

CONSTRUCCION DEL MAPA DE FRECUENCIAS DE CORTOCIRCUITO DEL MATERIAL DE APORTE ER308L CON PROCESO GMAW

David Hoyos¹, Oscar Mejía^{1*}, Jorge E Giraldo¹

1: Ingeniero Mecánico, Grupo de Soldadura, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Colombia.

* Contacto: olmejia@unal.edu.co

RESUMEN

Se aplicaron soldaduras sobre platina (Bead-on-Plate) de acero inoxidable tipo 304 mediante el proceso de soldadura GMAW en modo de transferencia por cortocircuito, utilizando un alambre clase ER308L de $\varnothing 0.045''$ y gas de protección 98%Ar-2%O₂. Se registraron las señales eléctricas del proceso por medio de un sistema de adquisición de datos y a partir de los datos de corriente y voltaje en el tiempo, se construyó un mapa del modo de transferencia y se calculó la frecuencia media de cortocircuito para cada cordón de soldadura para construir un mapa de frecuencias de goteo. Finalmente, se levantó un gráfico de "Corriente RMS vs Velocidad de Alimentación" para este electrodo utilizando distintos voltajes.

Palabras Clave: *GMAW-S, Estabilidad, Frecuencia de Cortocircuito*

ABSTRACT

Bead-on-plate welds were deposited on plates of stainless steel (Type 304) by GMAW process in short circuit transfer mode. Using ER308L filler metal and 98%Ar-2%O₂ shielding gas, electrical signals of the process were recorded by a data acquisition system. From the current and voltage data was made a map of short circuit transfer mode and was computed the short circuit frequency for each welding run, upon which it was built the map of short circuit frequency. Finally, it was plotted "RMS Current vs Wire Feed Rate" for this electrode using several nominal voltages.

Keywords: *GMAW-S, Signal, Stability, Short circuit frequency.*

1 INTRODUCCIÓN

En soldadura de placas delgadas el proceso GMAW en modo de transferencia por cortocircuito (GMAW-S) presenta ventajas considerables en productividad frente a otros procesos como el GTAW y el SMAW, debido su facilidad de automatización, a sus mayores tasas de deposición y a su posibilidad de usar mayores velocidades de soldadura. El modo de transferencia de metal por cortocircuito se caracteriza por un contacto regular entre el electrodo y el charco de soldadura. En la figura 1 se muestra un esquema de la posición relativa entre el electrodo y el charco de soldadura durante el ciclo de transferencia de metal y el comportamiento de las señales de corriente y voltaje en el tiempo [1]. El periodo de extinción del arco y de desprendimiento de metal (pasos 1, 2 y 3) es pequeño comparado con el periodo de arco (pasos 4, 5 y 6), sin embargo, este modo de transferencia produce charcos de soldadura de rápida solidificación y con

entradas de energía menores que en el caso de los modos de transferencia con arco abierto [2], lo cual hace de éste un proceso adecuado para soldar láminas de poco espesor y realizar soldaduras fuera de posición.

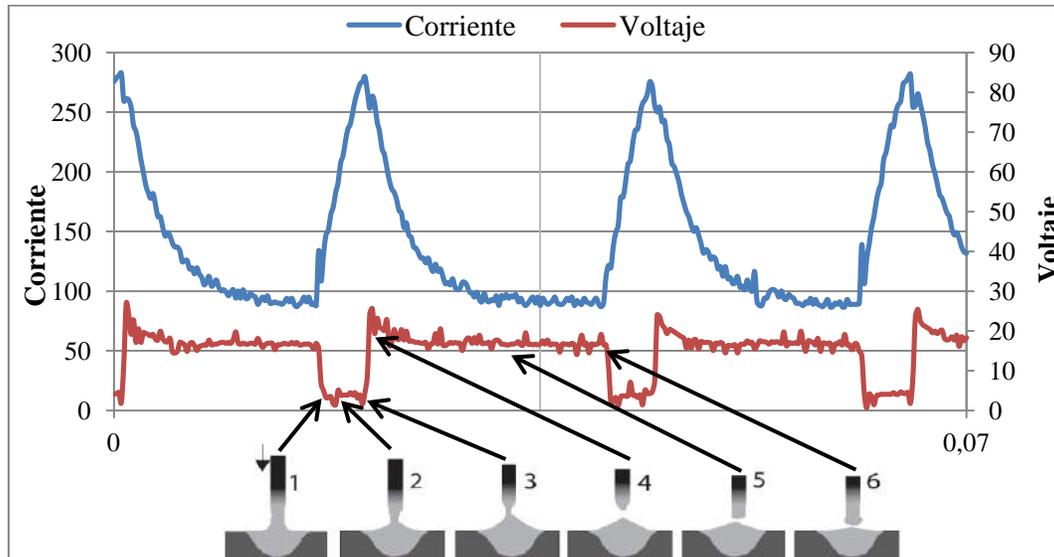


Figura 1. Esquema de la posición del electrodo y charco de soldadura durante el modo de transferencia por cortocircuito y las señales de corriente y voltaje.

Para obtener soldaduras de buena calidad es necesario operar con una transferencia de metal estable. En GMAW-S la mayor estabilidad del proceso se alcanza cuando la transferencia de metal es homogénea y constante en el tiempo. La transferencia de metal cambia con diferentes parámetros del proceso como la polaridad, la corriente de soldadura, la extensión del electrodo, el voltaje, el diámetro y material del alambre y el gas de protección. Se ha encontrado que justo cuando se suelda con las mayores frecuencias de cortocircuito se logra una transferencia más estable, con la menor salpicadura y con menores discontinuidades [2,3]. Liu y Siewert[3] encontraron que la óptima combinación de parámetros de soldadura corresponde a un tamaño mínimo de gotas y a una tasa de cortocircuito máxima. Hermans y Den Ouden [2] encontraron que la mayor estabilidad del proceso se obtiene cuando la frecuencia de goteo es máxima con una mínima desviación estándar de la frecuencia y cuando ésta es igual a la frecuencia de oscilación del charco de soldadura. En este sentido, para entender el efecto de los parámetros de soldadura Liu y Siewert [3] elaboraron un gráfico donde muestran las isopletas de la frecuencia de goteo para cada combinación de voltaje y corriente, para un alambre ER70S-6 y un gas de protección 98% Ar-2% O₂. Con estos gráficos ó mapas se puede identificar la región de operación voltaje-corriente o voltaje-velocidad de alimentación de alambre, para una combinación de material de aporte y gas de protección dada, que corresponda a la mejor combinación de parámetros. Además, los gráficos de frecuencia de cortocircuito son una herramienta de gran utilidad en el desarrollo de procedimientos de soldadura que brindan unos rangos de parámetros más precisos durante las etapas de fabricación.

Los alambres de aceros inoxidables como el ER308L aplicados con proceso GMAW-S son de uso común en la industria alimenticia, petroquímica, entre otras, donde se sueldan láminas delgadas. Sin embargo, se tiene poca información acerca de la estabilidad de la transferencia de metal en modo de transferencia por cortocircuito, por lo que existe la necesidad de explorar este campo del conocimiento.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicaron cordones de soldadura sobre platina (BOP, BeadOnPlate) variando los valores de velocidad de alimentación y voltaje de soldadura. Se hizo un barrido para velocidades de alimentación desde 60 in/min hasta 255 in/min con aumentos progresivos de 15 in/min cada vez incrementando el voltaje desde 15V hasta 26V con incrementos de 1V en la fuente, hasta llegar a una región de transferencia inestable, donde ocurría la extinción del arco. Para cada cordón se registraron las señales de corriente y voltaje con una frecuencia de 5000 Muestras/segundo. Para obtener las señales se utilizó una tarjeta de adquisición NI 6008. Se adecuó la señal de voltaje con un divisor de voltaje resistivo y un filtro analógico. Para adquirir la corriente se usó un sensor de efecto Hall de lazo abierto. La frecuencia media de goteo y tiempo de cortocircuito se calcularon por medio de Microsoft Excel[®]. También se calcularon la Corriente y Voltaje RMS a partir de los datos almacenados. Los cordones fueron depositados con una fuente de voltaje constante Miller Invision 456MP y una unidad de alimentación Miller 70 Series en la que se gradúa directamente la velocidad de alimentación. Para controlar las condiciones de soldadura, los cordones se depositaron mediante un sistema mecanizado, manteniendo fija la pistola de soldadura y moviendo la placa de soldadura.

Los parámetros de soldadura utilizados fueron: Distancia de tubo de contacto a metal base: 16 mm; Velocidad de avance: 3.8-4.0 mm/s; Diámetro de tobera: 5/8"; Mezcla de gas de protección: 98% Ar- 2% O₂; Flujo de Gas: 30 CFH; Posición de soldadura: 1G; Material Base: ASTM A240 Tipo 304 de 1/8"; Especificación de metal de aporte: AWS A5.9; Clasificación del electrodo: ER308L de Ø0.045"; Temperatura de precalentamiento (Min): 25°C; Temperatura interpasos (Máx): 100°C; Polaridad: CDEP; Inductancia de la máquina: 75%.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Modo de transferencia por cortocircuito

En la Figura 2 se muestra la región de cortocircuito, la cual está delimitada por la transición a otros modos combinados de transferencia, y las regiones de inestabilidad donde se extinguió el arco durante la aplicación del cordón de soldadura.

Con altas velocidades de alimentación y un voltaje nominal de 15V el arco se vuelve inestable y se extingue durante la soldadura. Por otro lado, cuando el voltaje aumenta por encima de 23V y la velocidad de alimentación está entre baja y media se tiene una transferencia combinada entre cortocircuito y globular. Con bajos voltajes, inferiores a 21V, es posible mantener el modo de transferencia por cortocircuito hasta altos valores de corriente de soldadura.

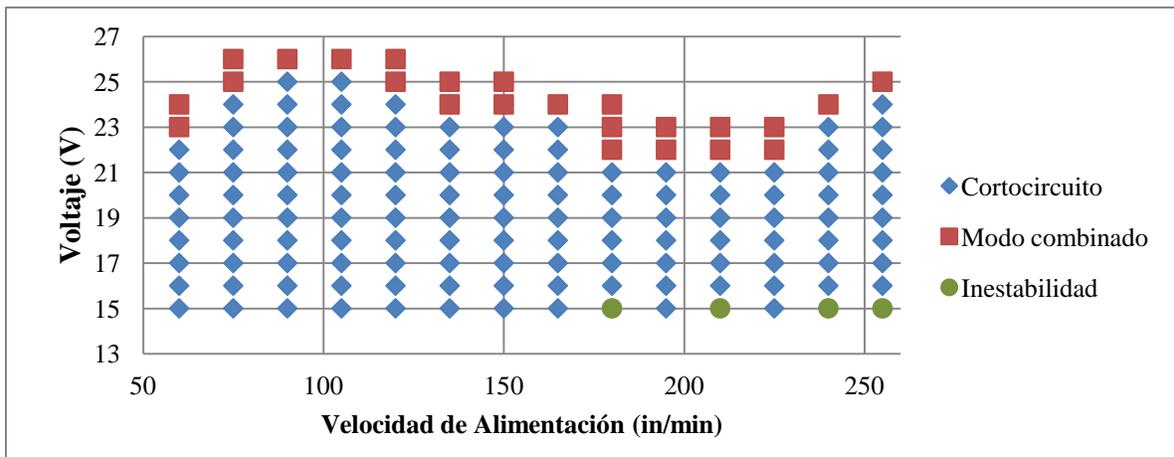


Figura 2. Mapa del modo de transferencia por cortocircuito para electrodo ER308L de $\varnothing 0.045''$ con gas de protección 98% Ar-2% O_2 .

3.2 Mapas de frecuencias de cortocircuito

La Figura 3 muestra la frecuencia de cortocircuito en función de la velocidad de alimentación para diferentes voltajes. Se observa que la frecuencia de cortocircuito aumenta reduciendo el voltaje nominal y aumentando la velocidad de alimentación del electrodo. Se puede observar que para 15V la frecuencia cae a partir de 150 in/min, indicando que ha llegado al punto crítico a partir del cual el electrodo golpea el charco de soldadura y el desprendimiento de la gota de metal se hace irregular, esto implica que el tiempo de cortocircuito aumenta de modo tal que se desprende una mayor cantidad de metal, este fenómeno, conocido como “stubbing”, puede dar lugar a discontinuidades, dificulta el manejo del charco por el soldador y genera excesiva salpicadura; se observa en detalle esta curva en la Figura 4.

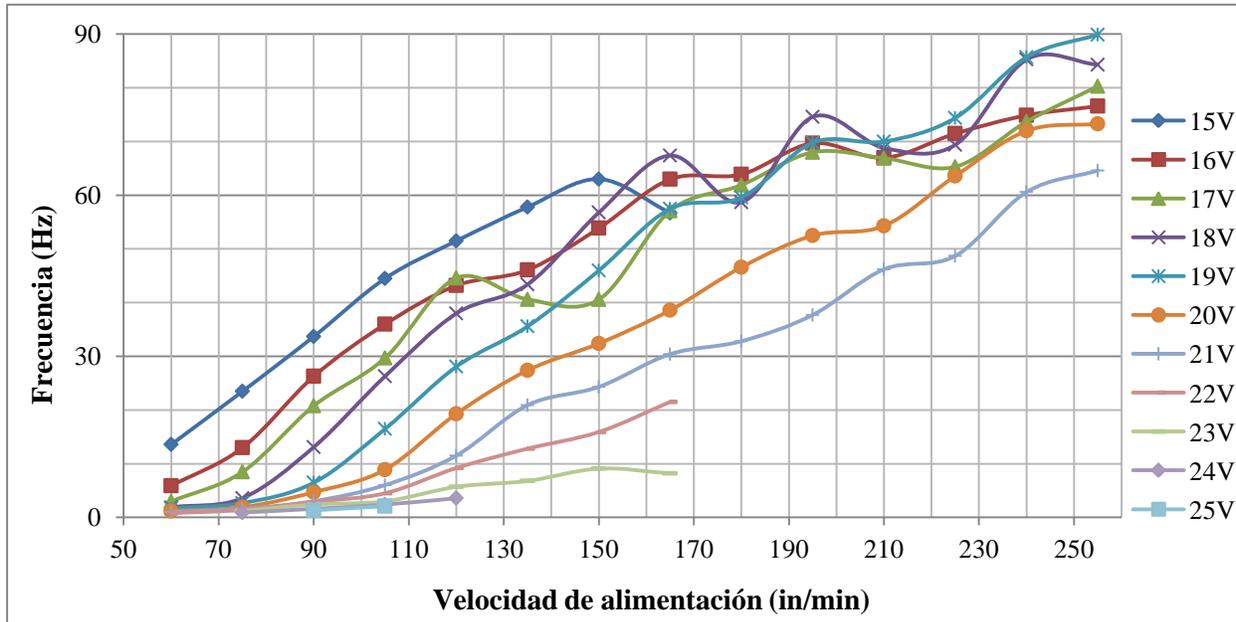


Figura 3. Mapa de frecuencia para electrodo ER308-L con gas 98% Ar-2% O₂.

A partir de 16V resulta difícil identificar el punto donde ocurre el choque del electrodo en el charco de soldadura. Más específicamente, entre 16V hasta 21V las curvas no muestran el máximo de frecuencia y su posterior caída dentro de los rangos seleccionados. Para voltajes entre 22V y 25V, el aumento en la velocidad de alimentación provoca un cambio en el modo de transferencia, de cortocircuito hacia un modo de transferencia combinado.

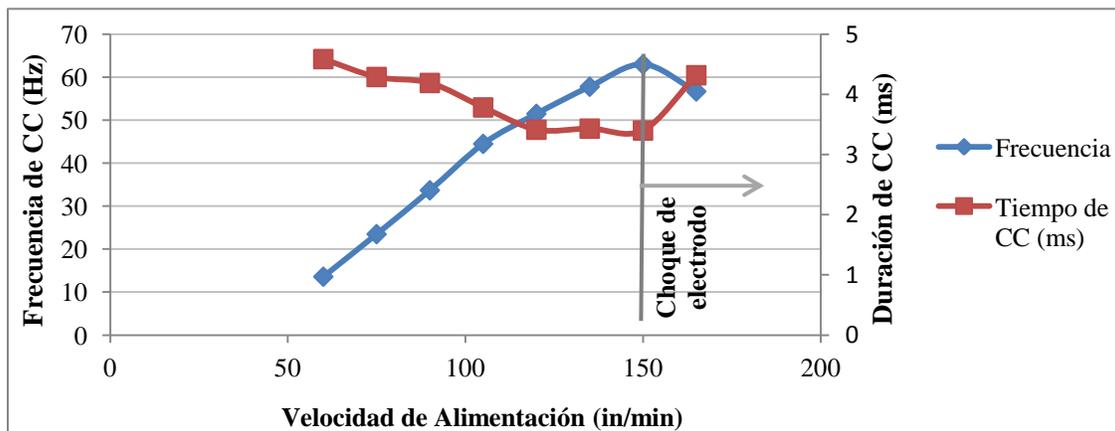


Figura 4. Frecuencia y duración de cortocircuito con voltaje nominal de 15V.

En la Figura 5 se muestra el efecto de la velocidad de alimentación en la corriente RMS de soldadura. Es muy similar a las reportadas en la literatura [5], a diferencia de que en esta gráfica se reportan condiciones específicas para cortocircuito, como las bajas velocidades de alimentación y bajos voltajes de soldadura. En la gráfica se puede observar que el voltaje no tiene una influencia significativa sobre la corriente de soldadura y que ésta siempre aumenta con la velocidad de alimentación.

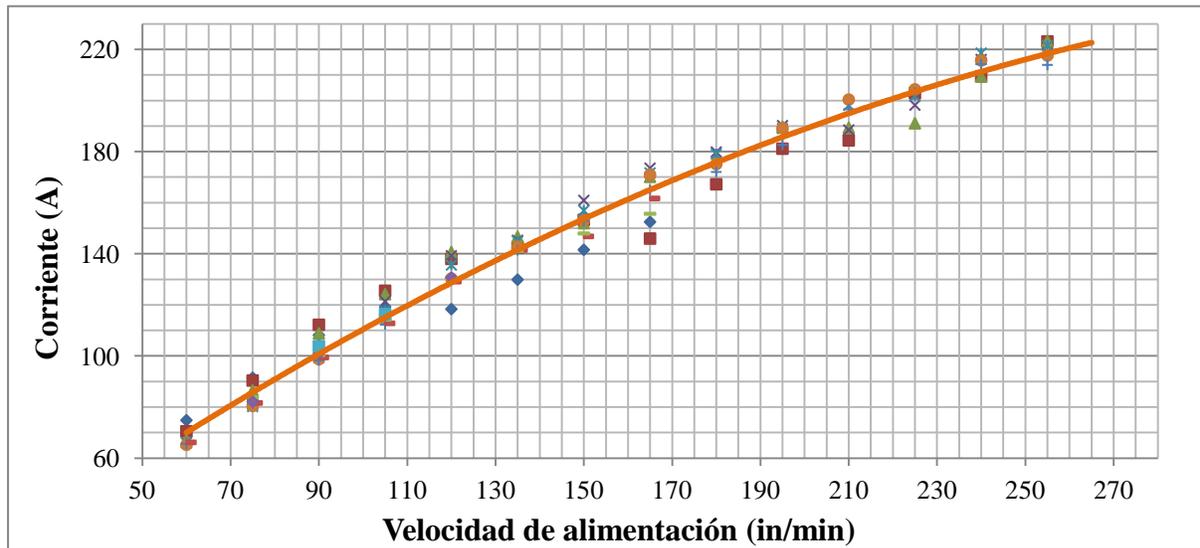


Figura 5. Corriente RMS vs Velocidad de alimentación para el electrodo ER308-L de 0.045 de diámetro.

4 CONCLUSIONES

- Se encontró que el electrodo ER308L posee un amplio rango de trabajo en el modo de transferencia por cortocircuito con una mezcla de gas de protección 98% Ar-2% O₂. Entre 17 y 21 V se puede utilizar en un amplio intervalo de velocidades de alimentación y corrientes de soldadura, lo que facilita su aplicación a nivel industrial y el desarrollo de procedimientos de soldadura para láminas delgadas y juntas con condiciones variadas de la entrada de energía.
- La corriente RMS en la soldadura depende principalmente de la velocidad de alimentación de electrodo. El voltaje no afecta significativamente este valor, más aún cuando la corriente de soldadura pudo afectarse por el cambio en la extensión del electrodo debido al cambio del voltaje, pues los ensayos se hicieron a una distancia del tubo de contacto al metal base constante.
- El fenómeno en el cual se observa choque del electrodo en el charco de soldadura a valores altos de velocidad de alimentación solo se pudo observar con un voltaje nominal de 15V. Para voltajes superiores, la transferencia de metal ocurre de forma uniforme, aunque con presencia notable de salpicadura a velocidades de alimentación más altas. Esta salpicadura es producto de la mayor corriente y la mayor fuerza de estrangulamiento (*Pinch effect*), lo que provoca un desprendimiento rápido y violento de la gota de metal fundido.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Scotti, Américo; Ponomarev, Vladimir; Lucas, William; "A scientific application oriented classification for metal transfer modes in GMA welding", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 212, No 6, p 1406-1413, 2012.
2. Hermas, J.M.; Den Ouden, G; " Process behavior and stability in short circuit gas metal arc welding", Welding Journal, April 1999.
3. Liu, S.; T. A. Siewert. "Metal transfer in Gas Metal Arc Welding: droplet rate." Welding Journal, Vol 68, No 2, p 52-58, febrero de 1989.
4. American Welding Society "Welding Handbook", Vol 2, Welding Processes, pág 110-155, Octava Edición, 1991.
5. American Welding Society "ANSI AWS C5.6 Recommended Practices for Gas Metal Arc Welding", pág 29, 1989.