

Análisis de la Influencia de los Parámetros Operacionales en Recubrimientos Superficiales Asistidos por Láser de Acero AISI 431 sobre Acero al Carbono

M. Blasco⁽¹⁾, A.García-Beltrán⁽²⁾, J.A. Porro⁽¹⁾, M. Morales⁽¹⁾, J.L. Ocaña⁽¹⁾

(1) *Centro Láser UPM, Edificio Tecnológico "La Arboleda", Campus Sur U.P.M Carretera de Valencia km. 7,3. 28031 Madrid*

Tel: +34 91 336 55 41, Fax: +34 91 336 55 34, e-mail: manuel.blasco@upm.es

(2) *Depto. de Automática, Electrónica e Informática Industrial ETS de Ingenieros Industriales-UPM. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid*

Resumen

En el presente artículo se muestran los resultados obtenidos de un estudio basado en una serie de recubrimientos de acero inoxidable martensítico AISI 431 sobre acero al carbono. El objetivo principal de este trabajo es valorar la influencia de los principales parámetros operacionales que intervienen en el proceso.

Palabras Clave: Recubrimiento asistido por láser, acero inoxidable

Abstract

This paper presents the main results of a study based on laser cladding of AISI 431 stainless steel powder on low carbon steel experiments. The objective of this work is to show the influence of the processing parameters in the clad.

Keywords: Laser cladding, stainless steel.

1. Introducción

En este artículo se presenta un análisis de la influencia de los principales parámetros operacionales que intervienen en el proceso de recubrimiento de probetas de acero al carbono con polvo de un acero inoxidable martensítico que aporta a la vez elevadas dureza superficial y resistencia a la corrosión.

2. Procedimiento experimental

Los ensayos realizados han consistido en recubrimientos de acero inoxidable AISI 431(80 % Fe, 16 % Cr, 2 % Ni, 1 % Si, 1 % Mn) sobre un substrato de acero al carbono. Como gas de protección, así como para transporte del polvo se ha utilizado Ar. En un primer lugar se ha realizado una serie recubrimientos consistentes en pistas aisladas en las que se han variado uno por uno los parámetros operacionales alrededor de unos parámetros de referencia. De entre todas las variaciones efectuadas se han seleccionado dos conjuntos paramétricos considerados como óptimos para la realización de recubrimientos extensos.

2.1. Montaje experimental

La fuente láser utilizada es un láser de Nd:YAG de 3300 W de potencia máxima, siendo transportado el haz láser por medio de fibra óptica hasta el cabezal de proceso. El cabezal empleado distribuye el polvo de forma coaxial al haz láser y va montado sobre un robot antropomórfico de seis ejes, garantizando de este modo la precisión y repetibilidad de los movimientos y posibilitando el tratamiento de superficies complejas.



Figura 1. Montaje experimental utilizado para el estudio.

2.2. Ensayos realizados

2.2.1.. Pistas aisladas

Se han realizado variaciones consistentes en cambios aislados, dejando fijos el resto de parámetros, de la velocidad de proceso, la potencia del láser y cantidad de polvo suministrado, realizando pistas aisladas con 5 valores diferentes en cada caso y analizando su efecto. El diámetro de enfoque del láser ha sido fijado en 3 mm. Las variaciones ensayadas en los parámetros operacionales con vistas a la determinación de su respectiva influencia han sido:

- Velocidad de proceso (mm/s): 5, 8, 10 (valor de referencia), 12 y 15
- Cantidad del polvo (g/min): 2,8, 3,9, 4,8 (valor de referencia), 5,6 y 6,8
- Potencia del láser (W): 605, 760 , 985 (valor de referencia), 1225 y 1465

2.2.2 Recubrimientos extensos

Las pruebas realizadas en las pistas aisladas en las que se ha observado un mayor grado de deposición de polvo han conducido a resultados interesantes minimizando la dilución del material en el sustrato con valores de anchura de pista y espesor similares a los de los parámetros operacionales de referencia. Por este motivo se han realizado series de recubrimientos extensos con los parámetros operacionales de referencia (Conjunto de

parámetros 1) y con mayor cantidad de polvo (conjunto de parámetros 2), depositando entre 1 y 3 capas con el propósito de obtener hasta 1,5 mm de espesor.

Tabla 1: Conjuntos de Parámetros operacionales elegidos para los recubrimientos extensos

Parámetros	D spot(mm)	Pot (W)	v (mm/s)	polvo (g/min)
Conjunto 1	3	985	10	4,8
Conjunto 2	3	985	10	6,8

Cada capa individual de recubrimiento ha consistido en en 10 pistas adyacentes de 42 mm de longitud parcialmente solapadas y siguiendo la trayectoria indicada en la figura 4. Utilizando pasos de 1, 1,2 y 1,4 mm, se han obtenido recubrimientos de 42 mm de longitud por de 11 a 15 mm de anchura en función del solape empleado.



Figura 2: Esquema de la trayectoria utilizada, aspecto de un recubrimiento extensoo y sección de uno de ellos realizado con el conjunto de parámetros 2 y paso 1,2 mm.

3. Resultados Obtenidos

3.1. Análisis de ancho, altura y dilución de pistas en función de la variación de los parámetros alrededor de los valores de referencia

a) Variación de la velocidad de proceso:

El ancho de la pista depositada disminuye con el aumento de la velocidad en la parte central del intervalo de velocidades ensayadas, punto que corresponde a los parámetros de referencia. Se observa un rellano donde el ancho se optimiza. En lo referente al espesor del recubrimiento se observa un máximo absoluto en la elevación para los parámetros de referencia. Este punto corresponde a un máximo relativo en el grosor y un mínimo absoluto en la penetración. A la mínima velocidad ensayada se obtiene el mayor valor del grosor y penetración, manteniéndose la elevación por debajo del valor a 10 mm/s.

b) Variación de la cantidad de polvo:

Con el valor de referencia se obtiene un máximo absoluto en la anchura y el grosor de la pista, siendo este punto un máximo relativo en la elevación (ligeramente por

debajo del valor máximo obtenido a 6,8 g/min). En lo que respecta a la penetración, esta disminuye conforme se va incrementando la cantidad de polvo.

c) Variación de la potencia del láser:

Al aumentar la potencia se incrementa el valor del ancho de pista, el grosor y la penetración del recubrimiento, no ocurriendo lo mismo con la elevación. En este caso se obtiene un máximo para los parámetros de referencia.

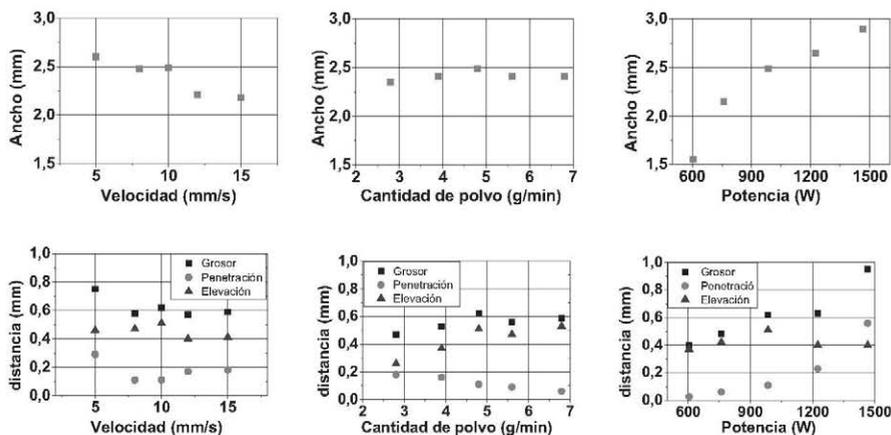


Figura 3: Gráficas que muestran la influencia de la variación de los parámetros operacionales.

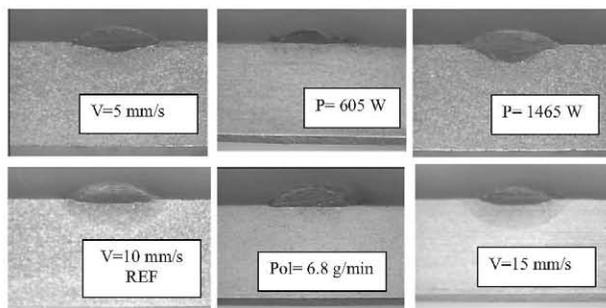


Figura 4: Macrografías de las pistas aisladas para distintos valores de los parámetros permaneciendo el resto en los valores de referencia

3.2. Medidas de dureza en los recubrimientos

En la figura 5 se muestran las medidas de dureza Vickers (HV01) efectuadas en una pista aislada realizada con los parámetros de referencia y en dos recubrimientos extensos con los conjuntos paramétricos seleccionados. Se puede observar la diferencia en la dureza de los dos recubrimientos debido a la diferente cantidad de material de recubrimiento utilizado y la mayor dureza obtenida en la pista aislada.

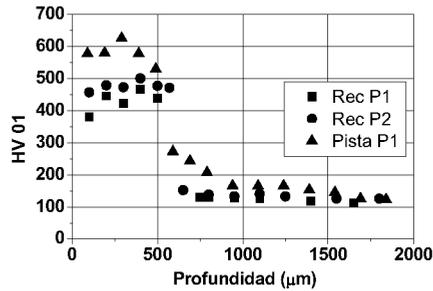


Figura 5: Perfil de Dureza (HV01) obtenida para una pista aislada con los parámetros de referencia y en recubrimientos extensos con los dos conjuntos paramétricos elegidos.

3.3 Análisis de la eficiencia del proceso

Para evaluar el grado de aprovechamiento del polvo utilizado, se ha calculado experimentalmente la eficiencia del proceso, definida de forma empírica como el incremento de peso de la probeta durante el proceso por unidad de peso del polvo suministrado en ese tiempo. Los resultados (muy similares para los dos conjuntos de parámetros ensayados) se muestran en la tabla II junto con los respectivos valores de gasto másico de polvo.

Tabla II: Eficiencia empírica del proceso obtenida para los conjuntos de parámetros 1 y 2.

Parámetros	Gasto másico (g/min)	Eficiencia (%)
Con junto 1	4,8	54
Conjunto 2	6,8	55

4. Discusión de los resultados

El conjunto de ensayos realizados muestra que los parámetros operacionales elegidos (conjuntos 1 y 2) optimizan el conjunto de características y medidas de los recubrimientos. Una disminución de la velocidad de proceso o un aumento significativo de la potencia aumenta el ancho de la pista, pero conlleva a una penetración y dilución excesiva del material aportado en el recubrimiento debido a un exceso de energía. Una velocidad excesiva o una potencia insuficiente llevan a un recubrimiento más estrecho, de poco espesor o, en el peor de los casos, a un recubrimiento defectuoso por falta de fusión o falta de adherencia del polvo aportado al sustrato. Asimismo si el aporte de material es insuficiente conduce también a una afectación excesiva del sustrato.

En lo que respecta a los recubrimientos extensos, la mejor regularidad superficial se obtiene con el menor paso utilizado, 1 mm, para cualquiera de los dos conjuntos parámetros utilizados. Con el mayor caudal de polvo utilizado, 6,8 g/min, se obtiene un mayor espesor de recubrimiento, resultando un incremento de alrededor del 22 % para 1,4 mm de paso, 25% para 1,2 mm y 28 % para 1 mm respecto a los valores obtenidos con 4,8 g/min. Al igual que en el caso de una sola pista, en los recubrimientos realizados con 6,8 g/min se obtiene una menor afectación del sustrato, con una menor penetración y dilución del material aportado.

5. Conclusiones

1. A falta de posteriores análisis referidos a adherencia del recubrimiento y a resistencia a desgaste y a corrosión se han identificado unos parámetros de referencia que permiten el desarrollo del recubrimiento deseado con obtención de buenas propiedades geométricas y de dureza., obteniéndose en todos los casos una dureza del recubrimiento muy superior a la del material base,
2. Las series realizadas de recubrimientos extensos han mostrado la viabilidad y márgenes de variación de parámetros para recubrimientos de una o varias capas resultando los valores de dureza obtenidos solamente entre un 20% y un 30% inferiores a los correspondientes valores en pistas aisladas. Comparando los dos recubrimientos extensos ensayados, se ha observado una mayor dureza en el caso donde el aporte de polvo es mayor.
3. La eficiencia del proceso se ha determinado empíricamente para los dos parámetros empleados, rondando un 55% de aprovechamiento del polvo suministrado.

6. Referencias

1. K. Zhang X. Shang, *Optics & Laser Technology*, 39 (2007) 549–557
2. V. Ocelik, et al., *Surface & Coatings Technology* 201 (2007) 5875–5883
3. X. Guojian et al, *Surface & Coatings Technology* 201 (2006) 3385-3392
4. W.M. Steen et al, E. SPIE Proceedings, Vol. 650, (1986) 226-234
5. J. Yao et al, *Surface & Coatings Technology* 201 (2006) 2854-2858

7. Agradecimientos

Trabajo subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia (Proyecto PSE-020400-2006-1) y la Universidad Politécnica de Madrid.