

ESTUDIO DEL PROCESAMIENTO DE LA ALEACIÓN DE NÍQUEL HASTELLOY C-22 MEDIANTE LA TÉCNICA DE FABRICACIÓN ADITIVA PLASMA METAL DEPOSITION (PMD)

Enrique Ariza Galván^{1,2}, Isabel Montealegre Meléndez², Eva M^a Pérez-Soriano², Cristina Arévalo Mora², Michael Kitzmantel¹

¹RHP-Technology GmbH, Seibersdorf, Austria.

²Departamento Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla.

E-mail de correspondencia: e.ar@rhp.at

RESUMEN

La fabricación aditiva ha despertado gran interés en la industria metalúrgica debido a que la producción de piezas cercanas a su geometría final reduce los costes de producción comparado con los métodos de fabricación tradicional, ahorrando en energía, tiempo de producción y materia prima. El ahorro en material es especialmente significativo si la materia prima es costosa, como en el caso de las aleaciones de níquel. Para este estudio se han analizado muestras de aleación de níquel Hastelloy C-22 fabricadas mediante tecnología de fabricación aditiva basada en *Plasma Metal Deposition* (PMD). El propósito de este estudio es evaluar los efectos del proceso de fabricación PMD sobre las propiedades mecánicas, microestructurales y formación de fases del Hastelloy C-22, para determinar la viabilidad de producción de este tipo de aleaciones mediante la técnica PMD. Para ello se han considerado diferentes estrategias de producción; diferentes tamaños de polvo de partida; diferentes parámetros de fabricación como la corriente del arco de plasma, cantidad de material aportado, velocidad de soldadura y tiempo de enfriamiento entre capas; y tratamientos térmicos post-fabricación.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de fabricación aditivas (*Additive Manufacturing*, AM) fabrican componentes tridimensionales cercanos a su forma final depositando finas capas de material. Con la AM se pueden fabricar geometrías complejas ahorrando tiempo y materia prima, ya que se necesita un mínimo de post-mecanizado. Esta ventaja es de gran interés en la industria, especialmente cuando la materia prima tiene un alto coste.

En este trabajo se utiliza la tecnología de fabricación aditiva *Plasma Metal Deposition* (PMD) desarrollada en RHP-Technology GmbH (Ariza *et al.*, 2019; Mercado *et al.*, 2018). La tecnología PMD se basa en un plasma como fuente de energía que funde o

sintetiza el material inyectado en forma de polvo en el foco del plasma y lo deposita en un sustrato según sea necesario. El proceso PMD permite la producción de componentes de gran tamaño con una alta tasa de deposición (1-10 kg/h).

El propósito de este trabajo es estudiar acerca la fabricación de aleaciones base de níquel utilizando el proceso de fabricación PMD, y conocer el impacto de distintas distribuciones de tamaño del polvo de partida en las propiedades de los componentes fabricados.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se ha estudiado la aleación de níquel Hastelloy C-22, suministrada por Atomising Systems Limited (Sheffield, Reino Unido) en forma de polvo esférico producido por el proceso de atomización por plasma. El tamaño del polvo suministrado es de 50-150 μm . En este estudio, el polvo suministrado por el fabricante se ha tamizado en tres lotes de diferentes tamaños de polvo (50-80 μm , 80-125 μm y 125 μm -150 μm), y se han comparado con el lote completo.

Proceso Plasma Metal Deposition

La máquina de fabricación aditiva, basada en *Plasma Metal Deposition* (PMD) utilizada para la fabricación de las muestras ha sido desarrollada y mejorada por RHP-Technology GmbH (Seibersdorf, Austria).

El proceso de PMD utiliza como fuente de energía un plasma para fundir o sinterizar materiales, éstos se inyectan en forma de polvo directamente en el foco de plasma (Figura 1). Un gas de argón se utiliza para producir el plasma y se introduce entre el electrodo y la antorcha de cobre. Debido a la existencia de una diferencia de potencial de 20V, el gas se ioniza y se crea una pluma de plasma de alta temperatura. Esta pluma crea un contacto eléctrico entre el electrodo y el sustrato donde se realizará la deposición para encender el arco principal. Además, alrededor del arco de plasma se introduce también argón para proteger localmente la zona de soldadura de posible oxidación durante el proceso de fabricación o simplemente para que otros agentes externos no entren en la soldadura.

Tras realizar pruebas de fluidez de los polvos a través de los conductos del sistema, se realizaron pruebas de soldabilidad para optimizar los parámetros de corriente de soldadura [A], velocidad de producción [mm/min] y tasa de deposición [g/min]. Después de la optimización de los parámetros de soldadura, los valores seleccionados para la fabricación de las muestras fueron 130 A para corriente de soldadura, 700 mm/min de velocidad y 22,5 g/min como tasa de deposición (Figura 1).

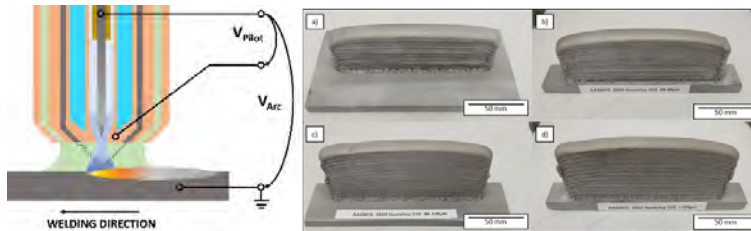


Figura 1. Izq. Esquema de la antorcha PMD. Dcha. Muestras de Hastelloy C-22 producidas
Fuente: elaboración propia.

Después de la fabricación de las muestras con los distintos lotes de polvo, se extrajeron muestras de tracción mediante corte con hilo. Un conjunto de muestras fue tratado térmicamente a 1120 °C durante 20 minutos en un horno de alto vacío en atmósfera de argón.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Densidad: Mediante el método de Arquímedes se calculó la densidad de las muestras tal cual construidas y tratadas térmicamente. La densidad relativa de las muestras sin tratamiento térmico fue de 98,1±0,3% y de 98,7±0,2% para las térmicamente tratadas.
- Propiedades mecánicas: Los resultados del ensayo de tracción y dureza de las muestras extraídas de cada pared fabricada se muestran en la Figura 2.

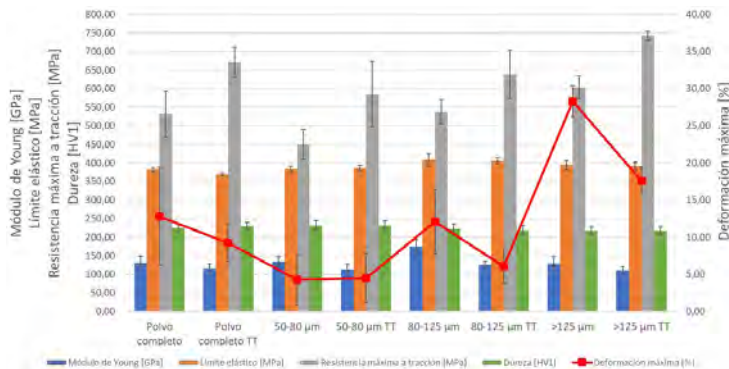


Figura 2. Propiedades mecánicas de Hastelloy C-22 producido mediante PMD.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en este trabajo son las siguientes:

- En este trabajo se ha confirmado la viabilidad de poder construir componentes de Hastelloy C-22 mediante el proceso de fabricación aditiva basado en PMD.

- Las muestras han sido fabricadas con una tasa de deposición de 1,3 kg/h.
- El valor de densidad relativa en ningún caso supera el 99%. No se apreció dependencia de la misma con el tamaño del polvo.
- Los valores de dureza a lo largo de la dirección de construcción de cada pared se mantienen constantes y ligeramente superiores a los valores de la referencia; la dureza es mayor cuanto menor es el tamaño del polvo.
- Propiedades mecánicas: Tanto el valor de elongación como la máxima resistencia a tracción (UTS) no alcanzan las propiedades estándar bajo ninguna condición. El tratamiento térmico aplicado en este estudio aumenta la UTS disminuyendo la elongación. Los valores máximos de UTS y alargamiento se alcanzan cuando se utiliza polvo de gran tamaño.
- Microestructura: Las muestras muestran precipitaciones ricas en molibdeno homogéneamente distribuidas en la matriz. La presencia de micro-porosidad es notable para las fracciones 50-80 μm y 80-125 μm .

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comisión Europea el apoyo financiero a través del acuerdo de subvención H2020 n°768612 (proyecto SUPREME dentro del programa SPIRE).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ariza-Galván, E., Montealegre-Meléndez, I., Perez-Soriano, E. M., y Arévalo, C.** (2019). Processing of 17-4PH by additive manufacturing using a plasma metal deposition (PMD). En *EuroPM2019*. https://www.researchgate.net/publication/336275424_Processing_Of_17-4PH_By_Additive_Manufacturing_Using_A_Plasma_Metal_Deposition_PMD_Technique
- Mercado-Rojas, J. G., Wolfe, T., Fleck, B. A., y Qureshi, A. J.** (2018). Plasma transferred arc additive manufacturing of Nickel metal matrix composites. *Manufacturing Letters*, 18, 31-34. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.10.001>
- ASTM B574.** ASTM and SAE-AMS Standards and Specifications for Nickel Based Alloys; ASTM: West Conshohocken, PA, USA, 2018.