

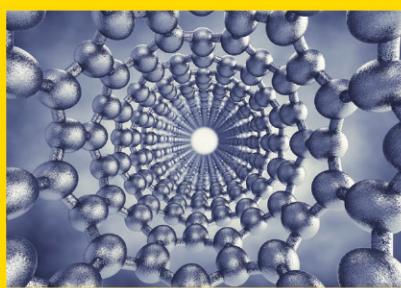
مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۵۵

کاربرد فناوری نانو در متالورژی پودر فلزات

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست





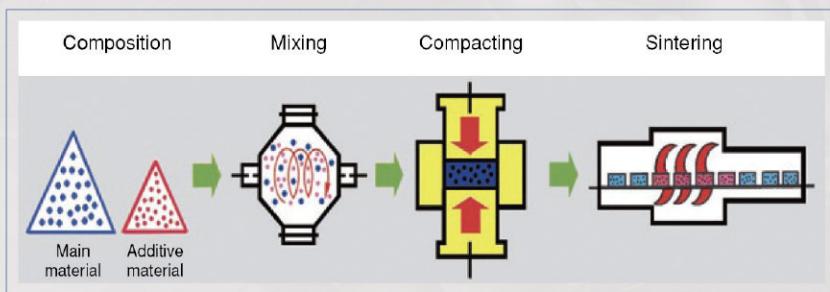
فناوری نانو به زبان ساده، مطالعه مواد و ذرات در مقیاس اتمی برای کنترل و بهبود خواص آنهاست. اصطلاح فناوری نانو برای مطالعه ذرات اتمی و مولکولی به کار برده می‌شود. هدف اصلی اکتشاف و پژوهش‌های فناوری نانو شکل دهنی ترکیبات جدید یا ایجاد تغییراتی در مواد موجود است. فناوری نانو کاربردهای زیادی در رشته‌های مختلفی همچون الکترونیک، زیست‌شناسی، ژنتیک، هوانوردی، نساجی، کشاورزی، انرژی‌های نو و سیاری علوم دیگر دارد.

متالورژی پودر چیست؟



روشی نوین برای ساخت و تولید قطعات فلزی و سرامیکی است که اساس آن بر فشردن پودر مواد به شکل موردنظر و تفجوشی در درجه حرارتی زیر نقطه ذوب می‌باشد. متالورژی پودر فرآیند قالب‌گیری قطعات (غلب فلزی) از پودر فلز توسط اعمال فشارهای بالا است. پس از عمل فشردن و تراکم پودرهای عمل تفجوشی در دمای بالا در اتمسفر کنترل شده، انجام پذیرفته

که در آن ذرات فلز متراکم شده و به یکدیگر جوش می‌خورند و به صورت ساختمان همگن مستحکمی شکل می‌گیرد. این روش بخشی کوچک اما بسیار مهمی از صنایع فلزی را در بر می‌گیرد. از جمله قابلیت‌های این روش تبدیل مستقیم پودر به قطعات دارای شکل و ابعاد نهایی است.



شکل ۱. مراحل اصلی انجام فرآیند متالورژی پودر جهت ساختن قطعه مورد نظر [۱].

تاریخچه متالورژی پودر



این روش از نظر تاریخی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های شکل‌دهی فلزات است، ولی برای تولید در مقیاس تجاری از جمله جدیدترین روش‌های تولید قطعات فلزی محسوب می‌شود. اولین کاربرد متالورژی پودر در تولید پلاتین با دانسته کامل بود که در قرن ۱۹ میلادی صورت گرفت. چون در آن زمان امکان ذوب پلاتین به دلیل نقطه ذوب بالایش وجود نداشت. در اوایل قرن بیست قطعات فلزی دیرگذاری مانند تنگستن و مولبیدن نیز توسط روش متالورژی پودر شکل داده شدند. کاربردهای سمنانیت و یاتاقان‌های برنزی متخلخل نسل بعدی قطعات متالورژی پودر بودند. این صورت قطعات متالورژی پودر در انواع صنایع مانند لوازم خانگی، اسباب بازی سازی و الکترونیک کاربرد پیدا کردند.

از کاربردهای گسترده قطعات متالورژی پودر در صنایع خودروسازی بود که موازی با این صنایع رشد نمود، به طوری که امروزه بقای صنعت متالورژی پودر در کشورهای صنعتی بسیار وابسته به صنعت خودروسازی می‌باشد. در سال‌های ۱۹۵۰-۱۹۶۰ روش‌های نوینی مانند فرج^۲ و پرس ایزواستاتیک گرم^۳ در صنعت متالورژی پودر بکار گرفته شد. این روش‌ها با تولید قطعات با دانسته بالا توان رقابتی قطعات متالورژی پودر را افزایش دادند.

مزایا و معایب متالورژی پودر

فرآیند متالورژی پودر همانطوری که پیشتر نیز ذکر شد در مورد فلزاتی (عموماً با نقطه ذوب بالا) به کار می‌رود که قطعه‌سازی از آن‌ها با استفاده از روش‌های دیگر تولید، امکان پذیر نبوده و یا با مشکلات فراوان مواجه باشد. استفاده از این فرآیند نسبت به سایر روش‌های تولید دارای مزیت‌های زیر می‌باشد، که این فرآیند را در صنعت قطعه‌سازی مورد توجه قرار داده است:

● ملاحظات اقتصادی مناسب

● دقت ابعادی بالا در تولید محصول

● عدم وجود محدودیت در آلیازسازی

● بهره‌وری بالا در مصرف انرژی

● انطباق فرآیند تولید با الزامات زیست‌محیطی

● وجود ضایعات بسیار پایین

متالورژی پودر علاوه بر دارا بودن مزیت‌های بالا دارای معایبی نیز می‌باشد که در زیر به موارد مهم آن اشاره می‌شود:

■ ضرورت استفاده از کادر مهندس و متخصص

■ خواص مکانیکی پایین تر نسبت به سایر روش‌ها

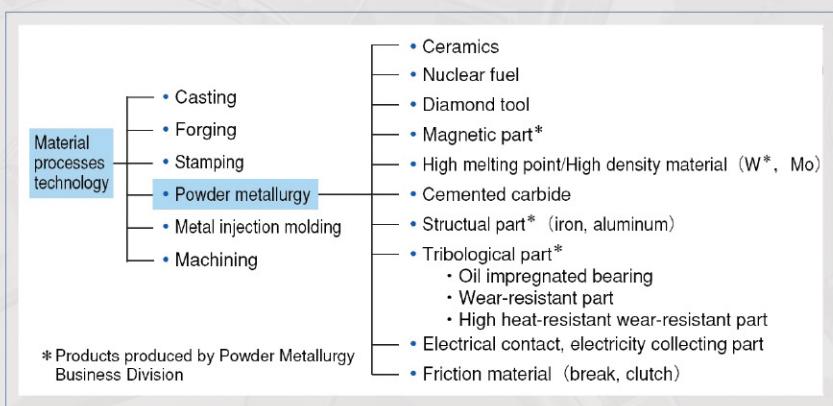
■ توجیه پذیری اقتصادی تولید فقط در ظرفیت‌های بالا

■ قیمت تمام شده بالا به نسبت قطعات مشابه که با روش‌های معمول تولید شده‌اند.

کاربردهای متالورژی پودر در صنعت

دامنه استفاده از متالورژی پودر بسیار گسترده بوده و در این رابطه کافی است به زمینه‌هایی چون تولید رشتهدار لامپ، بوش‌های خود روانساز، متعلقات گیربکس اتومبیل، اتصالات الکتریکی، المان‌های سوخت نیروگاه‌های هسته‌ای، اجزاء ترمیمی ارتوپدی، صافی‌های دمای بالا، مواد ضدسایش و... اشاره کرد.

شکل ۲ جایگاه متالورژی پودر را در صنعت تولید تکنولوژیکی مواد نشان می‌دهد. متالورژی پودر گستره کاربرد متنوعی دارد و نیز نقش بسیار مهمی در صنعت تولید مواد پیشرفته ایفا می‌کند. متالورژی پودر با فشردن و زینتر کردن می‌تواند شکل نهایی یک محصول یا نزدیک به آن را تولید کند. به علاوه همانطور که اشاره شد این روش یک روش اقتصادی با مواد دور ریز بسیار کم است [۱].

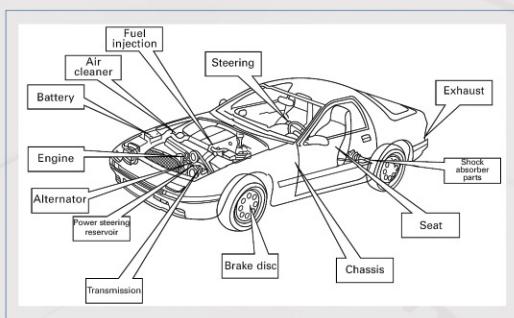


شکل ۲. جایگاه متالورژی پودر در فناوری تولید مواد مختلف [۱].

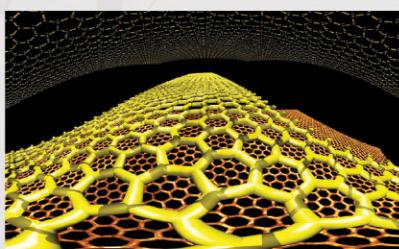
» **شکل ۳. کاربرد متالورژی پودر در ساخت چرخ‌نده‌های صنعتی (سمت راست).** کاربرد متالورژی پودر در ساخت قطعات مختلف گیربکس و سیستم انتقال نیرو (سمت چپ).



شکل ۴.
کاربرد متالورژی
پودر در صنعت
خودروسازی [۲].



چرا از فناوری نانو در متالورژی پودر استفاده می‌کنیم؟



میلادی، هم‌زمان با تولید گسترده نانوپودرها، فرآوری آن‌ها به روش‌های گوناگون نظری متالورژی پودر مورد توجه قرار گرفته است. در چند سال گذشته پیشرفت‌های چشم‌گیری در خصوص تف‌جوشی نانوپودرها از لحاظ تجربی و نظریک صورت گرفته و امکان تولید قطعات کاملاً چگال از نانوپودرها فراهم گردیده است. شرایط چگالش باید به گونه‌ای باشد که از استحاله‌های میکروساختاری ناخواسته ممانعت کرده و درشت شدن ریزساختار حین فرآیند به حداقل مقدار ممکن برسد.

اولین مرحله در اغلب فرآیندهای چگالش، فشردن پودر در دمای محیط و یا فشردن سرد است که محصول این مرحله خشته خام نامیده می‌شود. خواص محصول نهایی تابعی از ریزساختار خشته خام است. افزایش نقاط تماس اولیه نانوپودرها در خشته خام با چگالی بالا، منجر به ایجاد حفره‌های کوچک‌تر شده و در نهایت توزیع یکنواختی از حفره‌ها بدست می‌آید. در این حالت شرایط برای دستیابی به چگالی نهایی بالاتر بوجود می‌آید و زمان تف‌جوشی نیز کاهش می‌یابد.

اندازه پودرهای اولیه در خواص مکانیکی قطعات متالورژی پودر بسیار تأثیر گذار است. از جمله این خواص می‌توان به استحکام خمشی، چقرمگی، سختی و مقاومت به سایش اشاره کرد. اگر پودرهای تولید شده به ابعاد نانومتری برسند، با توجه به حساسیت زیاد مکانیزم‌های تف‌جوشی به اندازه ذره، دمای تف‌جوشی بسیار پایین می‌آید و فشرده‌سازی نانوپودرها در دماهای پایین تری اتفاق می‌افتد (در حدود ۱۵۰ درجه سانتیگراد پایین تر از حالت معمول). در نتیجه رشد دانه و تغییرات ابعادی در نمونه نهایی اتفاق نمی‌افتد و خواص مکانیکی آن حفظ می‌شود. همچنین پودرهای نانوسایز

مقاومت بالاتری در مقابل شوک‌های حرارتی از خود نشان می‌دهند (به خصوص در مورد سرامیک‌ها).

مکانیزم‌های فرآیند چگالش پودرهای معمولی از جنبه‌های تئوری و تجربی به خوبی شناخته شده‌اند. اما چگالش نانوپودرها علی‌رغم داشتن مزایای یاد شده، با چالش‌های مهمی نظری آگلومره شدن، واکنش پذیری بالا و در نتیجه آلوود شدن ذرات پودر، رشد دانه و لذا از دست رفتن ماهیت نانومتری آن‌ها و ناتوانی در ساخت قطعات بزرگ و متراکم همراه است. استفاده از دمایهای پایین تر برای به حداقل رساندن رشد دانه ممکن است از یک طرف مانع از ایجاد پیوند مطلوب بین دانه‌ای شده، بنابراین چترمگی و استحکام مکانیکی نمونه مورد نظر کاهش یابد و از طرف دیگر مانع احیای ترموشیمیایی اکسیدها در سطح ذرات شود. بنابراین استفاده از فناوری نانو در متالورژی پودر باید با بررسی‌های هم‌جانبه تئوری و تجربی همراه باشد تا شرایط به خوبی کنترل شده و محصول نهایی با کیفیت بالا بدست آید [۳].

تحقیقات صورت گرفته در سال‌های اخیر جهت رفع برخی از این مشکلات نظری آگلومره شدن و کنترل اندازه دانه مؤثر بوده است. این تحقیقات شامل پیشرفت‌های عمدۀ در استفاده از روش‌های ترکیبی و در ک تأثیر برخی از پارامترها نظیر تخلخل در تف‌جوشی نانوپودرها بوده است. در فرآیند فشردن نانوپودرات ارتباط مشخصی بین اندازه دانه و مکانیزم‌های تف‌جوشی وجود دارد. نتایج بدست آمده بیانگر تأثیر بینگ توجه مکانیزم‌های اتمی بر تف‌جوشی ذرات در مقیاس‌های کوچک‌تر هستند.

نقش ناخالصی‌های دار چگالش نانوپودرها

فرآیندهای کنترل سطحی نظیر تف‌جوشی و استنگی بسیار شدیدی به شرایط سطحی ذره دارند. تأثیر گذاری ویژگی‌های سطحی در تف‌جوشی نانوپودرات از شدت پیشتری برخودار بوده و مطالعات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است. زیرا ویژگی‌های سطحی علاوه بر تأثیر روی خصوصیات ذرات و رفتار تف‌جوشی آن‌ها، بر خواص مکانیکی نهایی نیز تأثیر گذار هستند.



این موضوع بیانگر اهمیت قابل ملاحظه حذف آلوودگی با اعمال روش‌هایی مانند انجام مرحله فشردن بلافلصله بعد از تولید نانوپودرهای فلزی در محیط حاوی گاز خشی به منظور شناسایی دقیق خواص مکانیکی است. سطح فوق العاده زیاد نانوپودرات، بیانگر اهمیت مسئله آلوودگی پودر است. به عنوان مثال می‌توان به افزایش مقدار ناخالصی جذب شده روی نانوپودرات Al_2O_3 نسبت به پودرهای معمولی آن اشاره نمود. همچنین مقدار گازهای جذب شده مانند H_2O و N_2 در پودر نیکل خالص، ۵ نانومتری حدود $120 \text{ cm}^3/\text{g}$ شده است. در حالی که این مقدار برای ذرات پودر ۵ و ۵۰ میکرونی به ترتیب 40 و $8 \text{ cm}^3/\text{g}$ بوده است. به طور کلی مقدار ناخالصی و استنگی شدیدی به نحوه تهیه پودر دارد. معمولاً روش تولید تأثیر زیادی بر میکروساختر پودرهای نانوپلوری و بنابراین قابلیت تف‌جوشی آن‌ها می‌گذارد. تف‌جوشی بسیار سریع نانوپودرات بسیار فوق العاده تمیز را حتی در دمای پایین نشان می‌دهند. به منظور اجتناب از آلوودگی بیشتر، فشرده‌سازی نانوپودرها در محل تولید و یا انتقال نانوپودرها قبل از تف‌جوشی در محیطی کنترل شده توصیه می‌شود [۳].

روش‌های فشردن تحت‌فشار نانوپودرها

به استثناء برخی موارد، کلیه روش‌های فشردن تحت فشار نظیر پرس کاری گرم، تف‌جوشی توأم با فورجینگ (SF)، پرس کاری ایزوفاستاتیک گرم (HIP)، اکستروژن و سایر روش‌های توأم با فشار بالا برای فشردن نانوپودرها به کار گرفته شده‌اند. در روش‌های پرس کاری گرم از فشار تک محوری استفاده شده و اعمال فشار روی پودر در یک قالب صورت می‌گیرد. در حالی که در تف‌جوشی توأم با فوجینگ قالبی وجود ندارد. همچنین در روش HIP، تنش هیدروفاستاتیک توسط سیال منتقل می‌شود.

در کنار روش‌های متداول ذکر شده، در برخی موارد برای چگالش نانوپودرها از روش‌های فشردن غیرمتداول نظیر تف‌جوشی با میکروویو، تف‌جوشی به کمک میدان و یا فشردن دینامیک با موج ضربه‌ای استفاده می‌شود. هدف اصلی استفاده از چنین روش‌هایی، افزایش میزان چگالش و بنابراین کاهش دما یا زمان تف‌جوشی با حفظ اندازه دانه نهایی در محدوده نانومتری است.

فعالیت‌های پژوهشی و صنعتی صورت گرفته در خارج از کشور

یک شرکت ژاپنی به نام Hitachi chemical [۱] فعالیت‌های گسترده‌ای در کاربرد فناوری نانو در متالورژی پودر انجام داده است. محصولات مختلف این شرکت عبارتند از مواد الکترونیکی، قطعات خودرو، سیستم‌های ذخیره انرژی، پودرهای مواد معدنی و موارد دیگر. آن‌ها با بهره‌گیری از تکنولوژی‌های نوین در تولید پودرهای نانو و همینطور استفاده از کوره‌های خلاً قادر به تولید مواد جدید با فناوری نانو هستند.



» شکل ۵. نمونه‌هایی از محصولات تولید شده به روش متالورژی پودر پیش‌فته در شرکت ژاپنی Hitachi Chemical [۱].

شرکت NANOe در زمینه تولید محصولات متالورژی پودر با فناوری نانو فعالیت می‌کند. از جمله محصولات این شرکت عبارتند از: محصولات پزشکی (بلوک‌های دندان، ایمپلنت‌ها و پروتزهای دندان)، پوشش‌های صنعتی (مقابو به سایش، مقاوم به خوردگی و مقاوم به حرارت)، ابزارهای برش، سولول‌های سوختی و زیور آلات (ساعت‌ها، جواهرات و...). [۴]

زمینه فعالیت شرکت POWDERMET [۵] تلفیقی از متالورژی پودر و فناوری نانو است که به منظور تحقیق و گسترش مواد پیشرفته می‌باشد. از اهداف این شرکت می‌توان به کاهش وزن محصولات، کاهش مصرف منابع، حفظ محیط زیست، کاهش هزینه‌های بازیابی و همچنین افزایش راندمان انرژی با ایجاد کیفیت در محصول اشاره کرد. محصولات این شرکت در حوزه‌های مختلف هوافضا، صنایع دفاع، حمل و نقل و انرژی‌های نو کاربرد داشته و عبارتند از: زره سبک و جاذب انرژی تولید شده با استفاده از نانوپودرهای آلومینیوم، تولید تجهیزات ضد زره از طریق متالورژی پودر و تولید پودرهای خالص فلزی مانند W و Si، نیترید فلزات مثل Si و TiN و کاربید

فلزات مانند WC، SiC و TiC، تولید کامپوزیت‌های فعال و آزاد کننده انرژی مورد کاربرد در آند و کاتند با تری‌ها، مواد ذخیره کننده هیدروژن، اجزاء تشکیل دهنده پیل‌های سوختی و پیشران‌ها.

اهمیت متالورژی پودر و فناوری‌های جدید مرتبط با آن روز به روز در حال افزایش است. در کنار فعالیت‌های صنعتی، فعالیت‌های پژوهشی متعددی نیز در حال گسترش است. سالانه کنفرانس‌های بین‌المللی فراوانی برگزار می‌شود که هزاران نماینده از شرکت‌های متالورژی پودر معتبر دنیا در آن‌ها شرکت می‌کنند. براساس تحقیقات صورت گرفته تعداد پتنت‌های ثبت شده در پایگاه ثبت پتنت اوربیت در رابطه با متالورژی پودر که بعد از سال ۲۰۰۰ به ثبت رسیده‌اند به بیش از ۱۲۰۰۰ عدد می‌رسد (جدول ۱). در این میان تعداد پتنت‌های ثبت شده در رابطه با کاربرد فناوری نانو در متالورژی پودر، ۴۰۸ عدد است. که ۲۷۲ مورد از آن‌ها مربوط به بعد از سال ۲۰۱۰ میلادی و ۱۲۵ مورد مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ میلادی می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود روز به روز کاربرد فناوری نانو در این روش در حال افزایش است [۶].

جدول ۱. مقایسه تعداد پتنت‌های ثبت شده در سال‌های مختلف در پایگاه ثبت پتنت اوربیت

| مجموع | تعداد پتنت‌های ثبت شده | | | در رابطه با |
|-------|------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | از سال تاکنون | بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۰۰ | قبل از سال ۲۰۰۰ | |
| ۱۲۶۱۷ | ۳۶۱ | ۳۳۶۰ | ۵۶۴۶ | متالورژی پودر |
| ۴۰۸ | ۲۷۲ | ۱۲۵ | ۱۱ | فناوری نانو و متالورژی پودر |

» **شکل ۶. رشد کاربرد فناوری نانو در متالورژی پودر در سال‌های مختلف (مقایسه بر اساس تعداد پتنت‌های ثبت شده در پایگاه ثبت پتنت اوربیت) [۶].**



فعالیت‌های پژوهشی و صنعتی انجام شده در داخل کشور

در کنار فعالیت‌های خارجی در طی سال‌های اخیر فعالیت‌های متعددی نیز در زمینه متالورژی پودر پیشرفتی در داخل کشور صورت گرفته است. به عنوان مثال شرکت نانومواد پارس [۷] در زمینه ساخت قطعات با تکنولوژی‌های پیشرفته و نوین از جمله متالورژی پودر اقدام به تولید محصولات مختلف نانوساختار از جمله نانوپودرها (برای مثال نانوپودر کاربرید تیتانیم) نانو کامپوزیت‌ها و قطعات با ساختار نانو کرده است. این شرکت با استفاده از تجهیزات کوره نفجوشی با خلاً بالا و دمای بیشینه ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد، قادر به تولید انواع کامپوزیت‌ها به روش متالورژی پودر می‌باشد. همچنین امکانات تهیه و تولید قطعات متالورژی پودر فولادهای ایزار با گریدهای مختلف M, D و T نیز وجود دارد.



تعداد پایان نامه های ثبت شده در پایگاه اینترنیتی ستد توسعه فناوری نانو در سال های اخیر، در رابطه با متالورژی پسورد به بیش از ۵۱ مورد می رسد که از میان آنها ۴۱ مورد مربوط به مقطع کارشناسی ارشد و ۱۰ مورد از آنها در مقطع دکتری تخصصی انجام گرفته است [۸].

شرکت متالورژی پودر ماد صنعت، با داشتن تکنولوژی روز دنیا و واحدهای مجهز میکس، پرس و زینتر

توانایی تولید قطعات مختلف متالورژی پودر را دارد. محصولات این شرکت حوزه های وسیعی از صنایع خودروسازی، لوازم خانگی، صنایع دریایی و هوایی، تجهیزات صنعت نفت و... را در بر می گیرد. از جمله این محصولات می توان به انواع بوش ها، چرخ دنده ها، فلنج ها، یاتاقان ها، یغنه ها، رینگ ها، اجزاء سیستم ترمز، اجزاء پمپ ها، جدا کننده ها، انواع خارها... اشاره کرد [۹].

موارد مصرف قطعات مورد مطالعه در زمینه متالورژی پودر را می توان در دو گروه عمده خودرویی و غیر خودرویی تقسیم کرد که هر کدام از این بازارها شرایط خاصی را در تولید و واردات قطعات اعمال می نمایند. در بازار خودروسازان داخلی، شرکت هایی مانند ساپکو (تأمین کننده شرکت ایران خودرو)، شرکت سازه گستر سایپا (تأمین کننده شرکت سایپا)، شرکت اپکو (تأمین کننده شرکت ایران خودرو و دیزل) از شرکت های اصلی فعال در این بازار به شمار می آیند که به منظور کاهش و استگی صنعت خودرو به کشورهای خارجی فعالیت می کنند. این شرکت ها فعالیت های زیادی در زمینه متالورژی پودر و پر پایه فناوری نانو انجام داده اند [۱۰ و ۱۱].

با توجه به اهمیت مواد نانوساختار به پیوشه نانو کامپوزیت ها، پژوهشکده مواد پیشرفته و انرژی های نو سازمان علمی و صنعتی ایران [۱۲] اقدام به راه اندازی آزمایشگاه مواد نانوساختار، کامپوزیت و متالورژی پودر کرد است. هدف از این کار توسعه فناوری آلیاژ های جاذب هیدروژن، آلیاژ های حسگر و سایر قطعات متالورژی پودر است. با استفاده از این تجهیزات امکان سنتز مواد و آلیاژ های سیار همگن نانوساختار، نانو کامپوزیت ها، مواد مغناطیسی و ساخت نمونه و قطعات پودری برای محققان فراهم شده است. این آزمایشگاه قابلیت ارائه خدمات پژوهشی به مرکز علمی کشور و پژوهشگران فعل در این زمینه را دارد.

جمع بندی

روش متالورژی پودر یک روش تولیدی پیشرفته برای تولید قطعات با کیفیت بالا در ابعاد صنعتی می باشد. این روش از لحاظ اقتصادی به صرفه بوده و دور ریز مواد خیلی کمی دارد. با وارد کردن فناوری نانو در این روش، از طریق پایین آوردن دمای تفت جوشی و همیطنور بهتر شدن عملیات پرس کاری، می توان کیفیت محصولات تولیدی را بهبود بخشید و از لحاظ اقتصادی اثری ذخیره کرد. فضای مطالعاتی و صنعتی در این روش روز به روز در حال پیشرفت و گسترش است. به طوری که تعداد پژوهش های انجام گرفته و پتنت های ثبت شده در رابطه با کاربرد فناوری نانو در متالورژی پودر در چند سال گذشته قابل مقایسه با پیش از آن نیست. به دلیل مزایای زیادی که فناوری نانو در این روش به وجود می آورد بسیاری از شرکت ها و کارخانه ها این فناوری را در خط تولید خود وارد کرده اند و تعداد زیادی هم در حال توسعه این بخش می باشند.

پی‌نوشت‌ها

۱ Sintering

۲ Forging

۳ Hot Iso-static Press

مراجع

۱ www.Hitachi-chem.co.jp

۲ www.jfe-steel.co.jp

۳ عطایی ابوالقاسم، شیخانی سعید، و همکاران، آلبازسازی و فعال‌سازی مکانیکی فناوری تهیه نانومواد، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۵.

۴ www.nanoe.com

۵ <http://www.powdermetinc.com/>

۶ www.orbit.com

۷ www.parsnanomaterials.com

۸ www.nano.ir

۹ www.mspmco.ir

۱۰ ماهنامه فناوری نانو، مهرماه ۱۳۹۱، شماره ۷، شماره پیاپی ۱۸۰، صفحه ۱۵.

۱۱ <http://wp.kntu.ac.ir/hkhorsand/experiences.html>

۱۲ <http://www.irost.org/>



مجموعه نرم‌افزارهای «نانو و صنعت»

مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش‌های صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم‌افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاہبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است.

تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم‌افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت و ساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: www.nanosun.ir - ۶۶۸۷۱۲۵۹

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

۰۲۱-۶۳۱۰۰

تلفن:

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن

۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

نمبر:

نظرات: داود قرایلو

www.nano.ir

پایگاه اینترنتی:

report@nano.ir

۱۴۵۶۵-۳۴۴

صندوق پستی:

تهیه‌کننده: سعادت صیاد رضایی نژاد

metals@nano.ir

شناسنامه