



UNIVERSIDAD MICHOCANA
DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO

Foro de Ingeniería e Investigación en Materiales

Cuerpo Académico Consolidado CA-105: Ingeniería y Tecnología de Metales, Cerámicos y Aleaciones



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN
METALURGIA Y MATERIALES

Efecto del Desplazamiento del Electrodo en Soldaduras Circunferenciales SAW en Tubería API 5L X70

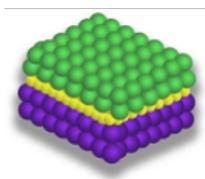
O. PADRÓN-DOMÍNGUEZ¹; R. SALDAÑA-GARCÉS²; G.Y. PÉREZ-MEDINA¹; J.J. RUÍZ-MONDRAGÓN¹; G. GARCÍA-CERECERO³; E.J. GUTIÉRREZ-CASTAÑEDA⁴

¹ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA), Saltillo, Coah., México.

² CONACYT-Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA), Saltillo, Coah., México.

³ Tubacero, S. de R.L. de C.V. Monterrey, N.L., México.

⁴ Catedrático CONACYT-Instituto de Metalurgia de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), San Luis Potosí, S.L.P., México.



FORO DE INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN EN MATERIALES. **VOL. 14** (2017) 455-461

Editores: E.A. Aguilar, E. Bedolla, C.A. León

® Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales de la UMSNH
Morelia, MÉXICO.

ISSN 2448-6892





Efecto del Desplazamiento del Electrodo en Soldaduras Circunferenciales SAW en Tubería API 5L X70

O. PADRÓN-DOMÍNGUEZ¹; R. SALDAÑA-GARCÉS²; G.Y. PÉREZ-MEDINA¹; J.J. RUÍZ-MONDRAGÓN¹; G. GARCÍA-CERECERO³; E.J. GUTIÉRREZ-CASTAÑEDA⁴

¹ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA), Saltillo, Coah., México.

² CONACYT-Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA), Saltillo, Coah., México.

³ Tubacero, S. de R.L. de C.V. Monterrey, N.L., México.

⁴ Catedrático CONACYT-Instituto de Metalurgia de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), San Luis Potosí, S.L.P., México.

Introducción

El incremento en el requerimiento de hidrocarburos y gases, por parte de la población y las industrias, es una necesidad que latente. Actualmente, se cuenta con fuentes de hidrocarburos que permiten satisfacer dicha necesidad. Sin embargo, se requieren ductos para realizar la extracción y el transporte de hidrocarburos.

La fabricación de ductos implica el uso de materiales como aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA, por sus siglas en inglés), que cuentan con las propiedades mecánicas para esta aplicación [1-3]. Uno de los materiales HSLA es el acero API 5L X70 con el que se elaboran las tuberías para conducción. Estos materiales tienen propiedades superiores en resistencia a la cedencia, elevada tenacidad y alta resistencia a la corrosión, con respecto a los aceros convencionales. Con base en lo anterior, la industria de fabricación de tubería en México ha revolucionado y con ello las empresas que fabrican tubería de conducción, como es el caso de Tubacero S. de R.L. de C.V. [4].

Para que la tubería cumpla los requerimientos de longitud de los ductos, se requiere ensamblarlos. El ensamblaje se realiza por medio de soldadura circunferencial y, por lo grande de los espesores, se emplea el proceso de soldadura por arco sumergido (SAW, por sus siglas en inglés), lo que permite asegurar su llenado en menor tiempo [5-7]. Las uniones se evalúan bajo los criterios de aceptación y rechazo de códigos y especificaciones.



Los parámetros actuales de fabricación generan que, de manera recurrente, se presente un excedente dimensional en el refuerzo del cordón, el cual debe ser retrabajado para poder cumplir con las especificaciones, lo anterior genera costos operativos y retrasos en la entrega.

Se tiene conocimiento de que existen una serie de variables que influyen en la geometría del cordón como son el amperaje, el voltaje, la velocidad de alambre, la velocidad de avance, el desplazamiento del electrodo, entre otras [6, 8, 9].

El presente estudio tiene el propósito de analizar el efecto que el desplazamiento del electrodo, en dirección transversal al tubo, tiene sobre la geometría del cordón. La tubería es API 5L X70 de 30 in de diámetro y 0.429 in de espesor, unidas por el proceso de soldadura por arco sumergido (SAW).

Metodología

Para este estudio se realizaron depósitos de soldadura circunferenciales simples con el proceso de arco sumergido, usando como material de aporte F8A2-EA4-A4 y como metal base tubería API 5L X70 de 30 in de diámetro y 0.429 in de espesor, su composición química y propiedades mecánicas se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1 Composición química del material [4].

% e.p.	C	Si	Mn	P	S	V	Nb	Ti	Otros
Acero X70	0,12	0,45	1,70	0,025	0,015	A	a	a	b
Aporte	0,065	0,35	1,5	—	—	—	—	—	Mo 0,5

Notas: a) La suma de V, Nb, Ti no deberá exceder del 0,15 % y b) Los elementos Cu, Ni, Cr y Mo deben tener máximo 0,50 %.

Tabla 2 Propiedades mecánicas [4].

	Esfuerzo de Cedencia (MPa)	Esfuerzo de Máximo (MPa)
Acero X70	485	570
Electrodo	550	650



En la Figura 1 se muestra la microestructura asociada al material base acero API 5L X70 (observada a 1000X). Esta consiste en una matriz de ferrita poligonal con presencia de islas de perlita y de carburos finamente dispersos, formados por los microaleantes como V, Nb y Ti, los cuales refuerzan la matriz e incrementan su tenacidad y resistencia mecánica.



Fig. 1. Micrografías de material base API 5L X70. a)1000X.

Para el estudio de la variación de la geometría se desarrollaron cordones circunferenciales con SAW, manteniendo el calor de entrada constante de 46 kJ/in y variando el desplazamiento geométrico en un rango de 1 y 2 in, manteniendo constante la distancia entre el tubo y el electrodo, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Ensayos realizados.

Número de experimento	Calor aportado (kJ/in)	Desplazamiento del electrodo (in)
1	46	1
2	46	1.5
3	46	2

De cada ensayo se obtuvieron 4 probetas seleccionadas en la zona horaria, 3, 6, 9, y 12. Las probetas fueron cortadas y preparadas metalográficamente y atacadas con Beraha's.



Con el fin de dimensionar los cordones, las probetas se examinaron con un estereoscopio marca Dino Lite Pro. Las imágenes obtenidas se analizaron mediante el software Dinocapture 2.0 Versión 1.5.23.A, dimensionando parámetros como convexidad, ancho del refuerzo de soldadura, tamaño de la zona afectada por el calor y penetración de la soldadura, como se ilustra en la Figura 2.

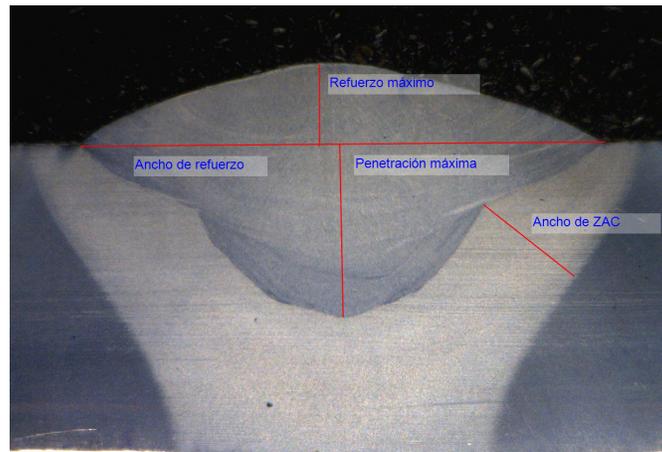


Fig. 2. Medidas tomadas de las muestras de cordón simple.

De forma complementaria se realizó la medición de la microdureza como se ilustra en la Figura 3, haciendo 3 indentaciones en cada zona afectada por el calor y 3 indentaciones en la zona de fusión utilizando un microdurómetro marca Wilson Hardness modelo Tukon 2500.

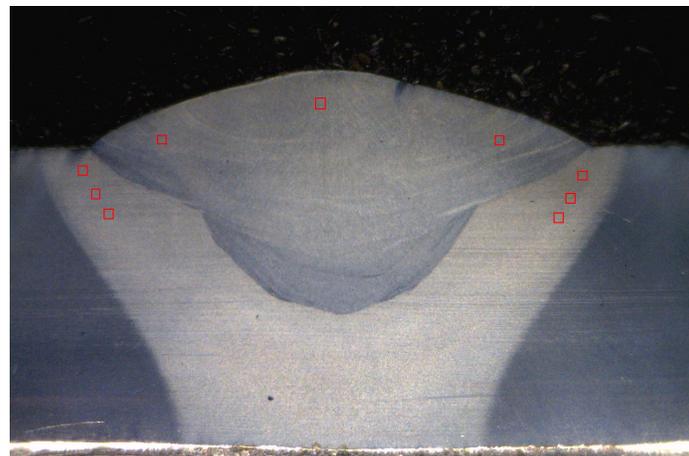


Fig. 3. Mapeo de indentaciones.



Resultados y Discusión

En la Tabla 4 se enlistan los resultados obtenidos del dimensionamiento de las uniones para las tres condiciones de desplazamiento los cuales son graficados en la Figura 4.

Tabla 4 Resultados de la medición de efectos a diferentes desplazamientos del electrodo.

Desplazamiento del electrodo, in	Probeta	Convexidad (mm)	Ancho del cordón (mm)	Penetración máxima (mm)	ZAC (mm)
1	1	3.11	16.92	6.36	3.05
	2	2.29	19.92	5.32	3.63
	3	2.9	18.83	6.21	4.19
	4	3.07	19.701	5.65	4.72
1.5	1	2.514	18.78	5.6	4.59
	2	1.92	20.6	4.76	4.21
	3	2.16	19.102	4.68	5.105
	4	2.96	26.27	4.76	5.27
2	1	2.27	19.34	4.79	4.36
	2	1.8	20.98	4.63	4.37
	3	2.01	20.03	4.35	4.122
	4	3.33	23.96	5.04	5.474

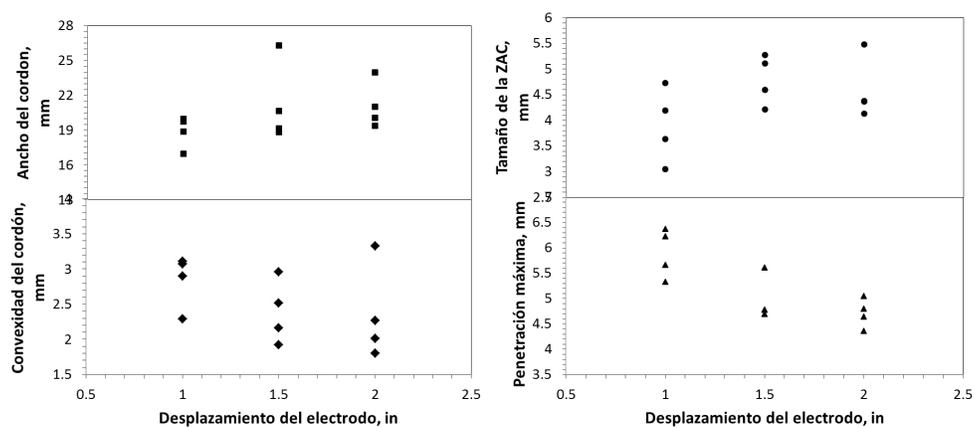


Fig. 4. Variación de los parámetros dimensionales del cordón de soldadura con respecto al desplazamiento del electrodo.

Del análisis de los datos se evidencian las siguientes tendencias: 1) la convexidad del cordón y la penetración disminuyen conforme se incrementa el desplazamiento del electrodo; 2) el ancho del



cordón disminuye con el incremento del desplazamiento. Se registró un 49% de reducción máxima de concavidad en el cordón. La variación del ancho del cordón fue del 6%, mientras en la penetración se observó de una variación del 25%.

Cabe mencionar que, en los datos revisados, no se observa ninguna tendencia en el ancho de la ZAC, por lo que no se tiene evidencia para confirmar alguna relación o efecto.

Con base en los resultados y a las tendencias observadas se puede afirmar, que las variaciones son debidas a que el ángulo entre el electrodo y la pieza de trabajo se modifica con el desplazamiento del electrodo, lo que tiene un efecto en la geometría del cordón.

En el desplazamiento del electrodo de 2 in se suelda con un efecto cuesta abajo, lo cual reduce la penetración y genera un cordón más ancho, caso contrario a lo que sucede en el desplazamiento del electrodo de 1 in, con soldadura cuesta arriba, el cual tiene una mayor penetración y hace un cordón más delgado [6].

En la Figura 5 se muestra la variación de la dureza con respecto a la posición, en diferentes zonas ZAC1, ZAC2 y Zona de fusión. Se observa que la dureza oscila entre 200 y 240 HV_{500g} [4], lo cual no se refleja como una variación relevante ya que se puede considerar en el mismo rango. Esto sugiere que el desplazamiento del electrodo, dentro del rango analizado, no presenta una influencia en la dureza del cordón de soldadura.

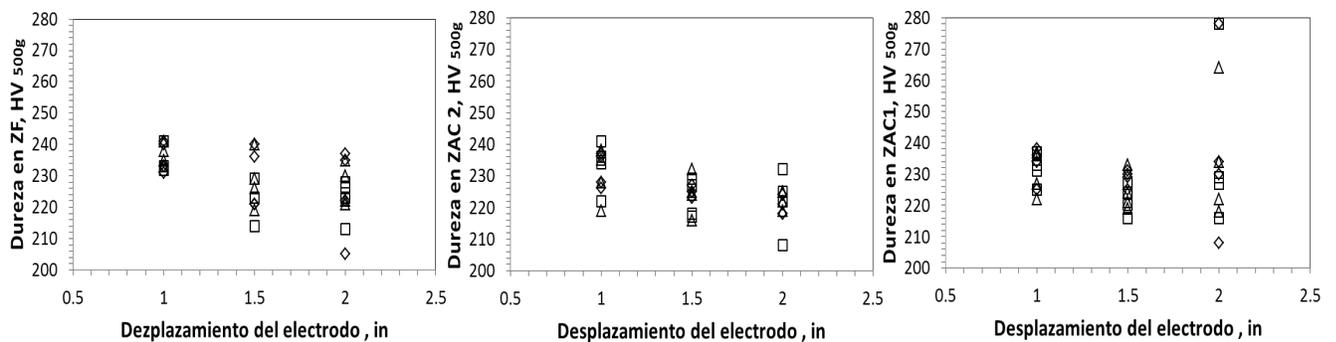


Fig. 5. Variación de la dureza con respecto al desplazamiento del electrodo en tres zonas (ZAC1, ZAC2 y Zona de fusión).



Conclusiones

Con base en la experimentación realizada y los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir lo siguiente

- El desplazamiento del electrodo tiene un efecto en la geometría del cordón de soldadura, encontrando los valores mínimos de convexidad a las 3 in de desplazamiento.
- La disminución de la convexidad se compensa mediante los cambios del ancho del cordón y de la penetración.

La zona afectada por el calor no cambia en función del desplazamiento del electrodo.

Referencias

1. W.D. Callister. *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. E.U.A., Reverté, S. A., (1995), p. 524.
2. P. Aramburo, S. García, R. Pérez, J.A. Juaréz. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*. (2004), 5, p. 17-26.
3. ASM International Handbook Committee . *ASM Handbook, Properties and selection: Irons, Steels, And High Performances Alloys*, (2005). Vol. 1.
4. American Petroleum Institute. *Specification for line pipe*, 44 Ed. (2007).
5. American Welding Society. *Manual para la certificación de inspectores de soldadura*, 4th Ed. (2013), p. 317.
6. Welding Handbook Commite. *Welding Handbook*. 9th Ed. (2004), 2.
7. K. Weman. *Welding Processes Handbook*. 2nd Ed, Cambridge: Woodhad Publishing, (2012).
8. J.T. Pepin. *Effects of Submerged Arc Weld (SAW) Parameters on Bead Geometry and Notch-Toughness for X70 and X80 Linepipe Steels*. Alberta, Canada : Bibliothèque et Archives Canada, (2009).
9. M. Mohammadijoo, S. Kenny, L. Collins, H. Henein, D.G. Ivey. *Influence of cold-wire tandem submerged arc welding parameters on weld geometry and microhardness of microalloyed pipeline steels*. London, UK : Springer-Verlag, (2016).