
RECONSTRUCCIÓN Y/O REPARACIÓN DE PIEZAS DE FUNDICIÓN GRIS POR MEDIO DE SOLDADURA AL ARCO (SMAW)

Byron José Bonilla Chang

Mtro. en Ingeniería de Mantenimiento
byronbonilla25@hotmail.com

Roberto Alejandro Aguilar Rivas

Asesor
Dr. en Metalurgia
raarivas@hotmail.com

Resumen

En Guatemala para el 2015 la carencia de una metodología e información técnica que coadyuve a resanar y reconstruir piezas de fundición empleando soldadura por arco protegido (SMAW), determina la creación de una metodología de reparación y/o reconstrucción de piezas de fundición de hierro gris y nodular, que posee como objetivo mejorar las técnicas empleadas, resaltando los resultados macro y micro estructurales obtenidos por el proceso de unión, interactuando tanto los materiales de base como los de aporte utilizados, así como las técnicas de soldeo implementadas.

El análisis de los resultados se llevó a cabo por medio de observaciones metalográficas resaltando el efecto post-soldadura por medio de estudios metalográficos en probetas representativas de la fundición gris y nodular, así como materiales de aporte existentes en el país, con la aplicación del método desarrollado por Aguilar Rivas y Celada (2012), el cual presentó una disminución, desplazamiento y distribución de los picos de dureza obtenidos, mejorando en un 17 % a 24 % en fundición gris y 8 % a 12 % en fundición nodular con respecto al método convencional.

Palabras clave

Soldadura (SMAW), fundición de hierro gris, fundición de hierro nodular, Zona Afectada por el Calor (ZAC).

Abstract

In Guatemala in 2015 the lack of a methodology and technical information that contributes to resurface and reconstruct molding using Shielded metal arc welding (SMAW), helps in determines the creation of a methodology for repair and / or reconstruction of parts of gray cast iron and nodular, which has the objective of improving the techniques used, highlighting the macro and micro structural results obtained by the bonding process, interacting both the base materials used as filler and implemented welding techniques.

The results of the analysis was conducted by metallographic observations, highlighting the post-welding effect by metallographic studies on representative samples of gray and nodular cast iron) and materials existing contribution in the country. With the application of based method developed by Aguilar Rivas and Celada (2012), which showed a decrease, displacement and distribution of peaks obtained hardness, improving by 17 % to 24 % of gray cast iron and 8 % to 12 % in nodular cast iron with respect to conventional method.

Keywords

Welding (SMAW), gray cast iron, nodular cast iron, Heat affected Zone (HAZ).

Desarrollo del estudio

El desarrollo del proyecto se identifica como tipo cualitativo, debido a que se realizan análisis de medición de dureza, metalografías y líquidos penetrantes y se efectúa en tres fases. La primera fase es de carácter descriptiva, con generalidades, bases teóricas y de diseño de la investigación.

La segunda fase se fundamenta con el diseño de parámetros de soldadura y el desarrollo del método propuesto, efectuando ensayos empíricos y la evaluación del proceso; la fase tres con el análisis de resultados. Las fases 2 y 3 se describen a continuación:

1. Se inicia con la identificación del material base (en este caso, fundición gris clase 35 tipo A y fundición nodular 65-45-12), efectuando ensayos de chispa, ensayos metalográficos y ensayos de dureza, según las normas ASTM E18, A956 y E407.
2. Se procedió a realizar los ensayos de soldadura en 4 series, acorde al método propuesto por Aguilar Rivas y Celada (2012):
 - a. Fundición gris con electrodo ENiCl
 - b. Fundición gris con electrodo ENiFeCl
 - c. Fundición nodular con electrodo ENiCl
 - d. Fundición nodular con electrodo ENiFeCl

Exponiendo cada una de las series a temperaturas en rangos que varían desde 0°C, 200°C, 300°C, 500°C en precalentamiento y 300°C constante a lo largo del proceso de soldadura.
3. Finalizado el proceso, se procede a un enfriamiento lento controlado, cubriendo las probetas trabajadas con material aislante (cal hidratada, utilizada artesanalmente en el medio guatemalteco).
4. Posterior a los ensayos, se procede con la evaluación del método, utilizando líquidos penetrantes, ensayos de dureza y metalográficos para el análisis de resultados y selección del método.

Resultados obtenidos

Se logró disminuir la variación en las propiedades y microestructuras en las zonas afectadas por el calor, y se evitó que en las áreas adyacentes al cordón de soldadura se produjeran microfisuras, estructuras martensíticas y zonas de fundición blanca, las cuales poseen mayor dureza, y en consecuencia, mayor fragilidad.

1. Ensayos metalográficos

En la Figura 1, se observa un cambio en la microestructura de las probetas a medida que se aumenta la temperatura de precalentamiento del proceso, y el comportamiento de los materiales al momento de fusionarse (material base y material de aporte) según las temperaturas estudiadas para el proceso de soldadura. A medida que aumenta la temperatura de precalentamiento puede notarse mayor dispersión del grafito (según su disposición y forma) en la zona de fusión, mientras que a temperaturas de precalentamiento menores se hace evidente cierta división existente entre ambos materiales (menor fusión).

2. Ensayos de dureza

Las curvas que se visualizan en la Figura 1, muestran patrones de comportamiento similares entre sí en cuanto a forma y dureza, en el caso de cada temperatura evaluada con diferente tipo de electrodo en ambos tipos de material base (fundición gris y fundición nodular). Puede observarse la tendencia a la disminución y desplazamiento de dureza en dirección cordón-material base, a medida que aumenta la temperatura de precalentamiento, obteniendo mejores resultados los ensayos efectuados a 300°C de temperatura en forma constante, como puede visualizarse en las curvas (triángulos, ensayos con electrodos ENiFeCl; círculos, ensayos con electrodos ENiCl), respecto a los ensayos efectuados con diferentes temperaturas.

Las mediciones fueron efectuadas a partir del centro del cordón de soldadura, en los puntos indicados en la imagen representativa del corte del mismo, ubicada dentro del área del gráfico.

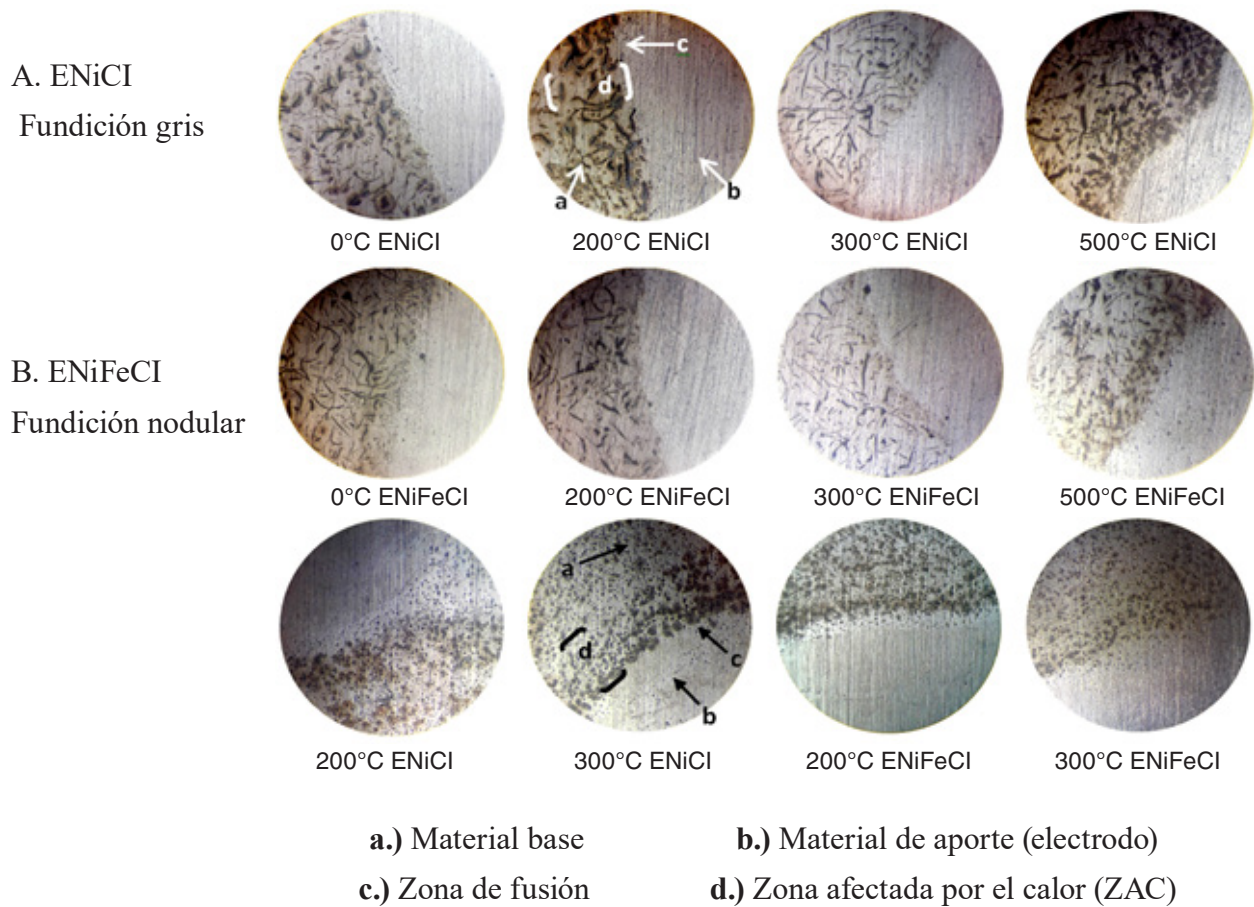


Figura 1. Metalografías de resultados x100 de aumento.
Fuente: elaboración propia.

Discusión de resultados

1. Para iniciar el proceso de soldadura, la temperatura de precalentamiento es vital para el manejo adecuado y deposición del material de aporte, (influye directamente sobre el acabado del cordón de soldadura y propiedades mecánicas finales).
2. Considerar el volumen del elemento a reparar (metal base), por la tendencia natural de los elementos a buscar el equilibrio térmico, definido por la ley cero de la termodinámica, absorberá el calor generado en el proceso, y lo distribuirá en el resto del cuerpo, puede perjudicar el resultado final, por un enfriamiento rápido.
3. Considerar un enfriamiento lento de la pieza trabajada para compensar la diferencia de los coeficientes de dilatación de ambos materiales. Debido a estas diferencias termodinámicas y al efecto de la diferencia de coeficientes, surge la necesidad de precalentar la pieza (material base) en consideración a su volumen.
4. La temperatura de fusión del hierro fundido es menor que la del níquel. De la misma manera, la velocidad de enfriamiento del níquel es inferior, debido a un coeficiente de transferencia calórica menor a la de una fundición.

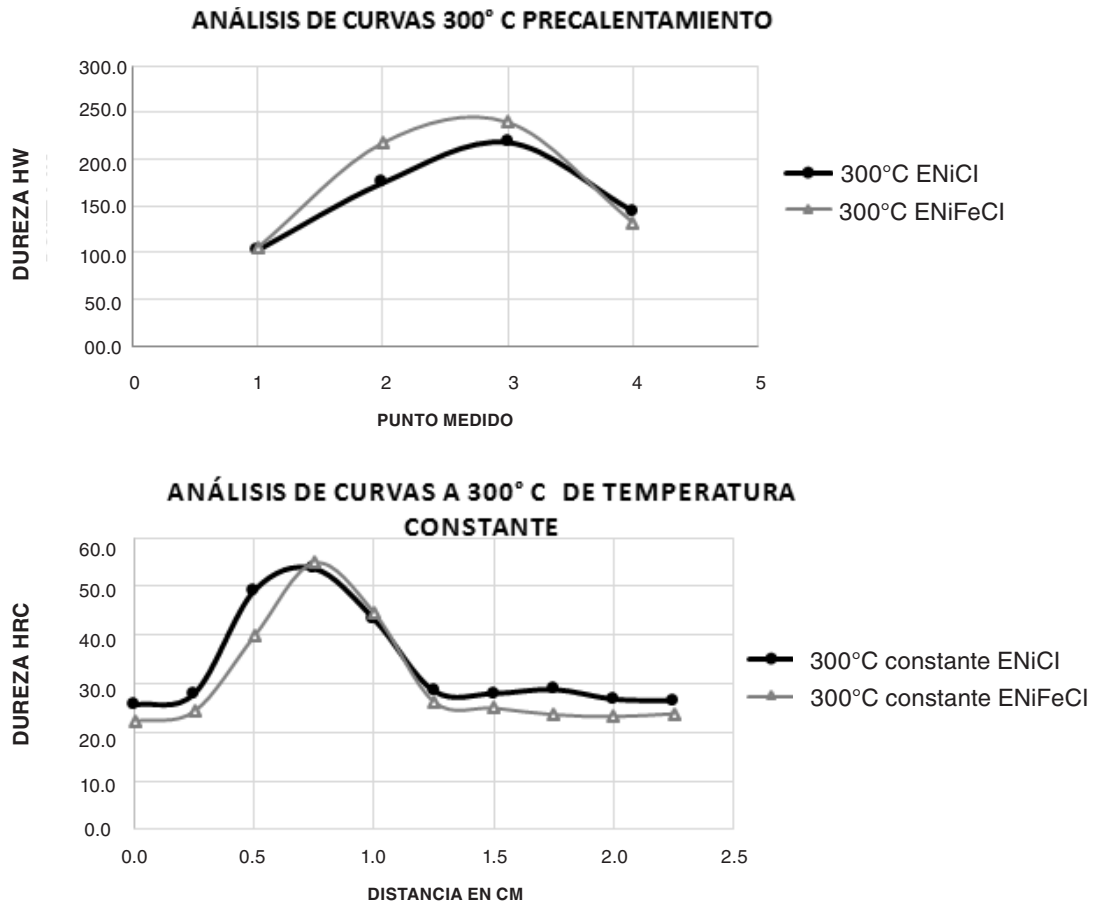


Figura 2. Curvas características con las diferentes temperaturas de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

1. La selección del material de aporte, según los resultados y acabados finales demuestran que los electrodos de níquel (ENiCl) presentan mayor ductilidad que el electrodo níquel-hierro (ENiFeCl), en donde los resultados de dureza dependerán de las temperaturas de trabajo aplicadas; en caso de malas prácticas de soldadura, aumentan los niveles de dureza.
2. Para la aplicación del método se requiere ambientes secos, protección de la pieza a tratar (sin humedad ni ráfagas de viento), se debe considerar la rapidez de avance de la soldadura (por el comportamiento del electrodo al fundirse), cordones de soldadura entre 5 a 8 cm y el orden de realización de los cordones de soldadura, según la morfología de la pieza.
3. La temperatura adecuada para el proceso de soldadura se encuentra entre los rangos de $300^{\circ}\text{C} \leq T^{\circ}\text{C} < 400^{\circ}\text{C}$ de forma constante, según lo indican los resultados obtenidos. Los resultados finales se reflejarán directamente en la aplicación de tratamientos térmicos adecuados (pre, durante y posterior al proceso de soldadura).

Recomendaciones

En cuanto al material de aporte

1. Debe considerarse las temperaturas de trabajo recomendadas, para ambos tipos de electrodo debido a que la omisión aumentará considerablemente los niveles de dureza de la pieza dificultando su maquinabilidad presentando los fenómenos mencionados por malos procesos de soldadura.
2. Se recomienda utilizar electrodos de diámetro pequeño, para reducir el amperaje del proceso.

Referente al proceso

3. Efectuar el proceso de soldadura de inicio a fin, sin realizar paros durante el proceso, para obtener resultados satisfactorios.
4. Depositar el material de aporte con pequeñas ondulaciones, depositando el material semejante a la realizada con soldadura oxiacetilénica, por el comportamiento que presenta al momento de la aplicación.

En cuanto a temperatura

5. Evitar reducir excesivamente la velocidad de avance o efectuar cordones de soldadura largos, ya que puede producirse sobrefusión, incrustación de escoria o poros superficiales producidos por partículas en suspensión sobre la piscina de fundición y su lenta solidificación, por aumentos excesivos de temperatura.
6. Efectuar un revenido final, para liberar tensiones internas surgidas por el proceso.
7. Se sugiere darle continuidad a las líneas de investigación del área de Diseño y Metalurgia de la Soldadura, al efectuar ensayos considerando los diferentes tipos de fundición, tanto la gris (clases 20, 40, 60, etc., o tipos B, C, D y E), como en otros tipos de fundición para verificar si los resultados son similares o difieren, basándose en la metodología propuesta.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, R. (2011). *Solidificación de metales y aleaciones y el mecanismo de cierre de la vena fluida durante los ensayos de fluidez (Ensayo Metodológico). Proyecto de investigaciones metalúrgicas*. Guatemala : EMI, FIUSAC.
- ASM International. (2005). *Welding Brazing and soldering. Metals Handbook*. 6. (s.n.), 2873.
- Celada, E. (2012). *Metodología para el reacondicionamiento de ejes de acero al carbono, AISI 1045, por medio de soldadura*. (Tesis de Ingeniería Mecánica). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Chicas R. & Aguilar Rivas R. A. (2013). *Fallas características en soldaduras especiales. origen y prevención (casos reales). Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas*, Guatemala : EIM, FIUSAC.