در سال تا ۵۰ هزار تن در سال ساخته می‌شوند.

هم‌چنین این شرکت از حیث دارا بودن پتنت‌های ثبت شده و تکنولوژی‌های پیشرفته، یکی از پیشروهای ساخت این کوره‌ها با آخرین دستاوردهای تکنولوژیک است.

جمع‌بندی

در حال حاضر تولید پودر آهن از جذابیت بالایی در کشور برخوردار است. با توجه به این که تنها یک کارخانه تولید پودر آهن در ایران وجود دارد

نمودار ۴: سهم بازار مناطق مختلف جهان در بازار متالورژی پودر در سال ۲۰۲۰ میلادی



بقای کشورهای آسیا و اقیانوسیه اروپا امریکای شمالی

و هزینه‌های تولید این روش نسبت به تولید پودر آهن با روش کوره تونلی بالاتر است، احداث کارخانه تولید پودر آهن با روش کوره تونلی جذابیت بالایی دارد.

ضمناً در حال حاضر چندین کارخانه تولید قطعات با روش متالورژی پودر در ایران وجود دارند که مواد اولیه مورد نیاز خود را وارد می‌کنند. از طرفی با توجه به پیش‌بینی رشد صنعت خودرو پس از تحریم‌ها و همکاری خودروسازان داخلی با شرکت‌های بزرگ بین‌المللی و لزوم قطعه‌سازی با کیفیت بالا، طبیعتاً تولید قطعات خودرو با روش متالورژی پودر مورد توجه بسیاری قرار خواهد گرفت. از این جهت تولید ماده اولیه قطعه‌سازی اهمیت بسیاری دارد و پیش‌بینی می‌گردد این بخش از صنعت به زودی مورد توجه بسیاری قرار گیرد. ❌