

Deposición metálica de Stellite grado 6 sobre AISI 316 en superficies planas mediante soldadura por fricción.

J. Cabello Eras, R. Goytisol Espinosa, V. Carreras Martínez.

Centro de Estudio y Desarrollo de la Oleohidráulica y la Neumática
Universidad de Cienfuegos Carretera a Rodas , km. 2, Cienfuegos.
E-mail: jcabello@fmec.ucf.edu.cu

(Recibido el 16 de Mayo del 2002, aceptado 7 de Octubre del 2002).

Resumen

En el presente trabajo se realiza un estudio del proceso de deposición metálica de Stellite grado 6 sobre una superficie de acero inoxidable AISI 316 a través de la soldadura por fricción. Se estudiaron distintas combinaciones de parámetros de soldadura tales como, velocidad de rotación de la barra de material de aportación, velocidad transversal del sustrato, tiempo de calentamiento, presión de apriete de la barra contra el sustrato y los depósitos obtenidos son sometidos a un análisis metalográfico en la zona de interfase y a una prueba de doblado para comprobar su adhesión al metal base.

Palabras claves: Soldadura por fricción, depósitos metálicos.

1. Introducción.

La soldadura por fricción es un proceso en el que se aprovecha el rozamiento entre las superficies a unir para lograr su calentamiento y posterior unión, este proceso ha alcanzado una gran utilización en la soldadura de piezas tanto de materiales disímiles como similares.

El proceso de soldadura por fricción tradicional ha

sido modificado con vistas a lograr depósitos superficiales de un metal de aportación sobre un metal base para mejorar las propiedades superficiales de este último. Esta modificación consiste en convertir el proceso tradicional en un proceso con movimiento relativo combinado y su principio de funcionamiento se puede apreciar en la figura 1.

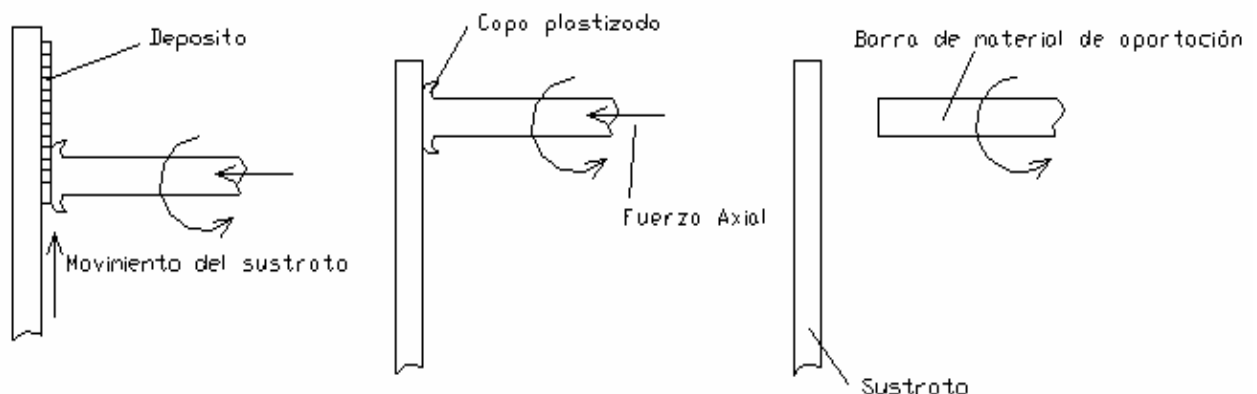


Figura 1. Principio de funcionamiento del proceso de obtención de depósitos superficiales mediante la soldadura por fricción.

Durante la etapa inicial la barra de material de aportación rota sin estar en contacto con la placa del sustrato, en el calentamiento se inicia el contacto entre la barra y la placa del sustrato bajo la acción de una carga axial, la temperatura en la zona de interfase se eleva a valores algo inferiores que la temperatura de fusión y el material en el extremo de la barra alcanza un estado plastizado y comienza a producirse el acortamiento esta, el comportamiento del proceso en esta etapa es similar al de la etapa de calentamiento del proceso de soldadura por fricción tradicional, en la tercera etapa comienza el desplazamiento transversal del sustrato, parte del material plastizado va quedando en la placa como depósito a lo largo de la zona donde se produjo el contacto con la barra.

Los principales parámetros que influyen en el resultado final del proceso son:

- Diámetro de la barra de material de aportación.
- Velocidad de rotación de la barra.
- Presión de apriete o de fricción.
- Velocidad transversal del sustrato.
- Tiempo de calentamiento.

En la tabla 1 se muestran los valores recomendados de estos parámetros para lograr depósitos satisfactorios de diferentes materiales y el espesor promedio del depósito obtenido con ellos.

El trabajo experimental esta encaminado a los parámetros de soldadura razonables para el depósito de Stellite Grado 6 (SS 2343) sobre acero inoxidable AISI 316, con vistas a la posterior realización de depósitos sobre piezas reales de configuración más complejas.

2. Desarrollo.

El trabajo se dirigió fundamentalmente a la obtención de depósitos de Stellite grado 6 sobre acero inoxidable AISI 316 en superficies planas con distintos valores de los parámetros de soldadura para determinar las combinaciones en que se obtienen mejores resultados.

El equipamiento utilizado en el trabajo fue una máquina construida en la Universidad de Oulo en Finlandia a partir de un taladro en desuso al que le ha sido anexada una mesa móvil que garantiza el movimiento transversal del sustrato. Las partes fundamentales de la misma se muestran en la figura 2.

- 1 - Motor principal, encargado de rotar la barra de material de aportación. La velocidad de este motor varia mediante un dispositivo de control de frecuencia eléctrica.
- 2 - Caja de velocidad.
- 3 - Panel de mando.
- 4 - Mandril de sujeción de la barra.
- 5 - Carro móvil vertical. Es accionado por un cilindro hidráulico que suministra la fuerza que oprime la barra contra el sustrato y con su movimiento garantiza la permanencia del contacto según la barra se va acortando.
- 6 - Soporte de la barra. Garantiza que la barra no pierda la estabilidad durante el proceso.
- 7 - Tornillo de banco para la sujeción de la plancha del sustrato.
- 8 - Mesa móvil. En su movimiento transversal es accionada por un cilindro hidráulico.
- 9 - Base de la mesa.
- 10 - Panel de control del sistema hidráulico.

Tabla 1: Parámetros de trabajo recomendados para obtener depósitos superficiales mediante la soldadura por fricción con distintas combinaciones de materiales.

Materiales		Diámetro la barra [mm]	Velocidad [rev/min.]	Presión Axial [MPa]	Velocidad transversal [mm/s]	Tiempo de calentamiento [seg.]	Espesor [mm]
Depósito	Sustrato						
Acero de medio Carbono	Acero de medio Carbono	25	975	28	4	3	1.9
Acero de medio Carbono	Acero Aleado	25	985	28	4	3	2.1
Acero Inoxidable	Acero de Medio Carbono	25	550	50	4	4	1.3
Acero Inoxidable	Acero Inoxidable	25	550	50	4	4	1.5
Aluminio (Alloy 2011)	Aluminio (Alloy 20/4A)	25	778	17	4.2		

Tabla 2. Composición química de los materiales.

Material	Composición
AISI 316	0.08%C, 1%Si, 2%Mn, 0.045%P, 0.03%S, 16 a 18%Cr, 2 a 3%Mo, 10 a 14%Ni
SS 2343	1%C, 26%Cr, 5%W

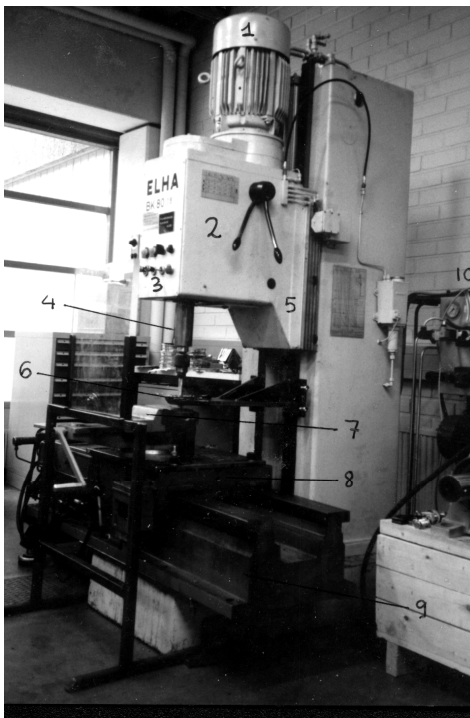


Figura 2. Máquina experimental.

Los depósitos obtenidos fueron sometidos a análisis metalográficos donde se estudió la unión entre los dos metales y la no existencia de defectos en la interfase realizándose además un perfil de dureza en el cual se constató que el material de aportación adquiere mayor dureza que el sustrato, mejorando las propiedades superficiales de este, además se midió el espesor promedio de los depósitos alcanzados. También los depósitos fueron sometidos a pruebas de doblado para verificar su adhesión al sustrato.

En la figura 3 se muestran las características de la prueba de doblado, el resultado se considera satisfactorio cuando no se aprecia desprendimiento entre el depósito y el sustrato, o sea cuando este depósito sigue fielmente el perfil que adquiere la plancha al ser doblada, además se realizaron análisis metalográficos después de la prueba para constatar que no hubiera desprendimiento entre el depósito y el sustrato.

En el trabajo se utilizó como sustrato planchas de acero inoxidable AISI 316 de 150 mm de largo, 100mm de ancho y 10mm de espesor, y barras de 8,12 y 20 mm de diámetro de material de aportación.

En las tablas 3, 4 y 5 se muestran las combinaciones de parámetros de soldadura con que se obtuvieron depósitos que pasaron satisfactoriamente las pruebas de doblado y los análisis metalográficos, así como los valores promedios de la medición del espesor de los depósitos alcanzados.

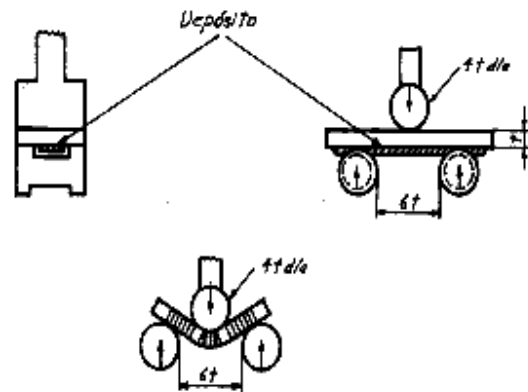


Figura 3. Prueba de doblado.

Tabla 3. Combinaciones de parámetros para obtener resultados satisfactorios con barras de 8 mm.

No	N [r/min.]	P [MPa]	Vt [mm/s]	Tcal [s]	S [mm]
1	650	176	4.8	5	0.41
2	650	152	7.8	3	0.37
3	650	152	2.75	5	0.52
4	650	131	0.85	8	0.9
5	415	131	1.6	8	0.74
6	650	131	1.6	5	0.71
7	650	131	2.1	4	0.68
8	415	152	2.1	4	0.64
9	650	103	2.1	6	0.47
10	650	176	2.1	5	0.84
11	650	204	4.8	4	0.51
12	650	214	4.8	5	0.61
13	650	264	4.8	4	0.6
14	650	204	4.3	3	0.59
15	650	152	2.1	4	1.18
16	650	131	1.85	4	0.6
17	830	176	0.85	3	0.98
18	830	176	2.5	2	0.74
19	830	151	2.5	7	1.24

Tabla 4. Combinaciones de parámetros con los que se obtuvieron resultados satisfactorios con barras de 12 mm.

No	N [r/min.]	P [MPa]	Vt [mm/s]	tcal, [s]	s, [mm]
1	330	155	2.5	9	0.84
2	330	133	2.5	6	0.71
3	330	155	3.8	6	0.77

Tabla 5. Combinaciones de parámetros con los que se obtuvieron resultados satisfactorios con barras de 20 mm.

No	n [r/min.]	P [MPa]	Vt [mm/s]	Tcal [s]	S [mm]
1	330	127	3.3	6	0.9
2	330	119	1.55	5	1.13
3	330	119	2.55	6	0.85
4	330	126	3.8	6	0.82
5	330	121	3.8	4	0.8
6	265	121	3.8	6	0.93
7	330	126	6	6	0.7
8	265	121	2.1	5	1.45
9	330	126	4.8	6	0.9
10	330	126	2.5	5	0.99
11	330	119	2.1	6	1.16
12	265	121	1.55	6	2.18
13	265	21	3.8	6	1.82
14	330	119	1.55	8	1.18
15	330	126	4.8	7	0.72

Donde:

- n - Velocidad de rotación de la barra, r/min.
P - Presión axial, MPa.
Vt - Velocidad transversal del sustrato, mm/s.
tcal - Tiempo de calentamiento, s.
S - Espesor del depósito, mm.

En la figura 4 se muestra uno de los depósitos logrados y en la figura 5 un depósito después de sometido a la prueba de doblado.

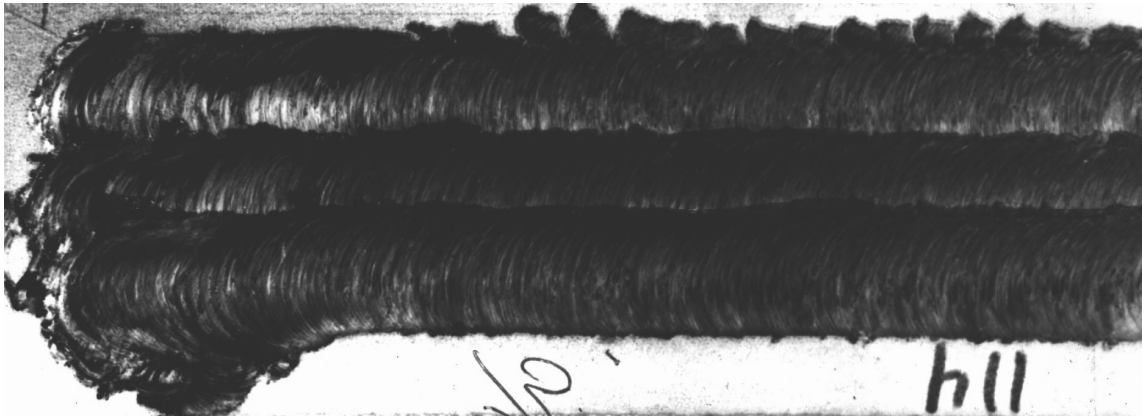


Figura 4. Depósito.



Figura 5. Depósito después de la prueba de doblado.

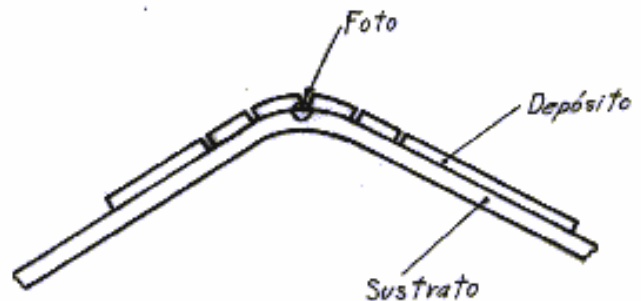


Figura 6. Zona analizada en la figura 7.



Figura 7. Análisis metalográfico de la grieta en el sustrato.

En la figura 7 se muestra el análisis metalográfico del borde de la grieta que se forma en el depósito durante la prueba de doblado (figura 6) en la que se puede apreciar como la grieta se propaga hacia el interior del sustrato y no por la interfase.

En la figura 8 se muestra el perfil de dureza realizado a tres depósitos obtenidos con barras de distinto diámetro, en todos los perfiles de dureza realizados la microdureza del depósito se encuentra entre 500 y 700 HV mientras en el sustrato se mantiene entre 200 y 280 HV.

Los resultados mostrados en las tablas 4,5 y 6 fueron sometidos a un análisis estadístico para determinar la influencia de los diferentes factores que inciden en la magnitud del depósito alcanzado. En el análisis de regresión múltiple se obtuvieron los coeficientes de la ecuación de regresión (Tabla 5) con un coeficiente de correlación de $r = 0,72$. Del análisis de estos coeficientes se deduce que la velocidad de traslación es el parámetro que mayor influencia ejerce en el espesor del depósito obtenido y el signo negativo indica que a menor velocidad mayor espesor del depósito. El segundo parámetro en influencia es el tiempo de calentamiento con signo positivo lo que indica que al aumentar este aumenta el espesor de los depósitos. El diámetro de la barra le sigue en influencia aunque con una magnitud

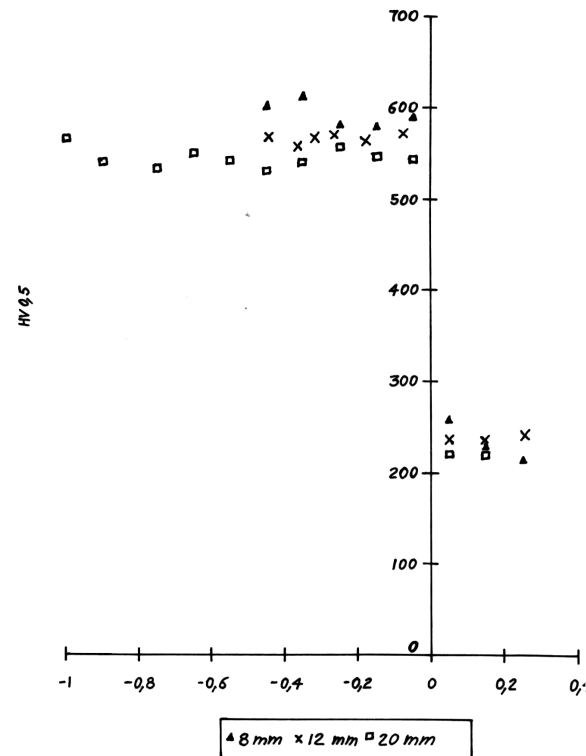


Figura 8. Perfil de dureza.

mucho menor con una tendencia positiva, es decir que a mayor diámetro de la barra mayor espesor en los depósitos. La velocidad de rotación y la presión de apriete tienen una influencia mucho menor en el espesor de los depósitos alcanzados.

Tabla 5. Resultados del análisis estadístico.

Parámetro	Influencia
Término independiente	-0,0224
Velocidad transversal	-0,1991
Tiempo de calentamiento	+ 0,105
Diámetro de la barra	+0,04
Cuadrado de la velocidad	+0,017
Cuadrado del tiempo de calentamiento	-0,008
Diámetro por velocidad	-0,004
Presión	+0,0026
Diámetro al cuadrado	+0,0008
Velocidad de rotación	+0,0002

3. Conclusiones.

- Es factible lograr depósitos de Stellite grado 6 sobre acero inoxidable AISI 316 mediante esta técnica.
- El espesor de los depósitos alcanzados oscila entre 0.37 y 2.16 mm.

- La solidez de los depósitos queda demostrada por las pruebas de doblado y por los análisis metalográficos en la zona de interfase.
- Los perfiles de dureza realizados demuestran el mejoramiento de las propiedades superficiales en la zona del depósito.
- El parámetro que más influye en el espesor de los depósitos logrados es la velocidad transversal del sustrato.
- El tiempo de calentamiento tiene una notable influencia y es directamente proporcional al espesor de los depósitos logrados.

4. Recomendaciones.

- Realizar depósitos en la superficie de piezas más complejas con los parámetros de trabajo con que se obtuvieron mayores depósitos.

5. Bibliografía.

6. Exploring friction welding in production. The Welding Institute. Abington, Cambridge, UK.
7. Thomas, W.M. Feasibility studies into surfacing by friction welding. The Welding Institute. Research Report 236, Abril 1984.
8. Thomas, W.M. An introduction to friction surfacing. Mild steel with austenitic stainless steel. The Welding Institute. Research Report 7894.01/85/468.1.
9. Shreiber, G.K. Influence of friction surfacing conditions on transition layer properties in clad metals. Svarochnoe Proizvodstvo 9: 32 - 33.
10. Nicholas, E.D. Metal deposition by friction welding. Welding Journal. Agosto 1996.

Metallic deposition of Stellite degree 6 on AISI 316 in plane surfaces by means of friction welding.

Abstract

Presently work carried out a study of the process of metallic deposition of Stellite degree 6 on a surface of stainless steel AISI 316 through the welding by friction. Different combinations of welding parameters were studied as: rotation speed of the contribution material bar, sustain traverse speed, time of heating, pressure of the bar against the sustain. The obtained deposits are subject to metallographic analysis in the interface area and to bending test in order to check their adhesion to the metal bases.

Key words: Friction welding, metallic deposits.