

INVESTIGATION OF TITANIUM COMPOSITES PRODUCED VIA PLASMA TRANSFERRED ARC: INFLUENCE OF THE PROCESSING PARAMETERS ON THE COMPOSITES' MICROSTRUCTURES

Enrique Ariza Galván², Isabel Montealegre-Meléndez¹, Cristina Arévalo^{1,*}, Eva M. Pérez-Soriano¹

¹ *Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla, Sevilla.*

² *RHP-technology GmbH, A-2444, Seibersdorf (Austria).*

E-mail de correspondencia: carevalo@us.es

Resumen

Los materiales compuestos de base titanio son materiales muy valorados por sus excelentes propiedades específicas. El interés por desarrollar estos materiales mediante técnicas aditivas, en particular con el método conocido como *Plasma Transferred Arc*, es el punto de partida de esta investigación. Por ello, se estudiaron especímenes con idénticas concentraciones de partida de partículas de B₄C (30% vol.), producidos bajo diferentes parámetros de fabricación. Los resultados verificaron la gran influencia de los parámetros, intensidad de corriente (A) y velocidad de fabricación, en las propiedades finales de especímenes monocapa. Análisis microestructurales centrados en la zona de contacto de los especímenes con el sustrato de deposición mostraron que, a mayor intensidad de corriente de fabricación, el sustrato se vio más afectado por la intensidad de este parámetro, incluso a un elevado valor de velocidad de fabricación.

1. Introducción

Los materiales compuestos de base titanio, son excelentes candidatos para aplicaciones en el sector aeroespacial; en dicho campo se requieren materiales con buenas propiedades específicas y a la corrosión, es por ello por lo que investigaciones en torno a estos materiales son cada vez más numerosas. Por otro lado, técnicas de fabricación aditiva están emergiendo con el objetivo de satisfacer diseños complejos de piezas donde los costes de material-fabricación son relevantes. La conjunción del desarrollo de técnicas aditivas para la fabricación en el sector aeroespacial de piezas de titanio reforzado enmarca la investigación realizada en este trabajo. Piezas de

titanio grado 5 (Ti6Al4V) reforzadas con un 30 % en peso de B_4C , se han producido mediante la técnica aditiva conocida como *Plasma Transferred Arc*. Debido a la complejidad del material y a la técnica de fabricación empleada, sólo se han producido piezas monocapa. La novedad que presenta este estudio se basa en los diferentes parámetros empleados para la consolidación de dichas piezas. Considerando los parámetros más relevantes, variaciones de los mismos conllevan resultados diversos; evaluando la influencia de dichos parámetros sobre la microestructura y dureza de los especímenes producidos, los resultados muestran el fenómeno de crecimiento de grano, no sólo en el espécimen fabricado, sino también en el sustrato donde se realiza la deposición de la capa.

2. Materiales y métodos

Como materiales de partida se seleccionaron polvo de titanio Grado 5, empleado por los autores en trabajos anteriores (Ariza-Galván *et al.*, 2019), y partículas cerámicas de B_4C . La composición del 30 % en peso y las características de estas partículas se fijaron considerando resultados obtenidos en investigaciones previas (Ariza-Galván *et al.*, 2017). La técnica aditiva empleada para la fabricación de los especímenes fue *Plasma Transferred Arc*.

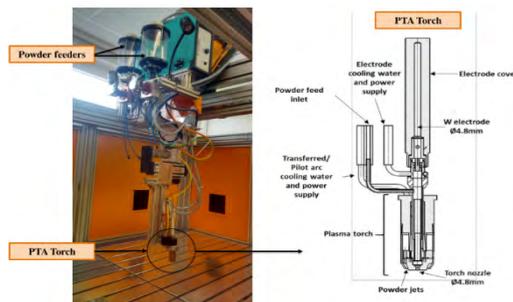


Figura 4. Equipo empleado en la fabricación aditiva: Plasma Transferred Arc.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1 se puede observar el equipo empleado para la consolidación y las partes de las que se compone; la antorcha, donde se produce el plasma, así como el dispositivo alimentador, por donde se suministra el polvo soplado. El desplazamiento del brazo móvil permite la construcción de las piezas. La mesa de trabajo de aluminio consta de sujeciones para los sustratos, sobre los cuales se fabrican los distintos especímenes. Los parámetros de procesamiento fueron variándose con objeto de evaluar su influencia a nivel microestructural y sobre las propiedades finales de los especímenes. En la Tabla 1 se presentan los valores bajo los cuales se fabricaron las diferentes muestras; en todas ellas se partió de la misma mezcla de polvo y

condiciones ambientales. Además, la fabricación de todos los especímenes se realizó mediante la deposición de una única capa de material sobre un sustrato comercial de titanio grado 5 (Ti6Al4V). Una vez fabricadas las muestras éstas fueron caracterizadas y, para ello, se cortaron transversalmente. Se analizó la microestructura mediante la técnica de microscopía óptica y además se midió la dureza Vickers en distintos puntos de la sección estudiada.

Tabla 4. Parámetros de procesamiento de los especímenes de TMCs vía PTA.

	Intensidad de corriente [A]	Velocidad [mm/min]	Altura antorcha-sustrato [mm]
S58	150	100	10
S59	150	75	10
S60	180	75	10
S61	210	100	10
S62	210	200	10

Fuente: elaboración propia.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos del estudio microestructural revelaron la importancia de los parámetros de fabricación, tal y como se había previsto. En la Figura 2 se pueden comparar los efectos de la velocidad de avance de fabricación (mm/min) durante la deposición. Los sustratos menos afectados son aquellos donde este parámetro es mayor. La concentración de calor hace que el grano crezca y que se engrose el tamaño de grano; esto ocurre en las muestras S58 y S59, donde la velocidad de avance presenta el menor valor.

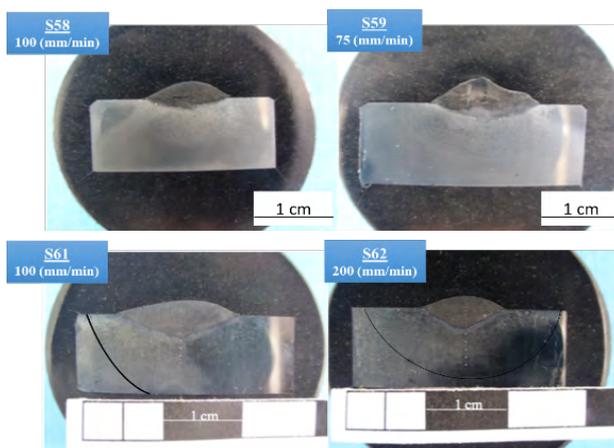


Figura 2. TMCs producidos bajo distintos valores de velocidad de avance (mm/min).

Fuente: elaboración propia.

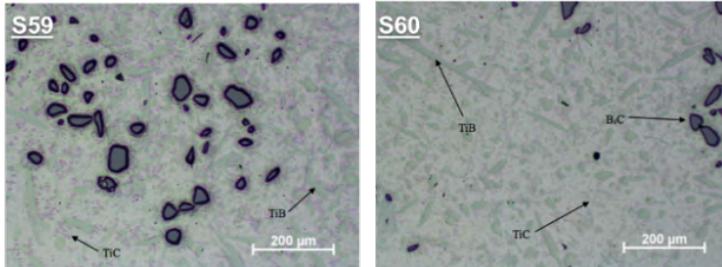


Figura 3. Microestructura de TMCs procesados con diferente intensidad de corriente.
Fuente: elaboración propia.

En el caso de la intensidad de corriente (A) del arco transferido, las diferencias se aprecian en los precipitados de TiB y TiC que aparecen. El tamaño del B_4C resultante es menor y el tamaño de los productos mayor en la zona inferior de la soldadura, ya que el calor no llega en igual medida (ver Figura 3).

4. Conclusiones

Como conclusiones de la investigación realizada, se pueden valorar: i) A mayor velocidad de avance, se tiene una menor exposición al calor, aumenta el tamaño de grano y, por tanto, disminuye la dureza. Por otro lado, al disminuir la velocidad, la zona afectada térmicamente es mayor y disminuye la cantidad de gas ocluido en el cordón, al residir durante más tiempo el calor transmitido; en cuanto al B_4C y a los productos de la reacción, se puede concluir que al disminuir la velocidad de avance, mayor cantidad de B_4C reacciona con la matriz de titanio, creando mayor número de productos de reacción y de mayor tamaño, con sus formas características; ii) La intensidad de corriente del arco transferido es el parámetro con más influencia. Al aumentar, el calor generado es mayor, afectando a las propiedades de la probeta. La altura del cordón de soldadura es menor y la anchura es mayor, como consecuencia de una mejor soldadura. El tamaño de grano aumenta gracias a la adición de calor, provocando que la dureza sea menor. La porosidad esférica disminuye cuando aumenta, ya que el tiempo de enfriamiento aumenta permitiendo salir al gas ocluido; en cuanto al B_4C y a los productos de reacción, se observa una mayor cantidad de B_4C transformado a mayor intensidad, así como más TiB y TiC de mayor tamaño, con sus formas características de aguja o placa y dendritas respectivamente.

Referencias bibliográficas

- Ariza-Galván, E., Montealegre-Meléndez, I., Arévalo, C., Kitzmantel, M., y Neubauer, E.** (2017). Ti/B4C Composites Prepared by In Situ Reaction using Inductive Hot Pressing. *Key Engineering Materials*, 742, 121-128. https://www.researchgate.net/publication/318117457_TiB4C_Composites_Prepared_by_In_Situ_Reaction_Using_Inductive_Hot_Pressing
- Ariza-Galván E., Montealegre-Meléndez I., Pérez-Soriano E.M., Arévalo C., Neubauer E., Kitzmantel M.** (2019). Secondary Phases Study in Titanium Matrix Reinforced with TiB2. *Proceedings of EuroPM 2019 Conference*. https://www.researchgate.net/publication/336275330_Secondary_Phases_Study_In_Titanium_Matrix_Reinforced_With_TiB2