



MANUFACTURA ADITIVA EN MATERIALES CERAMICOS

ADDICTIVE MANUFACTURING IN CERAMIC MATERIAL

Martha Liliana Hernández Márquez, Albert Miyer Suarez Castrillón
marta.hernandez@unipamplona.edu.co, albertsuarez@unipamplona.edu.co
Universidad de pamplona, Norte de Santander - Colombia

RESUMEN

La fabricación aditiva, es una técnica de fabricación en la cual se aporta material secuencialmente capa por capa de manera controlada, el material de aporte puede ser polímeros, metálicos o cerámicos, ofreciendo cambios en las operaciones de muchas empresas. Con esta nueva tecnología se puede diseñar formas mucho más complejas y de manera personalizada, también se pueden obtener prototipos muy rápidamente y modificar su diseño de producción a las especificaciones del cliente sin ningún costo adicional. Lo que conlleva a simplificar la producción de productos personalizados o cambiantes, descartando muchos procesos de reclutamiento, reduciendo desperdicios y costos de reprocesos, aplicando valor a la mayoría de negocios y generando utilidades. Este artículo busca explorar la evolución de fabricación aditiva en materiales cerámicos, en vista que se ha vuelto un material muy importante para la industria manufacturera, debido a que cada vez más se encuentra en sectores industriales como la biomedicina, sector del automóvil, la industria aeroespacial. Esto se da gracias a su alta dureza, fuerza mecánica a altas temperaturas, efecto de aislamiento eléctrico y térmico, etc.

Palabras claves: Manufactura aditiva AM, impresión 3D, prototipo rápido, materiales cerámicos, técnicas basadas en polvos cerámicos, modelamiento 3D.

ABSTRACT

Additive manufacturing is a manufacturing technique in which material is added sequentially layer by layer in a controlled manner, the input material can be polymers, metallic or ceramic, offering changes in the operations of many companies. With this new technology, much more complex and customized shapes can be designed, prototypes can be obtained very quickly and their production design can be modified to customer specifications at no additional cost. This leads to simplifying the production of customized or changing products, eliminating many recruitment processes, reducing waste and rework costs, applying value to most businesses and generating profits. This article seeks to explore the evolution of additive manufacturing in ceramic materials, since it has become a very important material for the manufacturing industry, due to the fact that it is increasingly found in industrial sectors such as biomedicine, automotive and aerospace. This is due to its high hardness, mechanical strength at high temperatures, electrical and thermal insulating effect, etc.



Key words: Additive manufacturing AM, 3D printing, rapid prototyping, ceramic materials, ceramic powder-based technique

I. INTRODUCCIÓN

La fabricación aditiva (AM-Additive Manufacturing), o fabricación rápida, es un conjunto de tecnologías que surgen para la fabricación de productos mediante la adición de material, a diferencia de los procesos de la manufactura tradicional sustractiva. Esto ha representado significantes mejorías en los procesos industriales, dado a que su principal ventaja es la capacidad de fabricar productos con geometrías complejas sin la necesidad de diferentes arreglos y con un desperdicio de material insignificante (Rodriguez et al., 2017).

El desarrollo y la implementación de tecnologías AM en la industria cerámica han sido más lenta que las industrias de polímeros y metales, pero esto ha ido cambiando considerablemente, ya que últimamente se ha visto un gran interés en desarrollar procesos de manufactura aditiva, capaz de producir componentes cerámicos completamente densos y sin defectos. Debido a las características que este material posee se han obtenido grandes resultados utilizando una gran variedad de tecnologías AM para dar forma a la cerámica avanzada, haciendo la selección del proceso correcto teniendo en cuenta su densidad, capacidad superficial, tamaño y complejidad geométrica de la pieza. (Lakhdar et al., 2021).

La importancia de este artículo radica en presentar una metodología de investigación para todas aquellas empresas manufactureras, especialmente las que se dedican a la fabricación y transformación de productos con materiales cerámicos. Aquellas que quieran optar por implementar esta nueva tecnología (La manufactura aditiva) en sus empresas, basada en los cerámicos avanzados. Proponiendo mejorar aspectos como la rapidez, la precisión, la competitividad o la eficiencia energética y con esto aportar soluciones más flexibles y eficientes con costos apropiados para muchos tipos de inversión.

II. EVOLUCIÓN DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN CERAMICOS

La manufactura aditiva se conoce como una técnica de producción digitalizada que reside en fabricar objetos previamente modelados, por medio de la deposición de capa por capa de material, hasta conformar un objeto tridimensional. (Christoph et al., 2017). Un claro ejemplo de esto se puede observar en la figura 1.

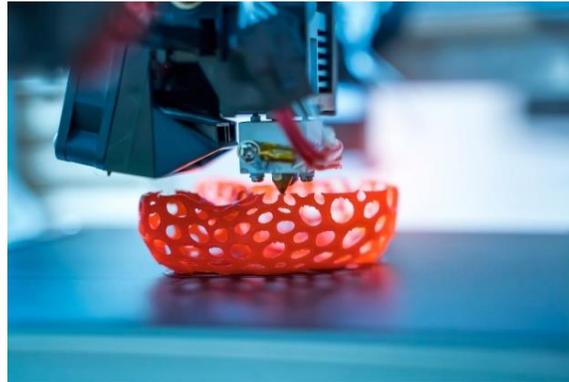


Figura 1.Funcionamiento de impresión 3D por Método de Extrusión Fundida.
Fuente: (Mecalux, 2021)

En la actualidad, para fabricar un artículo a través de sistema de AM, es importante realizar cambios entre varios formatos de archivo. En esta cadena, el modelo 3D se planifica en una programación CAD y es exportado al software CAM, que se encarga de realizar la simulación del proceso. En ese momento, un post procesador genera instrucciones de máquina optimizadas para un controlador CNC. La pieza es producida por la máquina AM mediante la ejecución sucesiva de las instrucciones generadas por el post procesador. Evidencie

Ahora entrando en contexto con la evolución que ha venido teniendo la manufactura aditiva en la industria cerámica, el hombre desde los 23.000 años A.C, comenzó a producir materiales cerámicos, como recipientes de cerámica, vasijas o platos para usos alimentarios a base de arcilla cocida. Después se comenzó a usar el torno alfarero lo que hizo más fácil la fabricación de estos objetos. Esto contribuyó poco a poco el crecimiento en la industria, utilizando mejores procesos y diferentes bases para la fabricación. De allí comenzaron a surgir materiales como porcelanas, tiestos y azulejos de cerámica barnizada que dieron origen a la loza común actual. Rápidamente estos cerámicos se comenzaron a aplicar en el uso de materiales domésticos, construcción, aplicaciones artísticas y en aplicaciones médicas. Más tarde, alrededor del siglo XIX se fueron descubriendo las características de este material en la industria, propiedades mecánicas como su alta dureza, abrasión y resistencia por estabilidad y dimensión, fuerza mecánica a altas temperaturas, entre otras, de modo que se comenzaron a utilizar como aislante térmico y eléctrico en motores. (Álvarez-Fernández et al., 2003).

Dado a su larga trayectoria y su gran reconocimiento en la industria, la llegada de la manufactura aditiva en cerámicos era de esperarse, ya que como se ha ido mencionado anteriormente los materiales cerámicos cuentan con propiedades mecánicas y geométricas de alta resolución que no se podrían aprovechar con técnicas tradicionales.

La manufactura aditiva en cerámicos ha venido teniendo una evolución significativa hasta ahora. Esto debido a que este material muestra un alto rendimiento a la hora de trabajar con él y además es utilizado en donde otros materiales fallan. Así brindando soluciones atractivas y económica a esta industria manufacturera. De acuerdo con el informe realizado por la firma Smartech Publishing



la evolución de la AM en cerámicos alcanzara su madurez en el año 2025 como se muestra en la Figura 2, expresando una propagación en diferentes industrias.

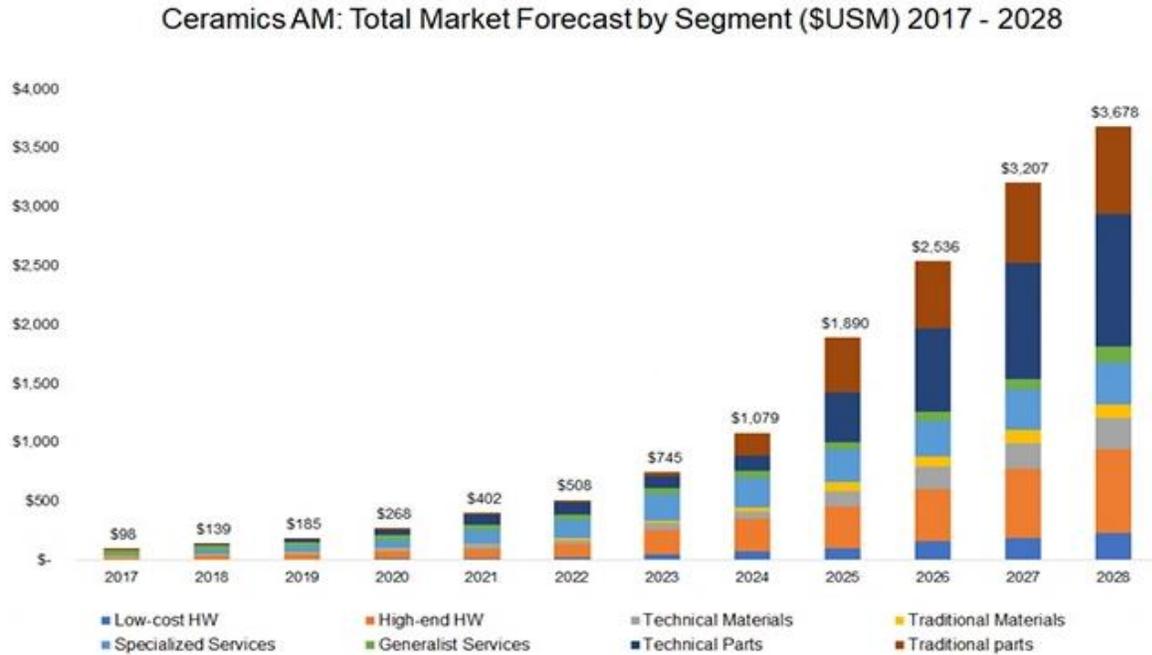


Figura 2. Ecuación del mercado de la impresión 3D de cerámica
Fuente: (Ingeniariak, 2019).

III. PROPIEDADES Y TIPOS DE CERAMICOS AVANZADOS

Las cerámicas avanzadas también llamadas cerámicas “técnicas” o de “ingeniería” se componen principalmente de materiales poli cristalinos, que son producidos casi siempre de naturaleza sintética, diseñadas con alta pureza (distribución de tamaño de partícula a medida, tamaño de grano pequeño) para satisfacer los requisitos cada vez más exigidos por la industria. Esto con el fin de ser aplicadas en diversos campos como aeroespacial, automotriz, biomateriales, transporte, energía, y defensa. Los materiales utilizados en la fabricación aditiva de cerámicos se clasifican típicamente según su naturaleza química como óxidos o no óxidos, dentro de los óxidos encontramos la Alúmina (Al_2O_3) y el zirconio (ZrO_2), dentro los no óxidos están el carburo de silicio (SiC), carburo de tungsteno (WC), carburo de boro (B_4C), nitruro de silicio (Si_3N_4), Nitruro de Boro (BN), diboruro de titanio (TiB_2) y el diboruro de circonio (ZrB_2) (Keifer & Effenberger, 1967). Estos materiales se caracterizan por obtener una expansión relativamente baja, alto radio de fuerza-peso, alta conductividad térmica, dureza, resistencia a la abrasión y a la corrosión, también son buenos aislantes eléctricos y al calor a diferencia de otros materiales avanzados (Levine, 1991). Las propiedades referidas anteriormente hacen que las cerámicas avanzadas sean útiles como dispositivos de motores, quemadores, intercambiadores de calor, etc. (Inoue et al., 2013). Por sus propiedades de aislamiento térmico y eléctrico se utilizan en las bujías, Por sus propiedades ópticas se utilizan como espejuelos de infrarrojos, construcción de láseres y de lámparas de sodio de alta presión. Por su dureza y resistencia a la abrasión se utilizan para crear cuchillas especiales, y tijeras de alto rendimiento. Por otro lado, como algunos de estos materiales son biocompatibles, ya que



como este material no se oxida, el cuerpo lo acepta con mayor facilidad, encontrando usos ser utilizados en el campo de la medicina como implantes óseos y prótesis dentales (Fredericci et al., 2011).

Los materiales cerámicos avanzados están fabricados con materias primas artificiales obtenidas en un laboratorio que han sufrido un importante proceso químico para conseguir una alta pureza y una mejora de sus características físicas. Este proceso de conformado se realiza con equipos sofisticados, en donde este es compactado a altas temperaturas de entre 1700 y 2000 °C. Por estas razones se utilizan técnicas de prensado en caliente, luego se realiza presión aplicada al polvo calentado, para luego ser mecanizado y darle forma. Después pasa por un proceso de selección, molienda, lavado, secado, separación magnética absorción del polvo. Para poder estudiar la microestructura de grano fino, se debe realizar por medio de la microscopía electrónica (Torreblanca Díaz, 2016).

IV. TECNOLOGÍA DE LA FABRICACIÓN ADITIVA EN CERÁMICOS

El campo de la cerámica en la manufactura aditiva se ha ido desarrollando considerablemente gracias a su buena adaptabilidad en los procesos con cada una de las tecnologías AM utilizadas para la fabricación de productos, es por esta razón que se perfilan como una herramienta potente, capaz de detonar una auténtica revolución en el sector cerámico (Gálvez Díaz-Rubio, 1999). Estas tecnologías se pueden clasificar dependiendo de los materiales utilizados para la fabricación de objetos, el tipo de procesos y las características utilizadas en el proceso. Estas se constituyen de la siguiente forma: laminación de hojas, extracción de material cerámico, impresión de inyección de tinta directa, inyección de aglutinante, fotopolimerización de tina y por ultimo tenemos la fusión indirecta en lecho de polvo (Fuentes & Mateo, 2017). Esta última tecnología es la más utilizada o la más importante para la fabricación de objetos cerámicos avanzados y por esta razón se tocara más a fondo.

4.1 Fusión en lecho de polvo

Para comenzar el proceso de impresión, la impresora 3D llena una cámara de gas inerte y luego la calienta a la temperatura de impresión óptima, después en un recipiente se contiene polvo del material cerámico, para ser fundido selectivamente ciertas zonas de tal manera que el polvo se vuelve líquido y se une al polvo fundido. Una vez salificado se obtiene la primera capa de material sólido y se vuelve a repetir el procesos hasta terminar la pieza como se observa en la Figura 3 (Gardan, 2016). Tres tecnologías comunes de AM entran en la categoría general de fusión indirecta en lecho de polvo: fusión por láser (LM), sinterización por láser (LS) y fusión por haz de electrones (EBM). Si bien las dos primeras tecnologías se pueden utilizar para dar forma a la cerámica, la última generalmente no es aplicable ya que la mayoría de los materiales cerámicos no son conductores de electricidad (Cruz, 2013).

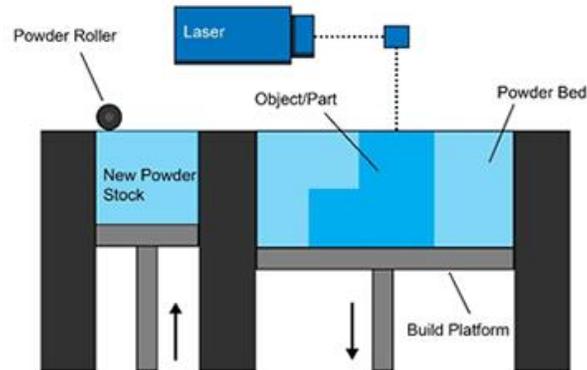


Figura 3. Proceso de fusión de lecho de polvo. Powder bed fusión.
Fuente: (Loughborough, 2019)

4.1.1 Ventajas e inconvenientes

La fusión en lecho de polvo facilita la producción a la hora de fabricar piezas, debido a que como la materia prima está en forma de polvo permite que el propio polvo ejerza de material, brindando una estructura interna muy consistente y componentes geométricas muy complejas. En relación con otras tecnologías de fabricación aditiva que compiten con el lecho de polvo, esta tecnología permite tener más control sobre la calidad, el costo, la fecha de entrega, brindando un gran nivel de acabado y una alta precisión geométrica. También se puede obtener mayor flexibilidad en su producción y la capacidad de fabricar lo que necesite, cuando y donde lo necesite el cliente. En la odontología por ejemplo esta tecnología es fundamental para fabricar implantes y coronas que se adaptan perfectamente al paciente.

El problema que se encuentra en esta tecnología es que el tamaño de los objetos a fabricar depende fuertemente del tamaño del recipiente, así que para poder producir objetos grandes es necesario de una máquina de grandes dimensiones, lo que implicaría un costo muy elevado, mayores dificultades técnicas y un elevado consumo de materia prima que en este caso será el polvo cerámico.

V. CONCLUSIONES

La fabricación aditiva con cerámicos, ha evolucionado rápidamente en los últimos años, pese a que años atrás no se le daba tanta importancia. Los cerámicos avanzados son un tipo de material muy atractivo a nivel industrial debido a sus diversas propiedades mecánicas, eléctricas, químicas, etc. Y es por eso que el interés en la cerámica avanzada está creciendo rápidamente y la adopción industrial está aumentando lentamente, con más y más máquinas AM disponibles comercialmente.

Esta nueva tecnología está abarcando la industria, aportando un importante crecimiento con sus ventajas. La posibilidad de eliminar utillajes, de fabricar complejas geometrías tan solo limitadas por lo que el diseñador pueda imaginar (y dibujar), la rapidez en la respuesta a la demanda del cliente, y otras tantas ventajas, hacen de la fabricación aditiva un punto de inflexión en la



fabricación industrial. El reto que tiene la industria manufacturera es saber aprovechar estas ventajas de la mejor forma, puesto que lo más importante no es el software CAD, ni la simulación de procesos CAM, si no el diseño del producto. Así que lo más importante es buscar superar los diseños tradicionales, aprovechando cada una de sus ventajas para alcanzar un mayor crecimiento en las organizaciones con la ayuda de esta gran tecnología.

Los materiales cerámicos avanzados han abierto nuevos horizontes y extendido el uso a aquellas áreas donde los materiales no podían satisfacer hasta ahora las necesidades de diseño. La resistencia, el buen comportamiento a desgaste y la estabilidad dimensional hacen de las cerámicas avanzadas unos materiales muy interesantes para un elevado número de aplicaciones. Sin embargo muchas de las posibles aplicaciones están aún sin explorar, especialmente si se lograra mejorar la fragilidad de los materiales cerámicos.

Referencias

- Álvarez-Fernández, M. Á., Peña-López, J. M., González-González, I. R., & Olay-García, M. S. (2003). Características generales y propiedades de las cerámicas sin metal. *RCOE*, 8(5), 525-546.
- Christoph, R., Muñoz, R., & Hernández, Á. (2017). Manufactura Aditiva. *Realidad y Reflexión*, 43(April), 97.
- Cruz, A. P. S. (2013). Estado del Arte de la Fabricación Aditiva. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Fredericci, C., Yoshimura, H. N., Molisani, A. L., Pinto, M. M., & Cesar, P. F. (2011). Effect of temperature and heating rate on the sintering of leucite-based dental porcelains. *Ceramics International*, 37(3), 1073-1078.
- Fuentes, S. R., & Mateo, A. M. (2017). *Estudio Comparativo de los Métodos de Fabricación Aditiva para el Titanio y sus Aleaciones*. 2017(pla 94).
- Gálvez Díaz-Rubio, F. (1999). *Universidad politécnica de madrid escuela técnica superior de ingenieros aeronáuticos caracterización mecánica de materiales cerámicos avanzados a altas velocidades de deformación tesis doctoral*.
- Gardan, J. (2016). Additive manufacturing technologies: state of the art and trends. *International Journal of Production Research*, 54(10), 3118-3132.
- Ingeniariak. (2019). *Impresión 3D de cerámica: ¿Una revolución dentro de la fabricación aditiva?* 2019.
- Inoue, R., Yang, J. M., Kakisawa, H., & Kagawa, Y. (2013). Mode I fracture toughness of short carbon fiber-dispersed SiC matrix composite fabricated by melt infiltration process. *Ceramics International*, 39(7), 8341-8346.
- Keifer, G., & Effenberger, F. (1967). Propiedades de los sistemas de eflujo AdeABC y AdeIJK de *Acinetobacter baumannii* en comparación con los del sistema AcrAB-TolC de *Escherichia coli*. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951-952.
- Lakhdar, Y., Tuck, C., Binner, J., Terry, A., & Goodridge, R. (2021). Additive manufacturing of advanced ceramic materials. En *Progress in Materials Science* (Vol. 116, p. 100736). Elsevier Ltd.
- Loughborough, U. (2019). *Fusión de lecho de polvo | Grupo de investigación de fabricación aditiva | Universidad de Loughborough*.
- Mecalux. (2021). *Fabricación aditiva: impresión 3D en manufactura - Mecalux.com.co*. 25 de marzo.
- Rodríguez, E., Bonnard, R., & Alvarez, A. (2017). *Propuesta de un Nuevo Modelo de Información para Manufactura Aditiva basado en STEP-NC*. October.
- Torreblanca Díaz, D. (2016). Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelos, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos. *Iconofacto*, 12(18), 118-143.

