

Influencia del factor de revestimiento sobre el comportamiento de un electrodo tubular para recubrimiento de piezas en la industria azucarera.

Role of the coating on the behavior of a tubular electrode to coating parts of the sugar industry.

Amado Cruz- Crespo¹, Rafael Fernández Fuentes¹, Tamara Ortiz Mendez², Américo Scotti³

¹Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Centro de Investigaciones de Soldadura(CIS), Carretera a Camajuaní, km 5.5, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. acruz@uclv.edu.cu

²Fábrica de Antenas, Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³Universidade Federal de Uberlândia, Centro para Pesquisa e Desenvolvimento de Processos de Soldagem (LAPROSOLDA), Brasil.

Resumen

En el trabajo se reporta el efecto del factor de revestimiento sobre el comportamiento de electrodos tubulares revestidos para revestimiento duro por SMAW de componentes de la industria azucarera, en cuanto a Parámetros de Consumo y Geometría de los depósitos. Los electrodos fueron fabricados con diferentes espesores de revestimiento para un diámetro del alma y composición de revestimiento invariables, a fin de valorar la influencia exclusiva del espesor. Cada factor de revestimiento (relación entre el diámetro del revestimiento y el diámetro del alma del electrodo) fue evaluado en función de la variación de la Corriente. Fueron realizados depósitos sobre chapa, evaluándose las dimensiones geométricas del cordón y los parámetros de consumo de los electrodos. Se concluye que para estos electrodos el valor de factor de revestimiento debe ser de 1,2, mostrando su mejor desempeño integral para el recubrimiento de piezas en el entorno de una corriente media de 100 A.

Palabras claves: Recargue duro; Electrodo tubular revestido; Dilución; Eficiencia de Deposición. Effect of coating factor on the performance of a tubular electrode for the hardfacing of pieces at the sugar industry

Abstract

At the paper it is reported the effect of coated factor in the behavior of coated tubular electrodes for hardfacing by SMAW of components of the sugar industry, as to consumption parameters and the geometry of the deposited metal. The electrodes were made with different coating thickness for a fixed diameter of the metal tube and coating composition, in order to value the exclusive influence that the thickness has. Each coating factor (relation between the total diameter of the electrode and the diameter

of the metal tube) was evaluated as a function of the variation in welding current. Deposits over the metal plate were made, letting evaluate the geometrical dimensions of the welding bead and the consumption parameter of electrodes. Was concluded that for those electrodes the value of the coating factor have to be 1,2 and showing the best integral performance for the hardfacing of pieces around an average welding current of 100 A.

Key words: Hardfacing; Tubular coated electrode; Dilution; Deposition Efficiency.

1.Introducción

La influencia del Factor de Revestimiento sobre el comportamiento operacional de electrodos ha sido abordada por varios autores, que en su mayor parte la vinculan al efecto cañón. Existe vínculo entre el efecto cañón y el comportamiento de la transferencia metálica, que sin dudas se manifiesta en la geometría y aspecto externo del cordón [1-3]. Además del comportamiento operacional propiamente dicho, la relación metal/escoria en el baño de soldadura influye metalúrgicamente sobre los procesos de oxidación-reducción y, consecuentemente, sobre la transferencia de elementos de aleación y afino del metal [4]. A. Mazel [5], al analizar la posibilidad de aumentar la productividad de electrodos, define el Factor de Revestimiento como uno de los recursos de intensificación: aumentando el Factor de Revestimiento se incrementa la masa posible de material que interacciona en relación al núcleo metálico y con ello la deposición de elementos aleantes. O sea, la variación del Factor de Revestimiento es un aspecto de vital importancia en la conducción exitosa del proceso de soldadura o recargue con un electrodo revestido.

La presencia de mayor o menor masa de escoria (sin que sea alterada la composición del revestimiento) influye directamente en el comportamiento operacional, mediante varios aspectos:

- 1.el Efecto Cañón, sobre el cual comentamos encima;
- 2.una mayor masa de material esta demandando energía para su calentamiento como tal y para procesos disociativos endotérmicos como lo experimentan la caliza y la dolomita [6-8];
- 3.se altera el volumen de gases que se incorpora a la columna del arco que influyen sobre la estabilidad del proceso [1, 9];
- 4.un mayor volumen de gases puede alterar las dimensiones de las gotas y el modo de transferencia, al provocar con mayor facilidad la explosión de las gotas por presión interna de los gases [1, 9];
- 5.participa una mayor cantidad de elementos aleantes y desoxidantes presentes en el revestimiento que al poseer diferentes energías de ionización también alteran la columna del arco [2];
- 6.la transferencia en gotas cubiertas de una película de escoria, si varía la relación electrodo/revestimiento puede alterarse el espesor de esta película y con ello las propiedades físicas y dimensiones de las gotas que se transfieren [1].

De otro lado, cabe señalar que el efecto del Factor de Revestimiento se ha estudiado principalmente en electrodos revestidos para soldadura, siendo un campo inexplorado el estudio del Factor de Revestimiento sobre el comportamiento operacional de electrodos tubulares revestidos para recubrimiento duro por SMAW, que constituye el objetivo central de este trabajo. El hecho de ser un alma tubular hace diferir bastante de los electrodos macizos para igual diámetro nominal del alma, pues evidentemente la conductividad y en consecuencia la densidad de corriente son menores.

Por su parte, la industria azucarera es uno de los sectores donde es ampliamente utilizado el recubrimiento por soldadura manual (proceso SMAW), dadas las probadas ventajas de este proceso en actividades de reparación, en operaciones unitarias o en lugares de difícil acceso, a lo cual se suma el relativamente bajo costo del equipamiento. Todo ello redundo en que siga siendo de alto interés la búsqueda de soluciones encaminadas a una mayor eficiencia en los procesos de recubrimiento duro en este sector, ya que el desgaste predominantemente abrasivo es una de las causas principales de deterioro de componentes.

2.Materiales y Métodos

Es premisa para la realización de este trabajo el estudio comparado de comportamiento operacional de electrodos tubulares revestidos con diferentes tamaños de grano de la ferrolaeación en el alma tubular, frente a un electrodo de alma maciza comercial de aplicación similar, reportado en una publicación precedente de los autores [10]. Para el presente estudio fueron utilizados electrodos experimentales tubulares revestidos

de 4 mm (valor nominal, referente al diámetro externo del alma tubular metálica) y 350 mm de longitud. La ferroaleación de FeCrMn aplicada en el alma del electrodo (el tamaño de grano de la ferroaleación en el alma fue $d'' 0,1$ mm) fue también descrita en un trabajo precedente [11]. Los electrodos fueron revestidos por inmersión, variando el espesor del revestimiento a través del número de capas aplicadas. Se elaboraron 2 grupos de electrodos (2 Factores de Revestimiento diferentes) que responden a los valores medios de Factores de Revestimiento siguientes: 1,2 y 2,1.

Para la obtención de los depósitos fueron realizados cordones sobre planchas de acero AISI 1020 de 200 x 30 x 9,2 mm en posición plana. Para evitar la interferencia del soldador, los depósitos fueron realizados por un simulador (sistema automatizado que procura mantener invariable la velocidad de avance, 10 cm/min, y tratando de mantener la longitud del arco lo más corta posible, fueron realizados depósitos con diferentes valores de Corriente de Soldadura (I_s). Los altos valores de Corriente de Soldadura para Factor de Revestimiento pequeño muestran un sobrecalentamiento del electrodo por efecto Joule, al tiempo que para relativamente baja corriente, cuando el Factor de Revestimiento es grande da dificultades para mantener el arco estable. En correspondencia con lo anterior, el rango de Corriente de Soldadura para evaluar cada electrodo fue obtenido mediante ensayos preliminares.

Las chapas de metal base y los electrodos fueron pesados antes de la realización de los ensayos. Después de cada ensayo fue pesada la colilla del electrodo y la plancha con el depósito, para de este modo determinar la masa de metal depositada. A los depósitos obtenidos le fueron realizados cortes transversales con disco abrasivo para la determinación de la geometría de los cordones. Las secciones cortadas (2 por cordón) fueron preparadas y atacadas con Nital al 3 % para rebelar sus dimensiones, las cuales fueron determinadas en un microscopio óptico con cámara de adquisición de imagen y acoplado a un computador. A partir de las áreas determinadas de los cordones fue calculada la dilución para los diferentes valores de corriente.

3.Resultados y Discusión

3.1 Comportamiento del consumo y la deposición en función del factor de revestimiento y la Corriente

En las figuras 1, 2 y 3 son mostrados el comportamiento de las Tasas de Fusión y Deposición; así como el Rendimiento de Deposición en función del Factor de Revestimiento y la Corriente. Del análisis de la figura 1 se hace visible algo esperado, que al aumentar la Corriente de Soldadura aumenta la Tasa de Fusión. De otra parte, se percibe que al aumentar el Factor de Revestimiento aumenta la Tasa de Fusión, lo cual es también algo esperado, ya que el Factor de Revestimiento representa la relación del diámetro del revestimiento y el diámetro del alma del electrodo y por tanto si crece esta relación crece la masa total por unidad de longitud del electrodo. En un análisis más detallado se percibe que para el electrodo de menor Factor de Revestimiento (FR1=1,2) la Tasa de Fusión ha crecido y luego muestra una leve caída, lo cual coincide con resultados reportados por los autores con anterioridad en el estudio del efecto de la corriente en electrodos tubulares revestidos con un Factor de Revestimiento constante, igual a 1,5, solo que por tratarse de Factores de revestimiento diferentes, en aquel y este caso, el cambio de dirección de la pendiente ocurre en valores diferentes de corriente [10]. De manera relativamente análoga, el electrodo de FR2=2,1 ha mostrado un crecimiento drástico y luego, aunque ha crecido, experimenta una desaceleración. Tal comportamiento de caída o desaceleración de la Tasa de Fusión de los electrodos con Factor de Revestimiento 1,2 y 2,1 se atribuye a que, producto del Efecto Joule se alcanza la temperatura de T_3 en una mayor longitud del electrodo, que hace que se consuma parte de la energía en este proceso, a la vez que se desprotege el electrodo aumentando, además, el intercambio de calor con el medio. Toda esa pérdida de energía hace que se funda menos masa total de electrodo para altas corrientes de soldadura. En el caso del electrodo con Factor de Revestimiento 1,2 (al igual que para FR=1,5 en la bibliografía referida arriba [10]) se percibe una caída porque la masa de CO_2 , liberada en el proceso de disociación del $CaCO_3$ es poca y no compensa lo que ha disminuido la fusión del alma. Ya para el electrodo con Factor de Revestimiento 2,1 la masa de $CaCO_3$ es mayor y si bien hay mayor consumo de energía en ello, parece indicar que la pérdida de masa por liberación de CO_2 compensa lo que ha disminuido la fusión del alma del electrodo.

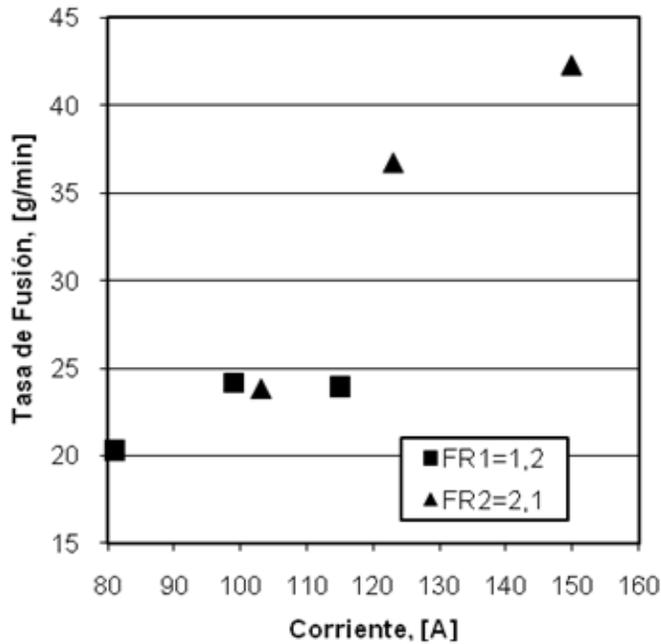


Figura 1. Dependencia de la Tasa de Fusión de la Corriente de Soldadura y del Factor de Revestimiento.

En el caso del comportamiento de la Tasa de Deposición frente a la Corriente (figura 2), se percibe que hay una tendencia a disminuir con el aumento del Factor de Revestimiento. Esto se explica a partir del hecho que, aunque sea mayor la Corriente para los mayores Factores de Revestimiento, el incremento de energía se consume en el calentamiento, disociación fuertemente endotérmica de CaCO_3 y fusión de una mayor masa de revestimiento, a la vez que el alma del electrodo sigue siendo invariable, o sea el incremento de energía no se invierte en metal fundido a depositar en el cordón. Es apreciable en la figura 2 que los electrodos, tanto con Factor de Revestimiento 1,2 y 2,1, muestran un crecimiento con una caída posterior al aumentar la corriente, lo cual coincide con el comportamiento de la Tasa de Fusión en función de la Corriente, comentado arriba para estos electrodos (figura 1), coincidiendo también, con resultados precedentes reportados por los autores en el estudio del efecto de la corriente en electrodos tubulares revestidos con un Factor de Revestimiento constante, igual a 1,5 [10].

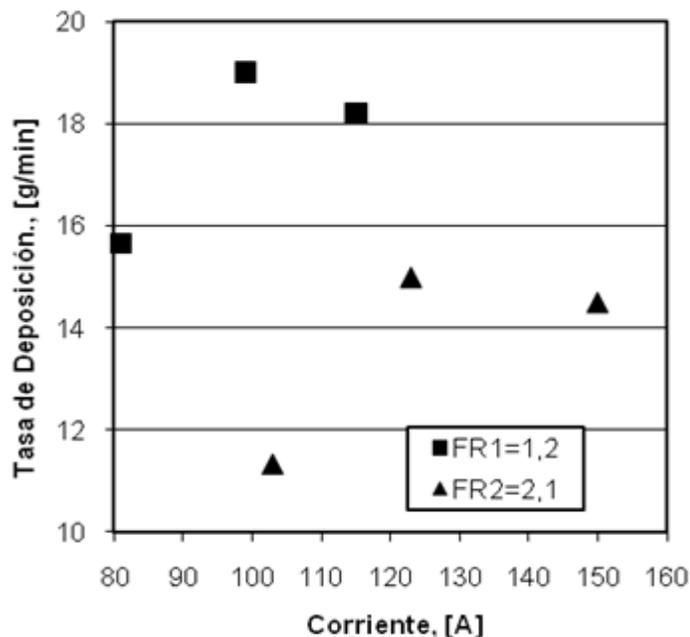


Figura 2. Comportamiento de la Tasa de Deposición con la Corriente de Soldadura y con el Factor de Revestimiento.

Si se analizan de conjunto las figuras 1 y 2 vemos que hay una tendencia a aumentar la Tasa de Deposición con el aumento de la Tasa de Fusión, al mismo tiempo que disminuye con el aumento del Factor de Revestimiento. De lo que se trata es que, al aumentar el Factor de Revestimiento se esta aumentando la masa del sistema de escoria del electrodo, para una condición invariable de la masa de la carga aleante del alma, entonces se consume más masa y potencialmente la que se deposita es la misma. Lógicamente, esto no es la única razón de diferencia pues es visible que hay variaciones significativas en el efecto de la Tasa de Fusión sobre la Tasa de Deposición para un mismo Factor de Revestimiento, ya en este caso porque ha variado la Corriente. El hecho que en un electrodo con Factor de Revestimiento dado, a partir de determinado valor de Tasa de Fusión, la Tasa de Disposición no crezca cuando ha sido variada la Corriente se atribuye a que son aumentadas las probabilidades de pérdidas por oxidación de elementos, relacionado ante todo a un mayor calentamiento por efecto Joule que condiciona a su vez, de un lado una mayor interacción (mayor probabilidad de procesos oxidativos con generación de calor) y de otro lado al aumentar la temperatura del electrodo aumenta su resistividad enfatizando el propio efecto Joule y las pérdidas por oxidación [6].

En el caso del Rendimiento de Deposición, mostrado en la figura 3, es bien nítida la tendencia general de disminución con el aumento del Factor de Revestimiento, lo cual es reflejo de los comportamientos de las figuras 1 y 2. Explicado esto por lo ya planteado de que aumenta la masa del sistema de escoria en la unidad de longitud de electrodo para una masa invariable del sistema aleante del alma del electrodo tubular (material a depositar).

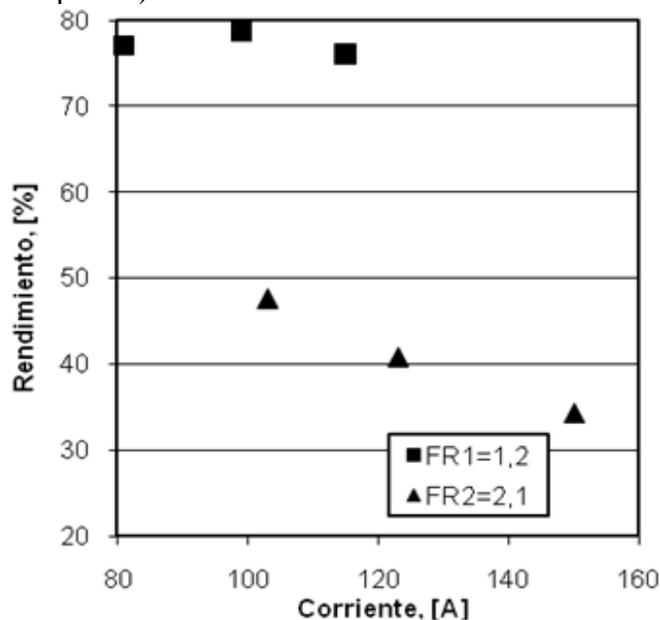


Figura 3. Comportamiento del Rendimiento con la Corriente de Soldadura y con el Factor de Revestimiento.

De la observación de la figura 3 se percibe que para el Factor de Revestimiento 1,2 las variaciones del Rendimiento son imperceptibles. Un análisis más detallado con relación a la corriente, y contrastando con valores reportados por los autores en un trabajo precedente para un Factor de Revestimiento 1,5, nos da que los valores de Rendimientos obtenidos aquí para el factor 1,2 se ubican por encima de los valores obtenidos para el Factor de Revestimiento 1,5, lo cual deja clara la coherencia obtenida en el comportamiento [10]. Ya en el caso del electrodo con Factor de Revestimiento 2,1 se aprecia una clara disminución del Rendimiento al aumentar la Corriente, lo cual como se puede apreciar en la propia figura 3 pudiera responder a un mayor rango de variación de la Corriente, comparado con Factores de Revestimiento menores. Este descenso continuo del Rendimiento con el aumento de la Corriente es también

coincidente con lo reportado en el trabajo precedente recién referido encima [10]. El hecho que disminuya el Rendimiento a partir de determinado valor de Corriente para un Factor de Revestimiento dado, es explicable por lo ya abordado sobre el aumento de las probabilidades de pérdidas por oxidación. O sea, que podemos sintetizar que es gobernante el Factor de Revestimiento sobre el Rendimiento, pero cuando este no varía, si el rango de variación de la Corriente es amplio, el Rendimiento es influenciado. De otra parte, es casi una conclusión evidente que la capacidad potencial de producción de los electrodos es mayor para menores Factores de Revestimiento por dos razones a un mismo tiempo: mayor deposición por una mayor masa depositada respecto a la consumida y la posibilidad de trabajar con menor corriente (menor energía).

1.1 Comportamiento de la geometría de los depósitos

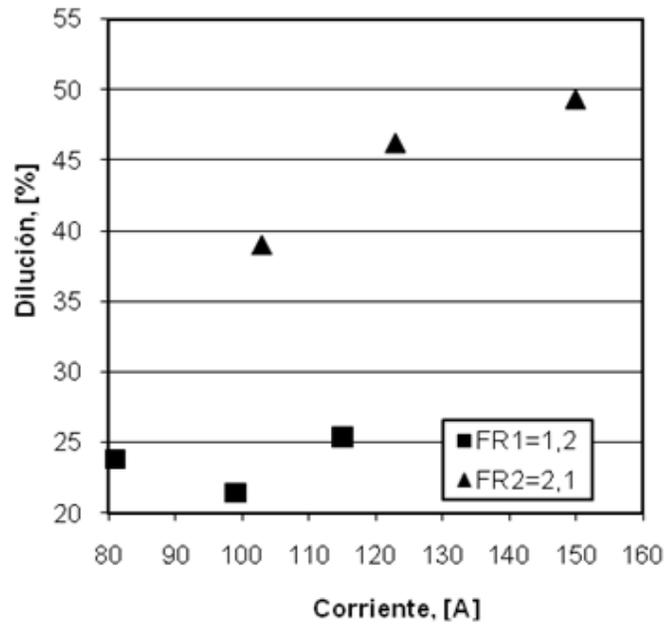
En términos generales, cuando se habla de un proceso de recubrimiento duro, el aspecto más importante desde el punto de vista de la geometría de los depósitos es la Dilución, pues ella determina la calidad del material que se deposita, siendo evidentemente un criterio adoptado, que la menor Dilución es siempre favorable para la calidad del recubrimiento. En tal sentido, en la figura 4 se muestra el comportamiento de la Dilución con la variación de la Corriente de Soldadura y el Factor de Revestimiento. En dicha figura se advierte que el comportamiento de la Dilución frente a la Corriente no se manifiesta igual para los electrodos con diferentes Factores de Revestimiento ($FR1=1,2$ y $FR2=2,1$). Por otra parte, el electrodo con Factor de Revestimiento de 2,1 coincide plenamente con resultados anteriores reportados por los autores para electrodos tubulares con Factor de Revestimiento de 1,5, donde se advierte un aumento de la Dilución con el aumento de la corriente [10]. Es válido señalar que en el referido trabajo el rango de variación de los valores de Corriente era muy superior al del presente. En tal sentido, el estrecho rango de variación de la Corriente para el electrodo con $FR1=1,2$ explica por qué la Dilución se ha mantenido prácticamente constante.

Se advierte que la Dilución aumenta en función del Factor de Revestimiento. De lo que se trata aquí es de algo que ya abordamos al explicar el comportamiento de la Tasa de Deposición de la figura 2, al crecer el Factor de Revestimiento una mayor masa de electrodo esta demandando energía, frente a una masa potencial a depositar constante (masa del alma invariable), traduciéndose todo esto en menor deposición y consecuentemente se altera la relación volumétrica de metal depositado y el metal base fundido.

Un comentario importante a realizar es que al comparar con los resultados ya reportados en un trabajo previo para este tipo de electrodo tubular revestido, pero con Factor de Revestimiento de 1,5 se lograba obtener para los mejores resultados de Tasa de Deposición (en el rango 15-19 g/min) un Coeficiente de Dilución de alrededor de 30 -35 % [10], mientras que aquí, según las figuras 2 y 4, para el electrodo de Factor de Revestimiento 1,2 y para aproximadamente el mismo rango de valores de Tasa de Deposición se logra un Coeficiente de Dilución de alrededor del 25 %.

Se puede resumir que los electrodos con menor Factor de Revestimiento (Factor de Revestimiento 1,2) presentan el mejor comportamiento al mostrar la menor Dilución (figuras 4), la cual se comporta, para este electrodo, con poca variación dentro del rango de valores de Corrientes de Soldadura estudiados.

Figura 4. Comportamiento del Coeficiente de Dilución en función de la Corriente y del Factor de Revestimiento.



Ya particularizando en los parámetros geométricos lineales, para el caso de la Penetración (figura 5) se aprecia que un menor Factor de Revestimiento se vincula a una menor Penetración. Esto en primera instancia se relaciona a que el aumento del Factor de Revestimiento condiciona a trabajar con mayores Corrientes de Soldadura y también porque al aumentar el Factor de Revestimiento aumenta el Efecto Cañón que conduce a una mayor presión del arco, incidiendo más directamente sobre la poza de fusión.

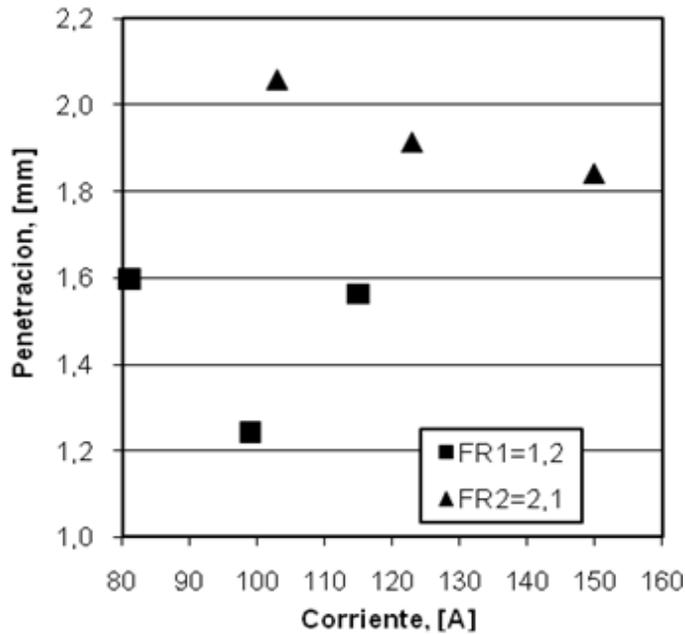


Figura 5. Comportamiento de la penetración del cordón en función de la Corriente y del Factor de Revestimiento.

En el caso del Ancho, en la figura 6 se advierte que crece con el aumentó del Factor de Revestimiento y también crece para un Factor de Revestimiento dado en función de la Corriente. La tendencia de comportamiento para un electrodo dado en función de la corriente es clásicamente abordada en la literatura y es a su vez coincidentes con el comportamiento obtenido por los autores con anterioridad para este tipo de electrodo con Factor de Revestimiento igual a 1,5 [13].

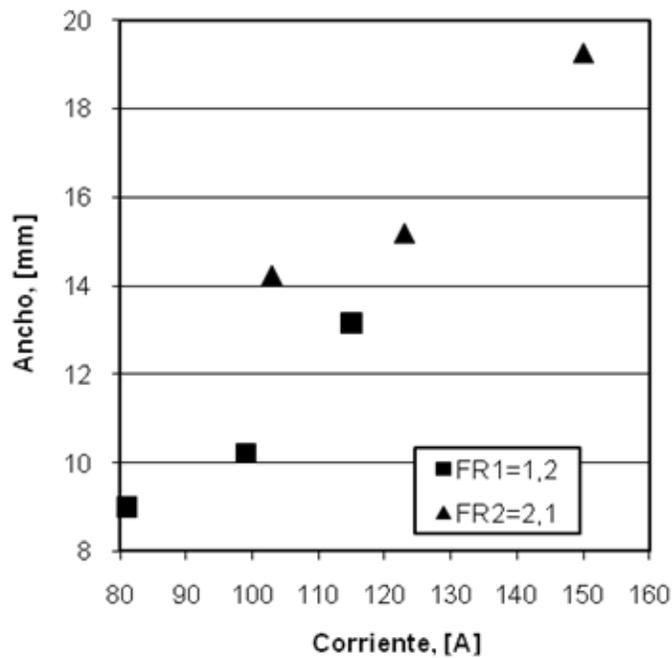


Figura 6. Variación del ancho de los depósitos con la variación de la Corriente de Soldadura y el Factor de Revestimiento.

En el caso del Refuerzo frente a la Corriente y el Factor de Revestimiento, mostrado en la figura 7, hay una clara disminución con el aumento del Factor de Revestimiento, mientras que la Corriente para un electrodo de Factor de Revestimiento dado no ejerce un efecto apreciable.

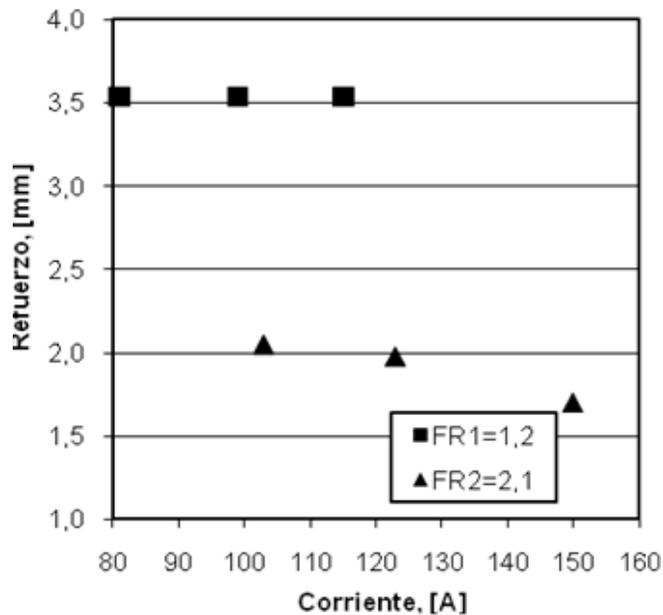


Figura 7. Variación del refuerzo de los depósitos con la variación de la Corriente de Soldadura y el Factor de Revestimiento.

La poca variación del Refuerzo frente a la Corriente para un Factor de Revestimiento dado (figura 7) coincide con los resultados obtenidos con precedencia para este tipo de electrodos con Factor de Revestimiento igual a 1,5 [13]. Es algo notable que los resultados reportados en el trabajo recién citado se insertan, en cuanto a valores en el entorno de 3 mm, o sea entre los obtenidos aquí para Factor de Revestimiento 1,2 y 2,1, respectivamente, siendo esto una cierta evidencia de la regularidad obtenida del efecto del Factor de Revestimiento sobre el Refuerzo.

4. Conclusiones

1. La capacidad potencial de producción de los electrodos es mayor para menores Factores de Revestimiento por una mayor masa depositada respecto a la consumida. La Tasa de Fusión crece con el Factor de Revestimiento, en cuanto que la Tasa de Deposición decrece, a la vez que para un Factor de Revestimiento constante la Tasa de Deposición tiende a crecer con la Corriente.
2. Los electrodos con menor Factor de Revestimiento (Factor de Revestimiento 1,2) presentan el mejor comportamiento desde el punto de vista de la geometría al mostrar la menor Dilución. A su vez, este electrodo brinda los mejores resultados (la menor Dilución) para un valor intermedio de Corriente de alrededor de 100 A. Con respecto a la Corriente la Dilución muestra un comportamiento irregular, tendiendo a crecer con el Factor de Revestimiento. La Penetración muestra una tendencia a crecer con el Factor de Revestimiento, al igual que el Ancho, mientras que el Refuerzo decrece. Para un Factor de Revestimiento dado el Ancho crece con la Corriente, mientras el Refuerzo y la Penetración no muestran un comportamiento regular.
3. Los criterios unificados de parámetros de consumo y geometría, permiten definir que el menor Factor de Revestimiento, igual a 1,2, ofrece los mejores resultados para el recubrimiento de componentes en el sector azucarero, al brindar la mayor Eficiencia de Deposición (Rendimiento) con la menor Dilución, manifestando el mejor desempeño alrededor de 100 A.

5. Agradecimientos

Agradecemos a CAPES (Brasil) y al MES (Cuba) por el apoyo brindado en el marco del Proyecto CAPES/MES CUBA 59/2009.

6. Referencias

- [1] A. García-Rodríguez, C. R. Gómez, Comportamiento del tiempo de duración, la frecuencia de los cortocircuitos y la conductividad eléctrica durante el pico de reencendido del arco. *Soldag. insp.* 14 (1) (2009) 58-65.
- [2] J. W. SOWARDS, J. C. LIPPOLD, D. W. DICKINSON, A. J. RAMIREZ, Characterization of Welding Fume from SMAW Electrodes. *Welding Journal* 4 (2008) 206-112.
- [3] N. M. R. De Rissone, J. P. Farias, I. De Souza Bott, E. S. Surian, ANSI/AWS A5.1-91 E6013 Rutile Electrodes: The Effect of Calcite. *Welding Journal* 7 (2002) 113-124.
- [4] N. Vornovitsky, B.V. Semendiaev, M.I. Kucherova, D.V. Arsyukov, Regulating Splashing of Electrode Metal in Manual Arc Welding. *Welding Internacional* 21 (2) (2007) 157- 159.
- [5] Yu. Amazel, Development of high-productivity high-alloyed electrodes. *Welding International* 20 (11) (2006) 913- 917.
- [6] A. García, C. R. Gómez, Criterios sobre algunas Metodologías de Caracterización Operativa de Electrodo Revestidos en la Soldadura en Modo de Transferencia Metálica por Cortocircuitos. *Soldag. insp.* 13 (2) (2008) 141-149.
- [7] T. P. Quinn, A. Q. Bracarence, S. Liu, A Melting Rate and Temperature Distribution for Shielded Metal Arc Welding Electrodes. *Welding Journal* 12 (1997) 532-538.
- [8] A. Q. Bracarence, S. Liu, Chemical Composition and Hardness Control by Endothermic Reaction in the Coating of Covered Electrodes. *Welding Journal* 12 (1997) 509-516.
- [9] P. G. H. Pistorius, S. Liu, Changes in Metal Transfer Behavior during Shielded Metal Arc Welding. *Welding Journal* 8 (1997) 305-315.
- [10] A. Cruz-Crespo, A. Scotti, M. R. Pérez, Operacional Behaviour Assesment of Coated Tubular Electrodes for SMAW Hardfacing. *Journal of Materials Processing Technology* 199 (2008) 265-273.
- [11] A. Cruz-Crespo, L. Perdomo, M. R. Pérez, R. Fernandez, T. M. Ortiz, Obtención de un fundente aglomerado aleado y un electrodo tubular revestido con el empleo de FeCrMn y escoria de la reducción carbotérmica de minerales. Congreso da Sociedade Brasileira de Soldagem, Belo Horizonte, Oct. (2006).
- [12] A. Cruz-Crespo, R. Fernández, A. Scotti, Efecto sobre la Dilución de la Granulometría de la

Ferroaleación en el Alma de Electrodo Tubulares Revestidos bajo la Influencia de la Composición del Revestimiento. Soldag. insp. 16 (1) 079-085 (2011).

[13] A. Cruz-Crespo, A. Scotti, M.R. Pérez. Estudio comparativo de los parámetros de consumo y geometría de los depósitos de electrodos tubulares revestidos para recargue. 8° Congreso Iberoamericano, Perú, Oct (2007).