

تولید پودر فلز برای ساخت افزایشی در شرکت SMS¹

ترجمه: محمدحسین نشاطی

گروه SMS یک کارخانه اتمیزه کردن پودر را در مجتمع گروه SMS در شهر مونشن گلاباخ آلمان طراحی نموده، ساخته و راه اندازی کرده است. این واحد یک کارخانه در مقیاس صنعتی برای ارائه نمایشی است و بخشی از یک مرکز نمایشی جدید برای استفاده SMS و مشتریانش خواهد بود. هدف عرضه کارخانه‌های کامل ساخت افزایشی به مشتریان SMS بر اساس کلید در دست، با یکپارچه سازی کل زنجیره فرآیند از تولید پودر تا محصول نهائی، در عین حال اطمینان از تولید با سطح کیفیت بالای تکرارپذیر با حداقل هزینه است. مشتریان راهکارهای مدولار، مقیاس پذیر متناسب سازی شده با نیازهای خاص خود را دریافت خواهند کرد.

بیشتر از همیشه بخش‌های صنعتی در حال شناخت و استفاده از مزایای ساخت افزایشی (AM)، یا مشهور به چاپ سه بعدی (3D) می‌باشند. این صنایع "توانمند" عبارتند از: هوافضا، خودرو، مهندسی پزشکی، ساخت نمونه اولیه و ابزار، ساخت کارخانه و مهندسی مکانیک. خود گروه SMS در زمینه AM بسیار فعال بوده است: با استفاده از این تکنولوژی برای تولید قطعات AM برای تجهیزات خود برای فرآوری فلزات و یادگیری در مورد قابلیت‌های آن. یک مثال برانگیزنده، افشانک‌های مورد استفاده در کارخانه‌های آهنگری ضربه‌ای (دراپ فورجینگ) برای خنک کاری و روانکاری قالب است که در بخش دوم مقاله تشریح شده است.

طبق مطالعه منتشر شده توسط رولاند برگر در سال 2017، بین سال‌های 2004 تا 2016، بازار AM از 0.8 میلیارد یورو به 5.5 میلیارد یورو، متناظر با رشد سالانه ترکیبی حدود 20 درصد افزایش یافت. علاوه بر این، بر اساس پیش‌بینی‌های چند موسسه که در این تحقیق ارزیابی شده، پیش‌بینی می‌شود که رشد بازار به شدت افزایش یابد و تا سال 2022 به سطح جهانی 24 تا 28 میلیارد یورو برسد.

اساس ساخت افزایشی (AM) قطعات فلزی، استفاده از پودرهای ریز همگن با ترکیبات آلیاژی مناسب است. پودرها قابل توجه به نظر نمی‌رسند اما خواصی دارند که از آن بخش تولیدی کاملاً جدیدی در حال تکامل است. ذرات پودر بسیار ریز و معمولاً کروی با قطر $15-45 \mu\text{m}$ می‌باشند.

واحد آزمایشی (پایلوت پلنت) شرکت SMS

در طراحی و ساخت یک واحد آزمایشی، هدف ما کسب تبحر - و امکان دادن به مشتریان ما برای کسب تبحر - زنجیره کامل فرآیند از این تکنولوژی نوآورانه است. به همین دلیل عمداً ساخت یک واحد آزمایشی در مقیاس صنعتی را بجای واحد مقیاس کوچک برگزیدیم. فقط به این طریق می‌توانیم فرآیند در شرایط واقعی، یعنی در دما و فشار بالا و در چرخه تولید طولانی را آزمایش کنیم. ما با همکاری شرکای خود، صنایع ساخت افزایشی، که توسعه‌دهندگان و ارائه‌دهندگان سیستم‌های انتخابی ذوب لیزری برای چاپ سه بعدی (3D) پودر فلزات هستند، کار خواهیم کرد.

طراحی واحد- این واحد با طول 13 متر و نشان داده شده در **شکل 1**، در ماه مه 2018 راه‌اندازی شد و تمام مراحل فرآیند AM را در بر می‌گیرد.

¹ - Metal powder production for additive manufacturing (AM) at SMS, MILLENNIUM STEEL 2019.

اجزای اصلی واحد عبارتند از:

- کوره القایی ذوب در خلاء با بوته و تاندیش
- تجهیزات اتمیزه کردن قرار گرفته در برج پودر
- پمپ‌های خلاء
- سیکلون‌ها، خنک‌کننده های گاز، فیلترهای کیسه‌ای و جداکننده‌های هوا
- سرندها برای دانه‌بندی پودر



شکل 1- منظری سه بعدی از یک کارخانه پودر فلز.

عملیات واحد- تمام مراحل و تمام فرآیندها از متالورژی، ذوب، تکنولوژی خلاء بر پایه گاز خنثی تا کنترل کیفیت، با تجربه و صلاحیت‌های گروه SMS ساخته شده است.

این واحد فلزات و آلیاژها را به صورت القایی و تحت خلاء ذوب می‌کند. تکنولوژی خلاء برای دستیابی به یک محصول فوق‌العاده تمیز و اطمینان از پیشگیری از واکنش مواد با اکسیژن کلیدی است. اگر این تضمین نشود، ممکن است به اکسیدها، آخال‌های اکسیدی و سایر آلاینده‌ها منجر شود؛ پودر فوق‌العاده تمیز تنها می‌تواند تحت شرایط خنثی تولید شود. در این واحد اندازه ذوب 100 تا 500 کیلوگرم، با ظرفیت سالانه 4000 کیلوگرم است.



شکل 2- اتمیزه کردن فلز مذاب.

در مرحله بعدی فرآیند، فلز مذاب در یک نازل جت با قطر فقط چند میلیمتر با استفاده از آرگون خالص فشار بالا اتمیزه می‌شود (**شکل 2**). سپس ذرات در حال سقوط در برج اتمیزه کردن خنک می‌شوند، ذرات کروی در محدوده μm تولید می‌کنند. سپس پودر بر حسب اندازه دانه‌بندی می‌شود، نتیجه فرآکسیون‌های کروی با خلوص بالا، با اندازه‌های تعیین شده بین $15 \mu\text{m}$ و $45 \mu\text{m}$ با آنالیز شیمیایی دقیق و عاری از آخال‌ها و آگلومراسیون‌ها می‌باشد (**شکل 3**).



شکل 3- پودر و قطعه ساخته شده در چاپگر 3 بعدی (3D).

این واحد می‌تواند طیف گسترده‌ای از آلیاژها شامل سوپرآلیاژها، آلیاژهای نیکل پایه، آلیاژهای CoCr، فولادهای مخصوص، فولادهای ماریچینگ و آلیاژهای مس را فرآوری کند. آلیاژهای جدید با خواص جدید به طور مشترک با مشتریان ما، و به صورت منحصر به فرد، تحت شرایط تولید واقعی توسعه خواهند یافت.

ما به عنوان بخشی از برنامه توسعه، در حال استقرار پایه‌ای برای صنعت 4.0 در تولید پودر هستیم، زیرا قصد داریم یک سیستم کنترل کیفیت اتوماتیک کامل پوشش‌دهنده کل زنجیره فرآیند AM را پیاده‌سازی کنیم. این نوع مستندات نامتناقض و 100 درصد قابل ردیابی یک ضرورت مطلق، برای مثال، برای قطعات تولید شده برای صنعت هوافضا است.

کارخانه جدید پودر اتمیزه اولین مرحله مهم را انجام داده است. گروه SMS همیشه با انطباق با بالاترین استانداردهای کیفیت، اندوخته بزرگی را برقرار نموده و، به منظور توانایی برای تولید قطعات با بالاترین کیفیت و بالاترین عملکرد از پودر، ضروری است

که پودر در فرآیندهای تولید پائین دستی در تماس با اکسیژن قرار نگیرد. بنابراین، ما در حال توسعه راه‌حل‌هایی بوده‌ایم تا اطمینان حاصل شود که پودر توسط اتمسفر گاز خنثی تا فرآوری در چاپگر سه بعدی لیزری شرکای همکاری ما، صنایع ساخت افزایشی، محافظت می‌شود. تمام مراحل تولید، شامل حمل‌ونقل، سرد کردن، دانه‌بندی و بسته‌بندی، تحت اتمسفر گاز آرگون انجام می‌شود. این امر مستلزم تلاش قابل توجهی است، اما سطح کیفیت بالای مورد نیاز، برای مثال، برای قطعات ایمنی بحرانی را تضمین می‌کند.

مرکز نمایشی

چون تولید پودر و AM تکنولوژی‌های بسیار جوانی هستند، تعداد معدودی استاندارد کیفیت تثبیت شده وجود دارد. برای توجه به این موضوع، یک مرکز نمایشی، همانطور که در **شکل 4** نشان داده شده، می‌بایستی شامل تمام زنجیره فرآیند، یعنی تولید پودر، حمل‌ونقل پودر، چاپ 3D، عملیات حرارتی و ماشینکاری، بازرسی، بررسی کیفیت، تدارکات و سیستم اتوماسیون اختصاصی باشد. این مرکز برای استفاده مشتریان SMS در دسترس خواهد بود.



شکل 4- تصویر 3D کارخانه آینده برای ساخت افزایشی.

ملاحظات پایانی

هدف ما عرضه کامل کارخانه‌های AM به مشتریان SMS بر پایه کلید در دست، با یکپارچه‌سازی کل زنجیره فرآیند، از تولید پودر تا محصول نهایی، در عین حال اطمینان از تولید در مقیاس بزرگ با کیفیت بالای تکرارپذیر است. این کارخانه آزمایشی به ما امکان بهینه‌سازی فرآیندها برای به حداکثر رساندن بهره‌وری و به حداقل رساندن هزینه‌های کل را می‌دهد. که مشتریان ما راهکارهای مدولار، مقیاس پذیر متناسب‌سازی شده با نیازهای خاص خود را دریافت خواهند کرد.