
Peticionario: FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA INNOVACION - ÁREA FORMACIÓN
POLÍGONO JUAN CARLOS I DE ALMUSSAFES S/N
46440 ALMUSSAFES

Fecha:	12/11/2021
Salida nº:	321.I.2111.016.ES.01

Att. D. Dionisio Campos San Onofre / D. Enrique Roig

SERVICIO SOLICITADO: DESARROLLO DE UNA PRUEBA DE CONCEPTO CONSISTENTE EN UN ESTUDIO DE FABRICABILIDAD DE COMPONENTES EN METAL CON FABRICACIÓN ADITIVA PARA LA DIFUSIÓN DE SU POTENCIAL INNOVADOR A LA INDUSTRIA VALENCIANA

Contenido

1. PROPOSITO DEL ESTUDIO	2
2. CONTEXTO.....	2
3. DESARROLLO	4
4. CONCLUSIONES.....	7

1. PROPOSITO DEL ESTUDIO

El propósito de este informe es describir las actividades realizadas por AIDIMME en el marco del desarrollo de una prueba de concepto para estudiar la fabricabilidad de componentes metálicos con tecnologías de fabricación aditiva con el objetivo de difundir su potencial innovador en la industria valenciana. Relativo a la HE 22103925

2. CONTEXTO

La prueba de concepto se ha focalizado en la identificación de casos potenciales, principalmente utillajes, para su adaptación geométrica previa definición del pliego de condiciones y posterior fabricación mediante tecnologías de fabricación aditiva de metales.

Una vez identificadas las piezas demostrador, éstas se ha valorado desde el punto de vista del diseño con el objetivo de adaptar su geometría al proceso de producción, generando demasías para su posterior mecanizado y, en los casos señalados, realizando una optimización topológica que ha permitido reducir el volumen total de pieza, reduciendo los tiempos de producción y por tanto los costes de la misma.

Una vez adaptada y validada la geometría de los diferentes casos demo, éstos se han fabricado en materiales metálicos mediante el uso de tecnologías de fabricación aditiva.

Desde AIDIMME, se ha puesto a disposición del proyecto los siguientes equipos / software:

- **Tecnología de haz de electrones (EBM):** esta tecnología utiliza un haz de electrones de alta energía para fusionar polvos metálicos capa a capa bajo unas condiciones de alto vacío que permiten reducir el contenido de oxígeno durante el proceso de calentamiento y fusión.



Ilustración 1 Equipos EBM (ARCAM A2X izq, ARCAM A2 dch) en las instalaciones de AIDIMME.

- **Tecnología de fusión por láser (SLM):** Estos equipos utilizan una fuente energética láser para fundir el polvo metálico capa a capa bajo unas condiciones inertes que permiten reducir el nivel de oxígeno durante el proceso. En comparación con la tecnología EBM, la tecnología SLM nos permite fabricar piezas con mayor precisión y nivel de detalle, puesto que el polvo utilizado en ésta última, tiene una distribución de partículas de un tamaño menor y por otro lado, el espesor de capa utilizado en SLM es también menor.



Ilustración 2 Equipos SLM (PG250 izq, PG150 dch) En las instalaciones de AIDIMME

- **Equipos de postprocesado:** en las tecnologías de fabricación aditiva para el procesamiento de metales, es necesaria la aplicación de postprocesos tales como arenados con el objetivo de eliminar polvo que pueda quedar atrapado en canales o zonas de difícil acceso, así como para mejorar y homogeneizar el aspecto rugoso que presentan las piezas una vez salidas de máquina.



Ilustración 3 equipos de postprocesado (arenadoras) en las instalaciones de AIDIMME

- **Hornos para la aplicación de tratamientos térmicos:** Según la tecnología utilizada (EBM-SLM) y el material empleado en la fabricación, en la mayoría de ocasiones es necesario aplicar un tratamiento térmico a las piezas fabricadas, con el objetivo de eliminar las tensiones internas generadas durante el proceso de fabricación aditiva.



Ilustración 4 Horno para aplicación de tratamientos térmicos en las instalaciones de AIDIMME

- **Software de optimización topológica:** en los casos en los que, los requisitos funcionales de la pieza lo permiten, y sobre todo en piezas altamente voluminosas, se puede aplicar la optimización

topológica. Esta metodología permite la reducción de volumen/peso, empleando únicamente el material que trabaja, reduciendo por tanto los costes de producción. En AIDIMME, trabajamos con el software ALTAIR en cuya plataforma hay integrado un módulo de optimización topológica.

Por tanto la metodología y orden de actividades aplicada en la prueba de concepto ha sido:

- 1- Identificación de aplicaciones potenciales para su fabricación mediante tecnologías de fabricación aditiva de metales y definición del pliego de condiciones.
- 2- Evaluación y adaptación de la geometría al proceso productivo y de cara a obtener piezas funcionales.
- 3- Fabricación del demostrador/es mediante tecnologías de fabricación aditiva para el procesado de metales
- 4- Aplicación de postprocesos tales como tratamientos térmicos, separación de piezas de la placa de fabricación, retirado de soportes, arenados entre otros.

3. DESARROLLO

Casos demo identificados:

-DEMO 1: Campanas para pintado de interiores y exteriores en sector automoción:

- **Actividades realizadas:** adaptación de la geometría para la reducción / eliminación de soportes, adaptación de geometría para favorecer el vaciado de polvo no transformado en pieza. Fabricación de demostrador en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg)

-DEMO 2: Palpador levas:

- **Actividades realizadas:** propuesta de dos modelos, uno de ellos en condiciones as built sin sobre espesores con intención de validar si es funcional sin aplicación de postprocesos y otro con demasías para mecanizado en caras donde se requiere alta precisión. Fabricación de una unidad de cada alternativa en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO 3: Llave de seguridad:

- **Actividades realizadas:** Se parte de un escaneo de la llave original, la idea para este caso demo es validar si el 3D escaneado y fabricado sin realizar modificaciones ni ingeniería inversa es funcional. Se propone este caso puesto que es una pieza de alta rotación que tiende a romperse en su uso. Se fabrican dos unidades en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO 4: Boquilla de aplicación

- **Actividades realizadas:** La boquilla de aplicación se ancla a máquina mediante roscado. Con el objetivo de minimizar tareas de postprocesado, se ha planteado un experimental de 6 boquillas con tolerancias de rosca diferentes con el objetivo de valorar si la tecnología SLM es capaz de reproducirlas. Se ha fabricado un total de 12 boquillas con tolerancias de rosca diferentes en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO 5: Boquilla de aplicación angulada (90º)

- **Actividades realizadas:** en base al feedback obtenido en el DEMO4 se plantea realizar el roscado de la boquilla en post procesos. Se fabrica un total de tres unidades siendo necesario aplicar postprocesos de mejora superficial en el último para mejorar la salida de material en uso. Se ha fabricado un total de 3 boquillas en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO 6: Boquilla botón

- **Actividades realizadas:** tras analizar el pliego de condiciones del producto, se generan demandas de mecanizado en la base de la boquilla siendo necesario aplicar un post proceso de refrentado para hacerla funcional. Se fabrica una unidad en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO 7: Boquilla de sellado

- **Actividades realizadas:** De la misma forma que en la pieza DEMO5, la boquilla de sellado requiere un asiento con buen acabado en la parte inferior. Por tanto, se realiza el mismo ejercicio sobredimensionando esta cara. Se fabrica una unidad en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO 8: Bayoneta cera

- **Actividades realizadas:** Tras valorar la precisión dimensional requerida en la pieza, se decide no modificar la geometría con el objetivo de valorar si es funcional en condiciones as-built. Se fabrican dos unidades en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO 9: Cuchilla inferior optimizada

- **Actividades realizadas:** Se identifican como caso de estudio de interés las cuchillas de corte de chapa metálica. Con el objetivo de reducir los costes de producción de la pieza, así como su peso y volumen, se plantea el uso de la optimización topológica. Tras generar un pliego de condiciones de la pieza y analizar los casos de carga que aplican a la misma, se lanza un proceso iterativo de optimización topológica determinando finalmente fabricar una pieza en aluminio (AlSi10Mg) mediante fabricación aditiva sobre la que se monte una cuchilla fabricada por mecanizado en un material de alta dureza. Tras la optimización, se ha conseguido reducir la pieza en volumen en un 63,5%. Se fabrica una unidad en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

-DEMO10: Cuchilla superior optimizada

- **Actividades realizadas:** Siguiendo con la metodología definida en la DEMO 9 (cuchilla inferior), se propone continuar con la alternativa de fabricar enteramente la cuchilla en acero inoxidable, pudiendo realizar la soldadura y ajuste del filo directamente sobre la pieza. Se lanza un proceso iterativo de optimización topológica alcanzando finalmente una reducción de volumen del 71%. Se fabrica una unidad en tecnología SLM en Aluminio (AlSi10Mg).

Control de bandejas de fabricación:

Con el objetivo de controlar el estado de la materia prima (composición química) y para asegurar un comportamiento mecánico de pieza fabricada acorde a normativa ASTM F3318-18 para la fabricación de piezas mediante SLM en aleación AlSi10Mg, se ha realizado un control del proceso por un lado de la composición química del material procesado y por otro del comportamiento mecánico a tracción.

Estos análisis se realizan cada ciertas fabricaciones, tal y como se recoge en la tabla siguiente:

	Referencia	Bandeja de fabricación	Control de composición química	Control de propiedades mecánicas
DEMO 1	Campana	15	SI	NO
DEMO 2	Palpador levas	16	SI	SI
DEMO 3	Llave de seguridad	15	SI	NO
DEMO 4	Boquilla de aplicación	12	SI	NO
DEMO 5	Boquilla de aplicación angulada (90º)	13	SI	SI
	Boquilla de aplicación angulada (90º)	16	SI	SI
DEMO6	Boquilla botón	13	SI	SI
DEMO 7	Boquilla de sellado	13	SI	SI
DEMO 8	Bayoneta cera	23	NO	NO
DEMO 9	Cuchilla inferior optimizada	20	NO	NO
DEMO 10	Cuchilla superior optimizada		-	-

Resultados:

Resultado de análisis químico practicado sobre piza fabricada en aleación AlSi10Mg:

	% Si	% Mg	% Fe	% Cu	%Mn	%Ni	%Zn	%Ti	%Pb	%Sn
Standard reference ASTM F3318-18	9-11	0,2-0,45	≤0,55	≤0,05	≤0,45	≤0,05	≤0,10	≤0,15	≤0,05	≤0,05
SLM012 Al	10,8	0,2	0,13	0,0016	0,0017	0,0055	<0,001	0,0043	0,0053	<0,001
SLM013 Al	10,7	0,22	0,13	0,0014	0,0016	0,0051	<0,001	0,0046	0,0049	<0,001
SLM015 Al	10,7	0,31	0,13	0,0015	0,0016	0,0098	0,012	0,0046	0,0052	<0,001
SLM016 Al	10,7	0,26	0,13	0,0019	0,0015	0,0075	0,024	0,0046	0,0051	<0,001

Podemos comprobar que la composición del material se mantiene en todo momento dentro del rango establecido por el estándar ASTM F3318-18 para la fabricación de piezas mediante SLM en aleación AlSi10Mg.

Resultado de ensayo mecánico practicado sobre probetas de tracción en aleación AlSi10Mg:

Se fabrican 4 probetas de tracción acorde a norma para cada uno de los ensayos obteniendo un valor promedio de las prestaciones mecánicas el cual se representa en la tabla siguiente:

Como se puede ver, los resultados cumplen con los requisitos indicados en normativa ASTM F3318-18.

Referencia	Posición de las probetas	Condición	Yield strenght (MPa)	Elongation (%)	Young modulus (MPa)
REFERENCIA ASTM F3318-18			220	4	
BANDEJA DE FABRICACIÓN 13	Z	As-built	248,0±4	4,5±0,5	81,7±6
BANDEJA DE FABRICACIÓN 16	XY	As-built	275,8±4	10,0±0,5	87,3±9

4. CONCLUSIONES

Se han identificado 10 casos de estudio potenciales a ser procesados mediante tecnología de fabricación aditiva. Tras identificar las necesidades de cada caso y definir el pliego de condiciones y requisitos, se ha adaptado la geometría de partida en los casos en los que ha sido necesario, llegando a fabricar finalmente los 10 demostradores en tecnología Selective Laser Melting (SLM) y en materiales: Aleación de aluminio AlSi10Mg y Acero inoxidable según las necesidades de cada caso.

Validado por: JOSE RAMON BLASCO PUCHADES TECNOLOGÍAS Y PROCESOS Nuevos Procesos de Fabricación Jefe Sección	Realizado por: MARIO MARTÍNEZ CENICEROS TECNOLOGÍAS Y PROCESOS Nuevos Procesos de Fabricación
---	--

PRESCRIPCIONES

1.- El presente informe es copia fiel y exacta del que consta en los archivos generales de AIDIMME.

2.- AIDIMME responde únicamente de los resultados consignados en el informe y referidos exclusivamente a los materiales, muestras o equipos que se indican en el mismo. Salvo mención expresa, las muestras o equipos han sido libremente elegidas y enviadas por el Cliente.

3.- AIDIMME no se hace responsable en ningún caso de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse del presente Informe.

4.- Queda totalmente prohibida la reproducción parcial del presente Informe, incluida la reproducción con fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de AIDIMME.

5.- Los resultados se consideran como propiedad del solicitante y sin su autorización previa AIDIMME se abstendrá de comunicarlos a un tercero.

6.- Ninguna de las indicaciones formuladas en este informe puede tener el carácter de garantía para las marcas comerciales, o los productos / maquinaria analizados, que en su caso se citen.

7.- Los materiales o muestras sobre los que se realicen ensayos, se conservarán en el Centro durante los tres meses posteriores a la emisión del informe, procediéndose tras este plazo a su destrucción. Por ello, toda comprobación que en su caso desee efectuar el Cliente, se deberá ejercitar en el plazo indicado.

8.- En el caso de informes de calibración de equipos, la cláusula 7 no es aplicable, dado que los equipos se entregan al Cliente tras la finalización del trabajo. Para este tipo de informes, los resultados emitidos se refieren exclusivamente al estado y las condiciones en que se encontraba el equipo en el momento de la calibración.