La fabricación aditiva metálica como proceso de producción industrial

Metal additive manufacturing as industrial production process

Aitzol Lamikiz-Mentxaka y Eneko Ukar-Arrien
Universidad del País Vasco UPV/EHU (España)

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/9801

LA FABRICACIÓN ADITIVA: UN MERCADO EN CONTINUO CRECIMIENTO

La Fabricación Aditiva ha pasado de ser un grupo de procesos exóticos y poco conocidos a ser en la actualidad una alternativa más a la hora de fabricar componentes industriales. Dentro de los procesos de Fabricación Aditiva se puede hacer una gran división en dos grandes grupos: procesos para componentes poliméricos y procesos para fabricación de componentes metálicos. En la actualidad, el mercado de componentes poliméricos supone aproximadamente el 80% del mercado total de la Fabricación Aditiva (unos 10.000 M€), mientras que los componentes metálicos suponen aproximadamente el 20% restante. Sin embargo, todas las estimaciones apuntan a que la cuota de mercado de los componentes metálicos irá creciendo gradualmente, llegando a superar el 25% de cuota de mercado en el 2025 [1].

Otro indicador de la tendencia del mercado de la Fabricación Aditiva Metálica es el crecimiento tanto del número de empresas de este sector como del tamaño de las mismas. Por ejemplo, en el año 2019, tres empresas dedicadas a la comercialización de sistemas de Fabricación Aditiva: Carbon, FormLabs y Desktop Metal, alcanzaron un valor de mercado por encima del billón de dólares. Asimismo, en los últimos años empresas como General Electric, Hewlett Packard, DMG-Mori, Renishaw o Trumpf se han posicionado en el mercado como fabricantes de sistemas de Fabricación Aditiva Metálica, por lo que todo apunta a que en los próximos años estas tecnologías experimentarán un fuerte desarrollo y crecimiento.

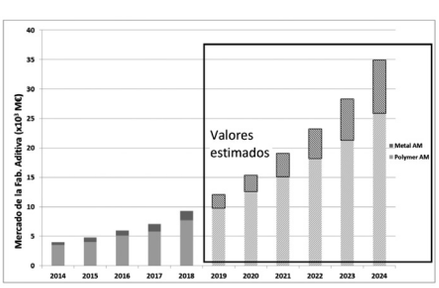


Figura 1: Evolución del mercado de la Fabricación Aditiva Metálica [1]

Los avances recientes en los procesos de Fabricación Aditiva Metálica han permitido la introducción de estas tecnologías en la producción de algunos componentes críticos y con altas prestaciones. Así, se pueden encontrar ejemplos en sectores tan exigentes como el bio-médico, aeroespacial, defensa o energía entre otros, siendo el denominador común de todas estas aplicaciones la confluencia de geometrías complejas, alta personalización del componente y la posibilidad de optimizar los diseños para la introducción de funcionalidades especiales. Asimismo, destaca la gran variedad de materiales con las que se puede trabajar hoy día con estos procesos, abarcando aplicaciones con metales termorresistentes como las aleaciones base níquel o cobalto, aleaciones biocompatibles como las aleaciones de Titanio o materiales más comunes en la industria como aceros inoxidables, aceros de herramienta o aleaciones de Aluminio. En esta línea, algunos fabricantes están comenzando a introducir aplicaciones en aleaciones de Cobre, las cuales se orientan fundamentalmente al sector eléctrico.

CLASIFICACIÓN Y PRINCIPALES CARACTERÍSITCAS DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN ADITIVA METÁLICA

Dentro de los procesos de fabricación aditiva, se pueden enumerar alrededor de una docena de procesos. Sin embargo, centrando el análisis en los procesos capaces de fabricar una pieza metálica directamente, la lista se reduce a tres tipos de procesos [2]:

- Powder Bed Fusion (PBF): También conocidos por nombres comerciales como Selective Laser Melting (SLM) o Direct Metal Laser Sintering (DMLS), son procesos donde se funde una capa de polvo previamente depositado en una cámara con atmósfera inerte. Existen dos variantes principales en función de la fuente de energía empleada. La más habitual es la que emplea un láser para fundir el material, empleando un gas inerte como el argon para evitar la oxidación. La segunda variante emplea un haz de electrones para fundir las capas de polvo, siendo un requisito en este caso la ejecución del proceso en una cámara de vacío (lo cual también evita la oxidación de la pieza). Así, los procesos de PBF obtienen piezas metálicas con densidades y propiedades similares a las de una pieza de fundición de muy alta calidad, llegando en ocasiones incluso a propiedades cercanas a la forja cuando los parámetros se hallan optimizados para una aplicación concreta.
- Direct Energy Deposition (DED): Este proceso se conoce también como Laser Cladding o Laser Material Deposition (LMD) y consiste en la fusión de un substrato con un láser mientras se aporta material en esa zona. Existe también una variante denominada WAAM que utiliza un arco eléctrico como fuente de calor. El proceso se lleva a cabo bajo atmósfera protegida debido a que se inyecta un gas inerte durante el proceso. Como resultado, los procesos DED pueden añadir material sobre piezas que ya existen y en las que se requiere un recubrimiento o una reparación. En la actualidad los principales fabricantes de máquina herramienta están incorporando estos procesos en máquinas híbridas, capaces de combinar operaciones de aporte de material y mecanizado.
- Binder Jetting (BJ): Es un grupo de procesos que obtiene las piezas en dos etapas siguiendo un esquema de fabricación capa a capa similar al de los procesos PBF pero sin llegar a fundir el material. En primer lugar, se aplica una resina en cada capa, la cual une los granos de polvo formando así una pieza en 3D. En esta fase se habla de una "pieza en verde" ya que la unión entre las partículas de polvo se da únicamente por el curado de la resina. Así, en una segunda etapa se realiza un sinterizado mediante la introducción de las piezas en verde en un horno con atmósfera controlada para eliminar la resina previamente depositada y favorecer la difusión entre las partículas de polvo. Este tipo de métodos son capaces de obtener piezas con den-

sidades superiores al 95% y propiedades comparables a las obtenidas con Metal Injection Molding (MIM). El principal inconveniente del proceso es la contracción volumétrica que puede llegar a ser superior al 20 % y que ha de ser compensada en la fase de diseño, tarea que puede llegar a ser complicada en piezas de grandes dimensiones o cuando la contracción es distinta en cada dirección.

LA FABRICACIÓN ADITIVA METÁLICA EN LA INDUSTRIA

Dentro de las aplicaciones de la Fabricación Aditiva Metálica se pueden encontrar diferentes ejemplos en sectores tan diversos como el médico, el aeronáutico o la generación de energía. El denominador común de todas estas aplicaciones es la necesidad de obtener componentes únicos o en series muy cortas y en el menor tiempo posible. Asimismo, se suele dar el hecho de que la complejidad geométrica de este tipo de piezas hace que los métodos de fabricación tradicionales sean demasiado caros o incluso imposibles de aplicar. Es importante recalcar que los métodos de Fabricación Aditiva Metálica son a priori caros y complejos, debido principalmente a que tanto el equipamiento como los materiales de partida presentan un coste elevado todavía. Sin embargo, existen varios casos en los que, a pesar de estos elevados costes, la Fabricación Aditiva Metálica puede ser una solución más económica que otros procesos. Además, si se contempla también la reducción de tiempos, el ahorro es mucho mayor. Dentro de los ejemplos que se pueden encontrar hoy día se pueden destacar 3 sectores principalmente: El médico, el aeroespacial y la industria.

- Sector Médico: Se trata del principal demandante de componentes fabricados mediante Fabricación Aditiva Metálica, siendo el de los implantes dentales el principal mercado de estas técnicas en la actualidad. El hecho de que el sector médico sea uno de los principales tractores es lógico, ya que se trata generalmente de aplicaciones de tamaño inferior a 100 x 100 x 100 mm^3, en las que es necesario personalizar cada componente al paciente y donde el coste del componente suele ser muy inferior al que supone la cirugía completa para su implante. De esta forma, se trata del principal mercado en la actualidad y todo apunta que lo seguirá siendo durante los próximos años. Por ejemplo, algunos estudios [3] estiman en que se realizaron más de 2 millones de operaciones para implantes de cadera en 2015 y se estima un crecimiento de casi un 30% en 2030 debido al envejecimiento de la población. En la actualidad un alto número de este tipo de prótesis se están fabricando mediante Fabricación Aditiva Metálica.
- Sector Aeroespacial: Desde el 2015 existen una serie de componentes metálicos de responsabilidad fabricados mediante Fabricación Aditiva que han sido probados, certificados y están ya en vuelo. Fundamentalmente se trata de pequeños componentes del motor fabricados mediante PBF y en los que se han optimizado los diseños para conseguir ahorros de peso de hasta un 25% [4]. En la actualidad, la principal barrera de entrada de las tecnologías de Fabricación Aditiva en este sector es la gran dificultad de certificar los componentes. Sin embargo, se están creando nuevas normas y marcos de certificación específicos para acelerar la entrada de estas tecnologías, ya que las capacidades de la Fabricación Aditiva Metálica y, en particular, el ahorro en peso que se puede conseguir, es de enorme interés para los nuevos desarrollos de este sector. Por otro lado, muchas compañías dedicadas al mantenimiento de las aeronaves están empleando métodos de aporte de material DED para la reparación de componentes de motor aeronáutico. Así, muchos aeropuertos cuentan con este tipo de instalaciones para su empleo en reparación de puntas de álabe de turbinas.
- Sector Industrial: Dentro del sector industrial se pueden encontrar diferentes ejemplos de aplicación de la Fabricación Aditiva Metálica. En concreto, Siemens anunció recientemente el inicio de la fabricación de álabes mediante PBF para una turbina de producción de energía [5]. Por otro lado, se está analizando el empleo de técnicas de reparación mediante DED en troqueles de estampación, las cuales ya se han empleado industrialmente en algunas aplicaciones.

PRINCIPALES RETOS Y TENDENCIAS DE LA FABRICACIÓN ADITIVA METÁLICA

A pesar de que las expectativas y tendencias apuntan hacia un auge de la Fabricación Aditiva Metálica a lo largo de las siguientes décadas, todavía hay que superar varios retos para la implementación definitiva de estos procesos. Uno de ellos es sin duda la falta de estandarización y procedimientos para la evaluación de la calidad de las piezas. Con este objetivo, se han creado una serie de grupos de trabajo, destacando el comité técnico ISO/TC 261 Additive Manufacturing [6], que desde 2011 ha publicado 15 normas específicas para Fabricación Aditiva y está en proceso de publicar otras 30.

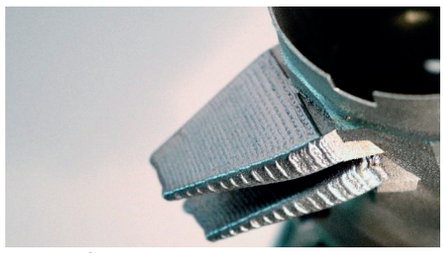


Figura 2: Álabe de Inconel 718 fabricado mediante DED en un cuerpo fabricado mediante PBF (UPV/EHU)

En cuanto al aspecto puramente técnico, cabe destacar la presentación de nuevos sistemas de fabricación aditiva que incorporan sistemas avanzados de monitorización, capaces de capturar datos de proceso y analizar cualquier indicio que pueda suponer un defecto de fabricación. Por último, los sistemas de Fabricación Aditiva Metálica de última generación están introduciendo varias fuentes láser para multiplicar la productividad y poder reducir así los costes de producción. Además, la oferta de material en forma de polvo metálico (principal materia prima empleada por estos procesos) ha aumentado en gran medida a lo largo de los últimos años lo que ha supuesto una reducción de los costes en materia prima. En resumen, la Fabricación Aditiva Metálica es ya una realidad industrial en algunos sectores y aplicaciones, pero se espera que el crecimiento de estas técnicas abarque un mayor número de aplicaciones y usuarios en los siguientes años.

REFERENCIAS

[1] 3D printing trends 2020: Industry highlights and market trends. 3DHubs - www.3dhubs.com
[2] ASTM ISO/ASTM52900-15 Standard Terminology for Additive Manufacturing – General Principles – Terminology (2015)
[3] M. Lowther, S. Louth, A. Davey, A. Hussain, P. Ginestra, L. Carter, N. Eisenstein, L. Grover, S. Cox, Clinical, industrial, and research perspectives on powder bed fusion additively manufactured metal implants, Additive Manufacturing, 28, pp. 565-584 (2019), ISSN 2214-8604, https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.05.033.
[4] A. Gisario, M. Kazarian, F. Martina, M. Mehrpouya, Metal additive manufacturing in the commercial aviation industry: A review, Journal of Manufacturing Systems, Vol 53, (2019) pp. 124-149,ISSN 0278-6125, https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.08.005.
[5] Additive Manufacturing: Siemens uses innovative technology to produce gas turbines. Press Release. www.siemens.com (2018).
[6] ISO/TC 261 Additive manufacturing Technical Committee. ISO (2020). www.iso.org/committee/629086.html