

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2019

MEMORIA DEL PROYECTO Nº 09

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Análisis de la influencia de los parámetros de proceso en las propiedades mecánicas y microestructurales de materiales metálicos fabricados mediante la tecnología AMD (Automated Material Deposition)

Investigador/a/es responsable/es: Inés Fernández Pariente

Tfno: 985181992

E-mail: inesfp@uniovi.es

Otros investigadores: Ramón Rubio García

Empresas o instituciones colaboradoras: Triditive

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo del Proyecto debe ser una síntesis clara y concisa del trabajo realizado, describiendo brevemente los motivos que justifican su realización, los beneficiarios, los objetivos específicos y su grado de consecución, la metodología aplicada y los resultados obtenidos.

Extensión: un máximo de 4000 caracteres, incluidos espacios.

La empresa asturiana Triditive ha desarrollado una tecnología nueva de impresión 3D: AMD Technology® (Automated Multimaterial Deposition). Si bien la impresión de metales no es algo completamente nuevo, sí lo es el material utilizado en este caso, el Ultrafuse 316LX, acero inoxidable 316L dispuesto para FDM (modelado por deposición de material fundido), compuesto por un 80% de partículas metálicas (dispersas) y un 20% de polímero (matriz), el cual se elimina tras un proceso de desbanderizado y sinterizado.

La fabricación de piezas con esta tecnología depende de una serie de parámetros, entre los que destacan espesor de capa depositada, la temperatura del extrusor y la velocidad de deposición. Para conocer en profundidad las características de las piezas fabricadas en función de los parámetros de impresión, es necesario un análisis desde un punto de vista microestructural y mecánico.

Con el fin de elegir los mejores parámetros de impresión, Triditive ha creado un diseño de experimento (DOE) basado en la metodología Box-Behnken. Para ello se imprimieron y analizaron en lotes de 15 muestras aspectos visuales como el warpage (levantamiento de las esquinas de las piezas debido a la contracción del material por temperatura), la delaminación, la calidad superficial y medidas dimensionales. Además, en todas las muestras se ha medido la dureza y la porosidad.

La Figura 1 muestra el DOE creado a través del programa Matlab, donde los ejes representan los parámetros de impresión variables y los puntos marcan las zonas a analizar.

Box-Behnken Model for the DOE perform in the AMCELL machine using 316L Ultrafuse filament

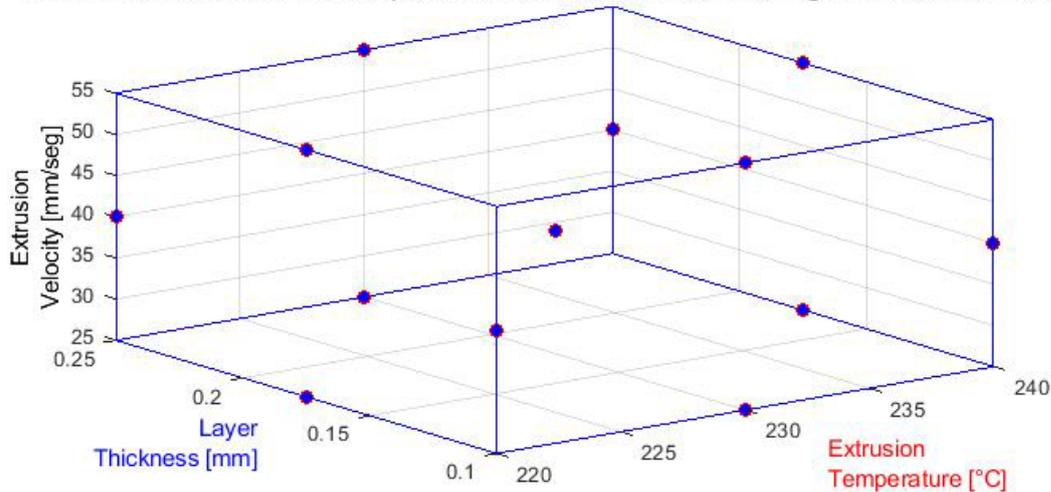


Figura 1. Modelo Box-Behnken para DOE (Matlab)

Las probetas que se utilizan en el DOE se muestran en la Figura 2. Se parte de un programa de diseño como Inventor donde se crea la probeta. A continuación, se introduce en un slicer (software de preparación para la impresión), donde se crea el código de impresión seleccionando los valores de todas los parámetros (altura de capa, temperaturas, velocidades, ventiladores...). Posteriormente se imprime la probeta (probeta en verde) y tras un proceso de desbanderizado y sinterizado se obtiene una probeta final totalmente metálica.

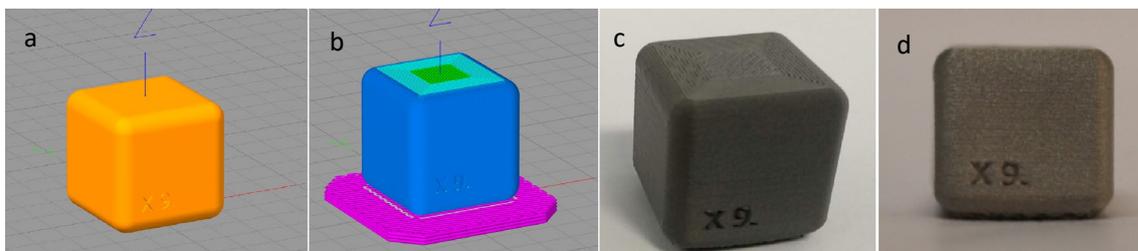


Figura 2. a) modelo CAD, b) visualización en el software de preparación (slicer), c) probeta en verde, d) probeta final

Una vez impresas las distintas series, utilizando diferentes parámetros, una representación de cada una se analiza en uno de los laboratorios que el Departamento de Ciencia de los Materiales tiene en la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Inicialmente se estudia la pieza en verde (sin realizar el desbanderizado y sinterizado) para obtener información sobre la distribución del metal-polímero en las probetas tras su deposición. Para ello se realiza un corte de las muestras mediante una tronzadora, como muestra en la Figura 3, para posteriormente embutir las muestras y realizar un proceso de desbaste + pulido en la desbastadora-pulidora como puede apreciarse en la Figura 4.



Figura 3. Probeta en verde cortada con la tronzadora

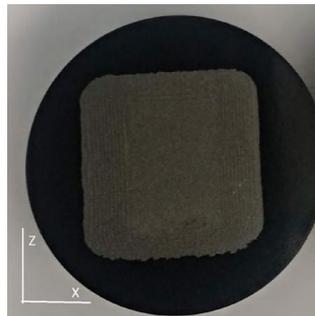
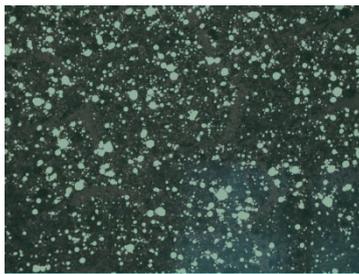


Figura 4. Probeta en verde embutida y preparada metalográficamente

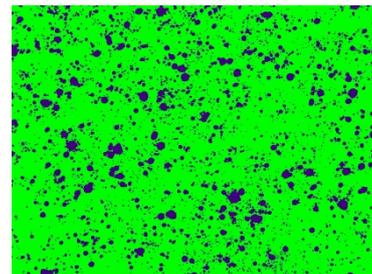
Una vez preparadas las probetas de todas las series, éstas se analizaron mediante microscopía óptica. Además, mediante un programa de análisis de imágenes se ha podido estimar el nivel de porosidad de cada una de las muestras, con informes del tipo al que se muestra a continuación.

Result Report – relative area measure

Sample ID:	11.2-250/230/25	Calibration factor:	1,4208 $\mu\text{m}/\text{pixel}$
Date:	2019-07-19	Magnification:	10x



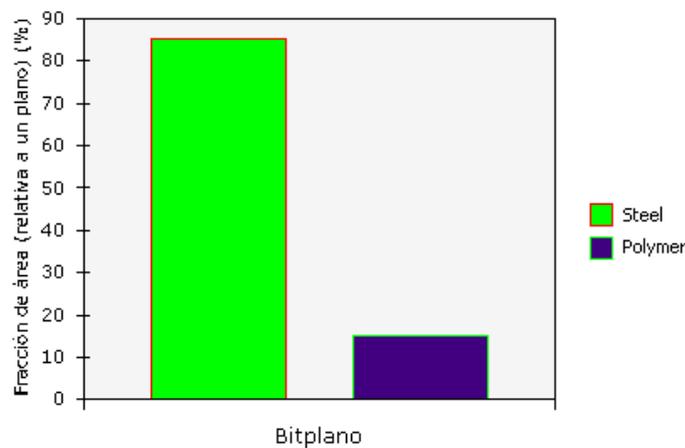
Captured image



Detected image

Polymer
 Steel

Área Relativa al bitplano : Steel, Polymer



Measurement name: Área Relativa al bitplano

Statistics

Polymer:	85,04%	Steel:	14,96%
No fields of view:	21	Total area analyzed:	1587470,61 μm^2

Además, las muestras fueron analizadas en un microscopio electrónico de barrido con el fin de corroborar la composición de la parte metálica y polimérica. En la siguiente imagen se puede ver un ejemplo de la composición de la parte metálica (Spectrum 1) (más clara en la imagen) y de la del polímero (Spectrum 2) (parte oscura de la imagen).

PROBETA EN VERDE-análisis zona metal

Spectrum processing:

No peaks omitted

Processing option: All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 3

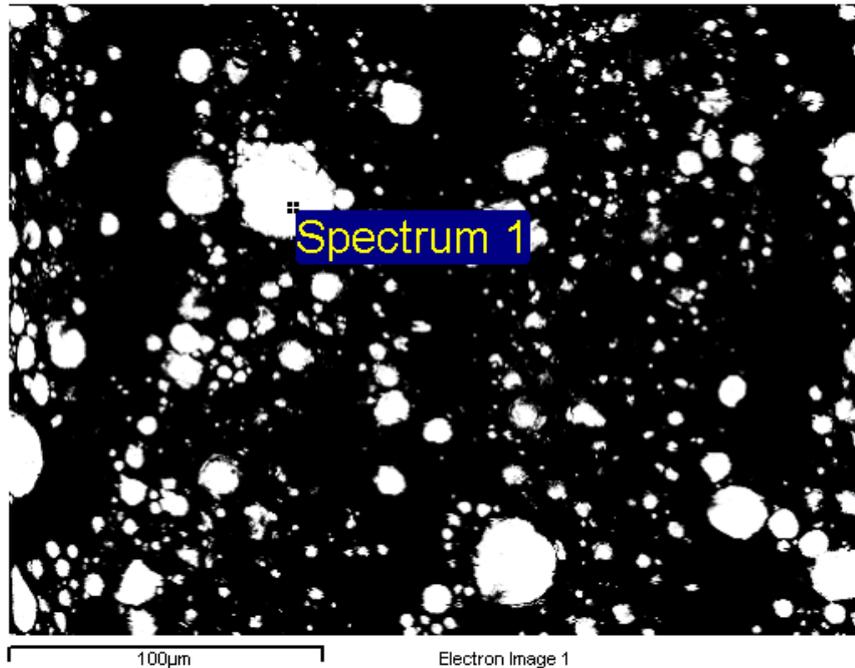
Standard:

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM

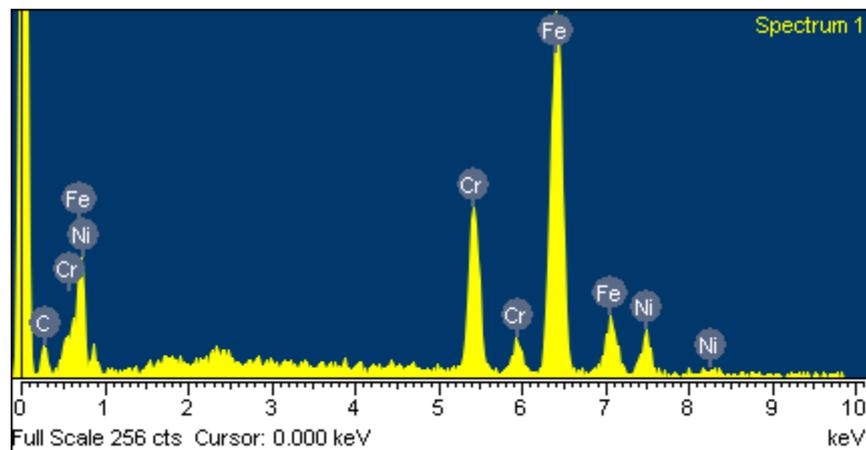
Cr Cr 1-Jun-1999 12:00 AM

Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM

Ni Ni 1-Jun-1999 12:00 AM



Element	Weight%	Atomic%
C	10.18	34.32
Cr	17.39	13.54
Fe	62.51	45.31
Ni	9.91	6.84
Totals	100.00	



PROBETA EN VERDE-análisis zona polímero

Spectrum processing :

No peaks omitted

Processing option : All elements analyzed (Normalised)

Number of iterations = 4

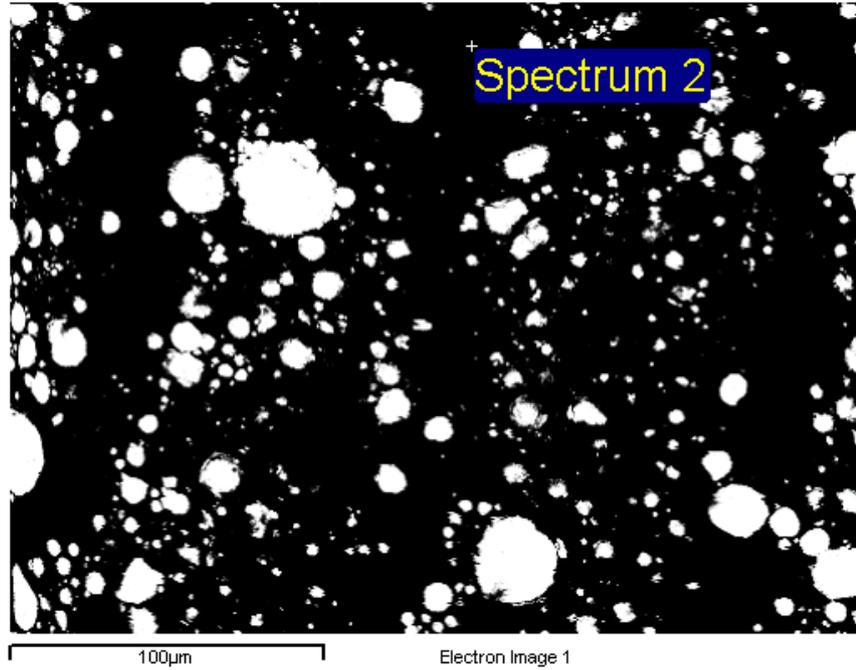
Standard :

C CaCO3 1-Jun-1999 12:00 AM

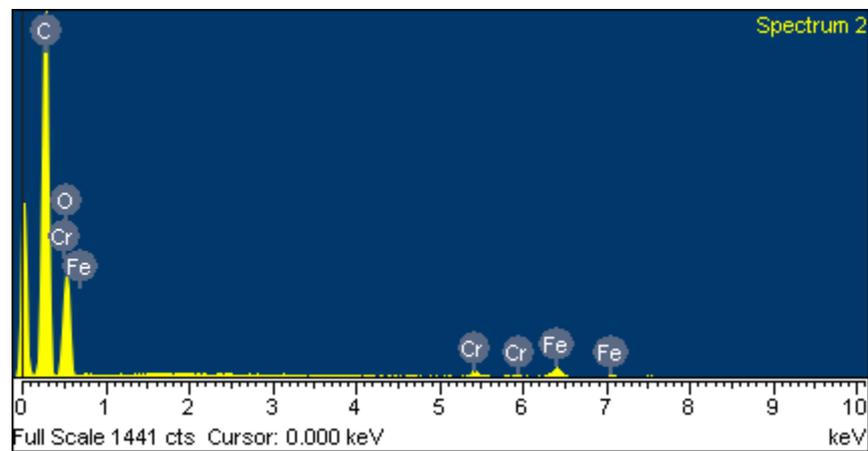
O SiO2 1-Jun-1999 12:00 AM

Cr Cr 1-Jun-1999 12:00 AM

Fe Fe 1-Jun-1999 12:00 AM



Element	Weight%	Atomic%
C	59.24	67.17
O	37.66	32.06
Cr	0.77	0.20
Fe	2.33	0.57
Totals	100.00	



Estos mismos procedimientos se han llevado a cabo sobre las series desbanderizadas y sinterizadas siendo su finalidad el estudio de la porosidad tanto en las zonas de perímetro como en las de infill. La Figura 5 muestra una imagen explicativa de las distintas partes de la probeta, y la Figura 6 muestra una imagen de una probeta final (tras desbanderizo y sinterizado) preparada para su análisis.

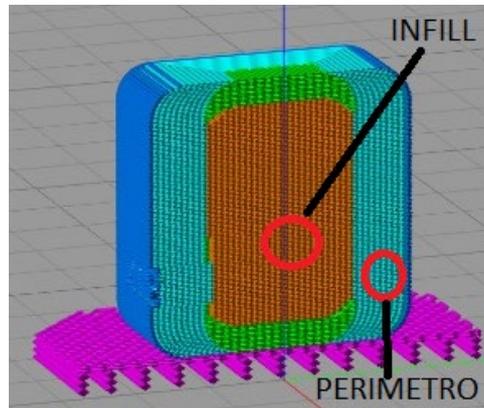


Figura 5. Indicación de las zonas de estudio

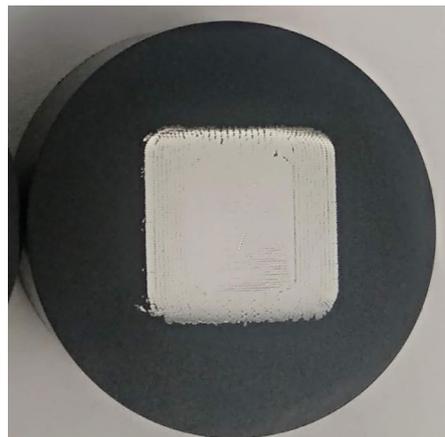


Figura 6. Probeta final preparada

Además, en las muestras finales se han realizado análisis microestructurales mediante microscopía óptica (Figura 7) y electrónica de barrido (Figura 8). A través de estas técnicas se ha identificado el tipo de microestructura y analizado la composición química de la matriz y de los pequeños precipitados del material.

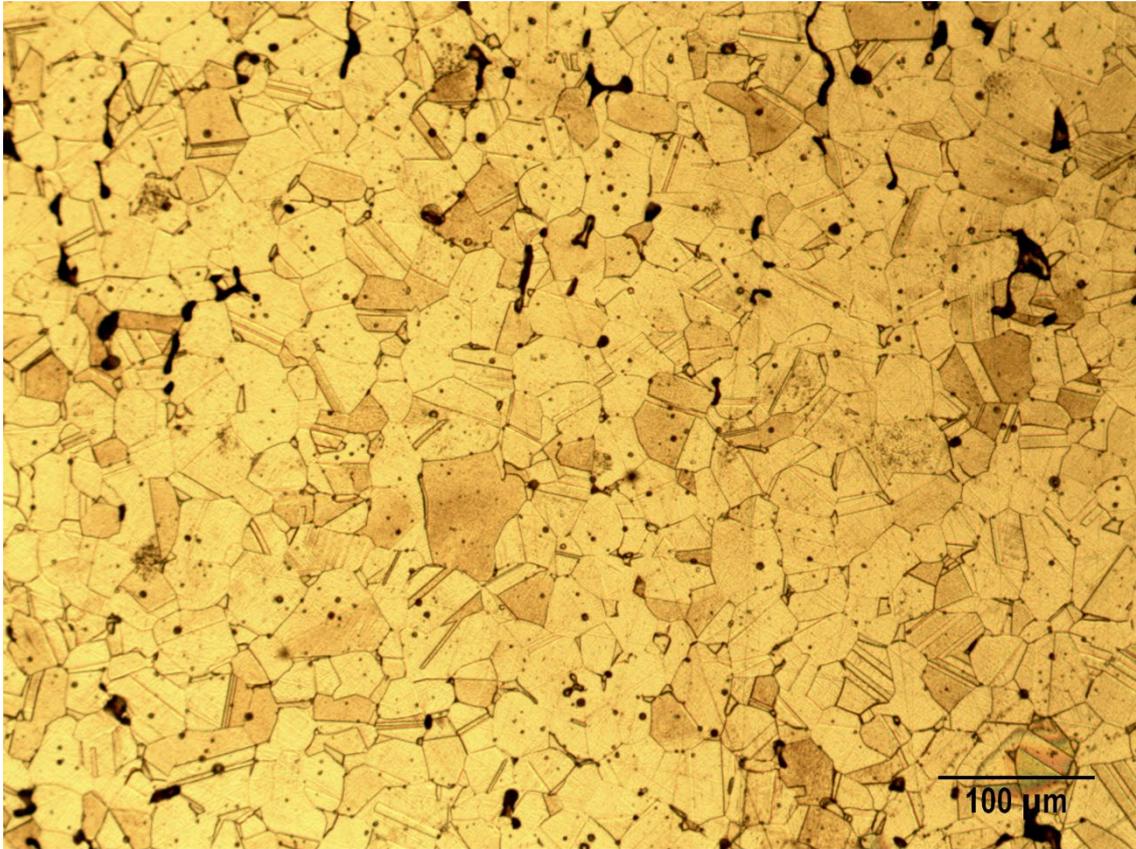


Figura 7. Microestructura de una de las muestras tras la sinterización 20x

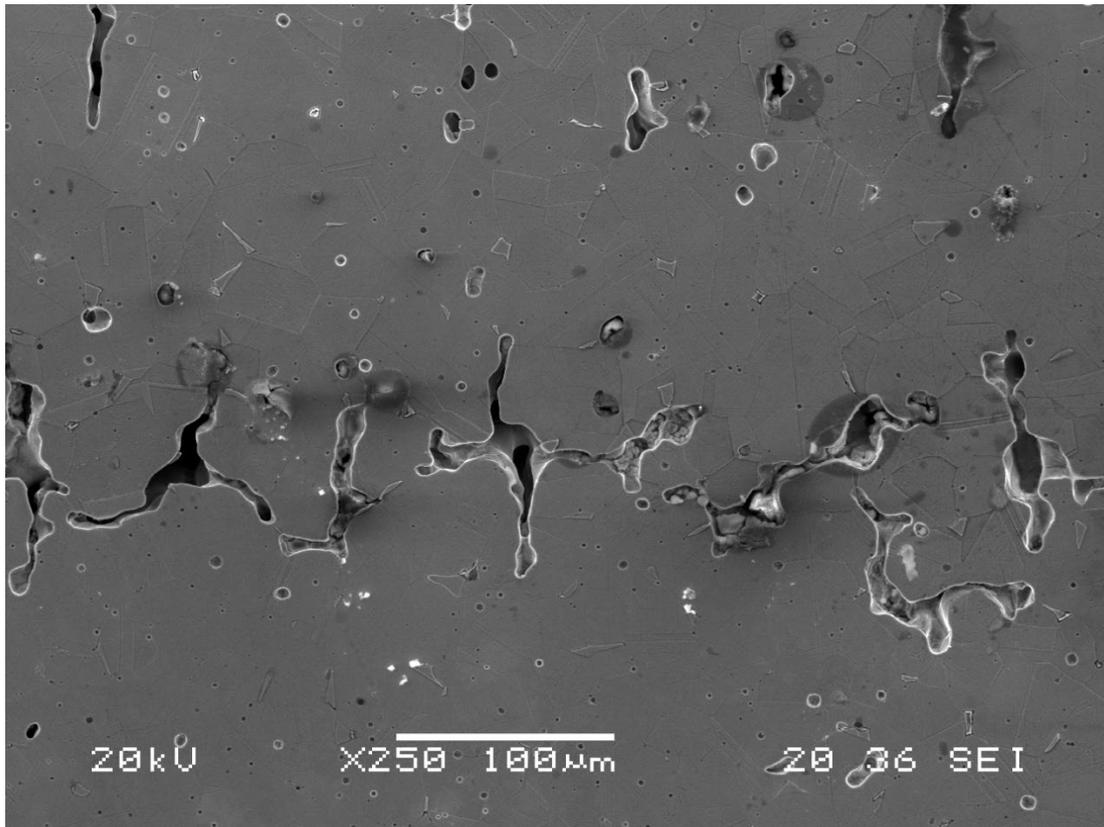


Figura 8. Imagen SEM x250

También se han realizado medidas de dureza sobre las probetas finales de las distintas series. Estas medidas se han llevado a cabo en un durómetro mediante un ensayo Rockwell B. La Figura 9 muestra una imagen de la realización de una de estas medidas.



Figura 97. Ensayo de dureza Rockwell B en la probeta

Además de los cubos analizados, a petición de la empresa, también se realizó el mismo procedimiento con otro tipo de probetas (cilindros) de cara a tener más información para la obtención de los parámetros óptimos de impresión. La Figura 10 muestra una imagen de la geometría de las probetas.

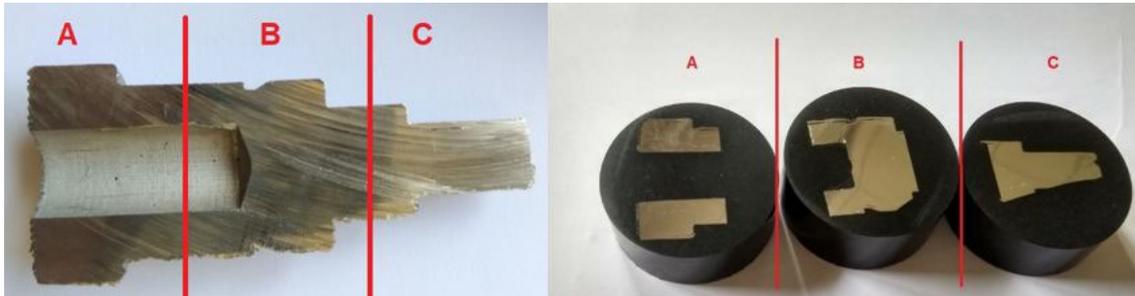


Figura 10. Cilindro dividido en tres partes para su análisis

Tras realizar todos estos estudios, se ha construido una tabla de resultados y tras su análisis se han seleccionado los mejores parámetros de impresión para este tipo de material y con los cuales se fabricarán series de probetas de tracción para conocer la resistencia mecánica, rigidez, y deformación del material.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

El principal objetivo que se ha planteado en este proyecto es la caracterización, desde el punto de vista mecánico y microestructural, de piezas producidas por la tecnología AMD®. Para ello es necesario:

1. Caracterizar mecánicamente las piezas impresas por AMD® (tracción y dureza) → Este objetivo se ha alcanzado parcialmente hasta el momento. Se han realizado medidas de dureza en las series de probetas impresas, y se están imprimiendo en estos momentos series de probetas de tracción con los parámetros de impresión seleccionados tras un análisis previo. Los ensayos de tracción se realizarán los próximos meses.
2. Estudio metalográfico de piezas producidas por AMD®. Este objetivo ha sido alcanzado. Las muestras han sido preparadas metalográficamente y analizadas microestructuralmente mediante microscopía óptica y electrónica de barrido.

2.3 Tareas realizadas

- Inicialmente se han estudiado las características de la máquina, los parámetros de control y las variables externas que influían en el proceso de fabricación.
- Diseño del experimento.
- Modelado de las probetas. Realización de prototipos que validen el modelado.
- Impresión de las probetas.
- Análisis de porosidades, ensayos mecánicos (dureza) y estudios metalográficos.

2.4 Resultados obtenidos

Tras todos los análisis realizados se han seleccionado los mejores parámetros de impresión teniendo en cuenta la velocidad de deposición, el espesor de capa y la temperatura de extrusión. Con los parámetros seleccionados se imprimirán probetas para realizar ensayos de tracción.

Otro gran resultado del proyecto fue la disposición, la actitud y el buen hacer del alumno contratado en el proyecto. Éste ha sido contratado por la empresa Trititive.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

Es necesario conocer las propiedades mecánicas (resistencia mecánica, rigidez, deformación) para realizar la valoración final y tomar decisiones futuras.

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

Los resultados obtenidos son confidenciales a petición de la empresa.

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-19-GIJÓN-09.	1400€			
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato				
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	Raúl Gómez González			
	Tareas	Impresión de probetas, preparación metalográfica, observación y cuantificación del nivel de porosidad antes y después de los tratamientos térmicos.			
	Período	19-6-2019 al 31-12-2019			

4. OTROS PROYECTOS Y CONTRATOS CON FINANCIACIÓN EXTERNA

Título del proyecto/contrato	INFLUENCIA DEL HIDRÓGENO EN EL COMPORTAMIENTO A FRACTURA Y FATIGA DE UNIONES SOLDADAS EN ACEROS ESTRUCTURALES PARA APLICACIONES ENERGÉTICAS
Referencia	MCIU-19-RT12018-096070B-C31
Investigador/a/es principal/es	CRISTINA RODRÍGUEZ GONZÁLEZ
Equipo investigador	JAVIER BELZUNCE, INES PEÑUELAS, INÉS FERNÁNDEZ PARIENTE

Periodo de vigencia	01-1-01-2019 AL 31-12-2021
Entidad financiadora	Ministerio de Ciencia Innovación y Universidades
Cantidad subvencionada	108.900€

Título del proyecto/contrato	AYUDAS A ORGANISMOS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN PARA APOYAR LA ACTIVIDAD QUE DESARROLLEN SUS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS EN EL PERIODO 2018-2020
Referencia	FC-GRUPIN-IDI/2018/000134
Investigador/a/es principal/es	JAVIER BELZUNCE VARELA
Equipo investigador	CRISTINA RODRÍGUEZ, INES PEÑUELAS, INÉS FERNÁNDEZ PARIENTE, COVADONGA BETEGÓN...
Periodo de vigencia	01-1-01-2018 AL 31-12-2020
Entidad financiadora	PRINCIPADO DE ASTURIAS
Cantidad subvencionada	82.533,76 €