

Influencia de los parámetros de corte con electrodo en las características de la zona de influencia térmica (ZIT).

R. Batista Sánchez, R. Collazo Carceller, E. Fraga, C. Figueroa Hernández.

Facultad de Ingeniería Mecánica ISPJAE, Calle 127 s/n. Marianao, Ciudad Habana.

Tel.2671208, Fax: 2671208, Email: batista@mecanica.ispjae.edu.cu

(Recibido el 12 de enero del 2001, aceptado el 14 de abril del 2001.)

Resumen

El presente trabajo trata sobre las características microestructurales de la zona de influencia térmica con el uso del electrodo BISECOR, así como el régimen óptimo de trabajo.

Palabras claves: Características microestructurales, zona de influencia térmica, electrodos, régimen de trabajo.

1. Introducción.

Hace más de un siglo que, gracias a la labor del académico V.V. Petroff y los ingenieros N.N. Bernardos y N.G. Slavianoff se incursiona en el campo de la soldadura, donde ha surgido un gran número de procedimientos con diferentes tipos de electrodos para dar respuesta a los problemas de unión de materiales metálicos[2].

Pero no siempre los electrodos se han usado para unión de metales, sino también para el corte y ranurado de los mismos.

En la constante labor de la industria, es cotidiano el corte de piezas y perfiles con diferentes métodos, entre los que se destacan el uso de corte por oxígeno y acetileno, y el corte con electrodo. En la actualidad este último ha aumentado su uso a causa del elevado precio a que se cotiza el acetileno.

De aquí que producto del interés desarrollado por diferentes usuarios, así como por la poca experiencia del uso del mismo, se decidió llevar a efecto el presente trabajo, con el objetivo de brindar un estudio de las características básicas de los principales materiales que se empean y las características de la zona de influencia térmica (ZIT) después del ranurado para su posterior unión.

2. Desarrollo.

A continuación se mencionan las características básicas de los tres materiales estudiados :

Acero 20

Acero 65 Mn

Fundición gris laminar.

- **El acero 20** es un acero de bajo porcentaje de carbono, usado principalmente para estructuras, columnas, vigas y puentes; de aquí el seudónimo de estructural. Presenta muy buenas características de soldabilidad.
- **El acero 65 Mn** es utilizado en la elaboración de resortes, ballestas, excéntricas y otras piezas que trabajan en condiciones de rozamiento, contiene aproximadamente 0,6-0,7 % C y 1,55 % Mn.
- **Las fundiciones grises** presentan aproximadamente 3,4 % de carbono, 0,5 - 0,8 % de manganeso, 1,0-3,0% de fósforo y 0,1-0,3 % de azufre. Su uso es en piezas de moldeo, como bancadas de máquinas herramientas, carcazas de reductores y blocks de motores.

Los dos últimos materiales presentan soldabilidad limitada por el elevado contenido de carbono, que promueve una serie de características, como bajo límite de elasticidad,

baja contracción, son propensos a la formación de estructuras duras y presentan un bajo punto de fusión, que limita su soldadura prácticamente a la posición plana [3].

Pero no sólo basta conocer las características principales de dichos materiales, ya que después del corte y ranurado las propiedades de la ZIT cambian considerablemente en dependencia de la composición de estos, afectando su soldabilidad.

Es conocido que el electrodo aventaja al oxicorte en la preparación de la raíz de las uniones, en el corte de aceros aleados, fundiciones y aleaciones no ferrosas.

En la operaciones de recuperación, es muy usual el empleo del corte y del ranurado para la eliminación de defectos, tales como poros y grietas, operaciones estas, en las cuales también es más aconsejable el empleo del arco eléctrico. Es bueno aclarar que cuando el corte se realiza automatizado con empleo de oxígeno y acetileno, los acabados son buenos, pero el método se ajusta poco a los casos de recuperación.

3. Aspectos de la modelación matemática.

Para evaluar el efecto en la zona de influencia térmica (ZIT) del corte con electrodo, fueron seleccionados aquellos parámetros de operación con mayor incidencia en la calidad del proceso, según ha mostrado la experiencia diaria y recopilada atendiendo a la opinión de expertos. En el presente trabajo, el análisis experimental fue realizado tomando en consideración la intensidad de corriente y el ángulo de corte. El diseño experimental respondió a una modelación matemática de tipo factorial 2^k donde:

k – variable a evaluar (intensidad y ángulo).

2 – indica los niveles en que se deben evaluar cada variable.

Orden del experimento.

Se escogió un rectificador con rango de intensidad de corriente eléctrica desde 30 hasta 300 Amperes (A), se instaló un amperímetro en serie para constatar el valor de la corriente y un voltímetro en paralelo, para evaluar la caída de voltaje en el circuito, se seleccionó un técnico en soldadura de máxima calificación y un cronómetro. Se prepararon los juegos de probetas con iguales dimensiones de los materiales ya mencionados, es decir:

Longitud (L) = 100 mm
Ancho (a) = 50 mm
Altra (h) = 20 mm.).

Fueron elaboradas las ranuras para los diferentes materiales con los valores correspondientes para cada nivel (una sola pasada). De esta forma el modelo matemático y la matriz del experimento toman la siguiente configuración [4]:

$$Y = b_0 + b_{1X1} b_{2X2} + b_{12X12}. \quad (1)$$

$$D = \begin{Bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ 1 & 1 \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Siendo la ecuación (1) la que relaciona los factores cualitativos y cuantitativos, mientras que la ecuación (2) expresa la matriz conformadora del experimento.

En estos caso los rendimientos obtenidos son:

- Tipo de estructura obtenida (factor cualitativo).
- Dimensión de la ZIT (factor cualitativo).
- Dureza de la ZIT (factor cuantitativo)

Para el electrodo **BISECOR** de fabricación cubana que cuenta con una composición :

Núcleo Ø 4mm.

C – 0,08 %

Si—0,2 %

Mn—0,5 %

S y P ≤ 0,035 %

Revestimiento : Celulósico.

Polvo de hierro

Aluminio

Oxido de hierro

Se tomaron dos niveles de intensidad de corriente para el rango permisible, los cuales fueron:

Intensidad ---- 180 A (bajo)

Intensidad ---- 240 A (alto)

Además, se escogieron dos valores de inclinación del electrodo con referencia a la pieza:

Nivel bajo ---- 10^0

Nivel alto ---- 20^0

Este diseño factorial para dos variables a evaluar, en dos niveles, normaliza un número de experimentos de 4, que quedan determinado por la matriz de rendimiento expresada en la ecuación (3):

$$Y = \begin{Bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

Para el acero 20:

El comportamiento entre intensidad de corriente (A), ángulo (grados) y ZIT (zona de influencia térmica) es de:

$$Y = 1,24 - 0,0033 \text{ Intensidad} + 0,010405 \text{ Ángulo}$$

$$R = 0,94 \quad R^2 = 0,90$$

$$\text{Dureza} = 168,25 + 1,092 \text{ Intensidad} - 2,55 \text{ Ángulo}$$

$$R = 0,99 \quad R^2 = 0,98$$

Para el acero 65 Mn :

$$\text{ZIT} = 3,299 - 0,011 \text{ Intensidad} + 0,015 \text{ Ángulo}$$

$$R = 0,99 \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{Dureza} = 1122 - 1,033 \text{ Intensidad} - 3,17 \text{ Ángulo}$$

$$R = 0,99 \quad R^2 = 0,98$$

Para la fundición gris:-

$$\text{ZIT} = 1,027 - 0,003 \text{ Intensidad} + 0,009 \text{ Ángulo}$$

$$R = 0,99 \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{Dureza} = 2529 - 6,1 \text{ Intensidad} - 9,3 \text{ Ángulo}$$

$$R = 0,99 \quad R^2 = 0,97$$

Después de practicado las diferentes ranuras se cortaron y prepararon las probetas para analizar las mismas metalográficamente. Estos análisis arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 1.-Resultados del corte en Acero 20.

Amperaje e inclinación.	Tipo de estructura.	Zona de influencia térmica. [mm]				\bar{X}	Dureza HV			\bar{X}
180 A -- 10°	Estructura perlítica con precipitación de ferrita introduciéndose en la perlita. (Widmastatten)	0,78	0,77	0,79	$\bar{X} = 0,786$ $S^2I = 0,0001$	344	346	343	$\bar{X} = 344,5$ $S^2i = 1,027$	
		0,79	0,78	0,78		345	344	344		
		0,79	0,80	0,80		344	345	346		
240 A – 10 °	Perlita globulizada	0,51	0,52	0,51	$\bar{X} = 0,513$ $S^2I = 0,0001$	400	403	400	$\bar{X} = 400,3$ $S^2I = 0,527$	
		0,50	0,52	0,53		402	400	399		
		0,51	0,53	0,51		401	400	398		
180 A – 20 °	Perlita con precipitación de Ferrita (Widmastatten) Granos finos	0,82	0,81	0,82	$\bar{X} = 0,816$ $S^2I = 0,0001$	310	310	309	$\bar{X} = 309,5$ $S^2I = 2,25$	
		0,80	0,82	0,81		308	309	310		
		0,81	0,84	0,82		310	310	310		
240 A – 20 °	Perlita globulizada	0,69	0,70	0,71	$\bar{X} = 0,692$ $S^2I = 0,00009$	384	386	385	$\bar{X} = 384,5$ $S^2I = 1,27$	
		0,70	0,69	0,68		385	383	383		
		0,68	0,69	0,69		385	386	384		

Tabla 2.-Resultados del corte en Acero 65 Mn.

Amperaje e inclinación.	Tipo de estructura.	Zona de influencia térmica. [mm]				Dureza HV			
180 A -- 10°	Martensita.	1,49 1,47 1,48	1,46 5 1,47 1,49	1,48 1,48 1,49	$\bar{X}=0,479$ $S^2I=0,0001$	905 906 904	905 905 904	905 906 904	$\bar{X}=904,7$ $S^2i=0,611$
240 A -- 10°	Martensita más fina que la anterior.	0,88 0,87 0,88	0,88 0,86 0,87	0,89 0,89 0,88	$\bar{X}=0,877$ $S^2i=0,000094$	842 842 843	844 842 841	842 840 840	$\bar{X}=841,7$ $S^2I=1,694$
180 A -- 20°	Martensita más gruesa que para 180 A -- 10°	1,69 1,69 1,68	1,67 1,68 1,69	1,69 1,68 1,68	$\bar{X}=1,683$ $S^2i=0,00005$	872 873 873	871 872 871	872 872 872	$\bar{X}=872$ $S^2i=0,5$
240 A -- 20°	Martensita fina pero un poco más gruesa que para 240 A -- 10°	0,99 0,98 0,99	0,99 0,98 0,99	0,97 0,98 0,99	$\bar{X}=0,984$ $S^2i=0,000053$	812 813 812	812 812 811	811 812 812	$\bar{X}=811$ $S^2i=0,361$

Tabla 3.-Resultados del corte en Fundición Gris.

Amperaje e inclinación.	Tipo de estructura.	Zona de influencia térmica. [mm]				Dureza HV			
180 A -10 °	Martensita fina con gran % de austenita residual + ledeburita	0,32 0,32 0,4	0,36 0,34 0,3	0,36 0,4 0,36	$\bar{X}=0,35$ $S^2I=0,0012$	724 724 641	824 824 724	882 771 824	$\bar{X}=771$ $S^2=0,5534$
240 A -10 °	Ledeburita	0,36 0,36 0,35	0,37 0,37 0,36	0,35 0,35 0,36	$\bar{X}=0,358$ $S^2I=0,000061$	953 953 952	954 954 953	952 953 953	$\bar{X}=1226$ $S^2I=0,5$
180 A -20 °	Martensita pero no tan fina con % de Austenita residual Ledeburita	0,64 0,64 0,63	0,65 0,65 0,64	0,63 0,63 0,64	$\bar{X}=0,638$ $S^2I=0,000061$	1226 1226 1225	1227 1226 1227	1225 1226 1226	$\bar{X}=1226$ $S^2I=0,5$
240 A -20 °	Ledeburita	0,44 0,44 0,44	0,45 0,45 0,43	0,44 0,44 0,43	$\bar{X}=0,44$ $S^2i=0,00005$	897 897 896	898 898 897	896 897 897	$\bar{X}=897$ $S^2i=0,5$

A simple vista se observa al analizar las tablas, que para los diferentes niveles y combinaciones dadas, las de mejor resultado corresponden a los niveles altos de intensidad, en este caso 240 A. En cuanto a valores de dureza y dimensión de la zona de influencia térmica se trata, dentro de este nivel alto de intensidad, se produce un división de valores en la dimensión y dureza de la ZIT, ya que para el nivel 240 A y 10° se obtiene menor dimensión de la ZIT, comportamiento diferente al

resultante en el nivel 240 A y 20° donde la dimensión es mayor, pero la dureza es menor. Como lo que se trata es de minimizar la ZIT, para que no perjudique la soldadura, al lograr una ZIT de menor dimensión el gasto de materiales y de tiempo será menor, por lo que se aconseja el uso de intensidad de corriente alta y el grado de inclinación bajo (240 A y 10°).

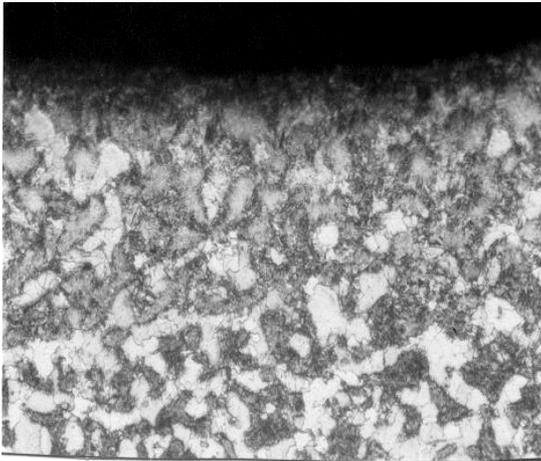


Foto 1. ZIT a 150 X



Foto 2.- Metal afectado térmicamente a 150 X.

Probeta Acero 20 (240 A , 10⁰)



Foto 3.-Zona de transición a 600 X. Probeta acero 65 Mn (180A , 10⁰).

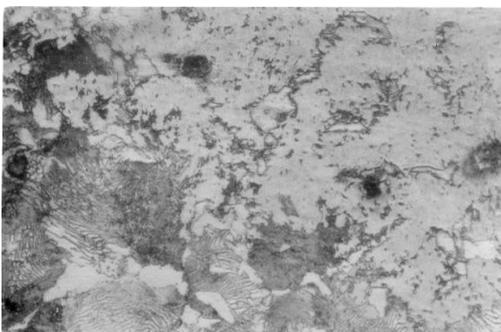


Foto 4.-Zona de Transición a 600 X



Foto 5.-ZIT a 600 X (240 A, 10⁰)

Probeta acero 65 Mn (240 A , 10⁰).



Foto 6.- Probeta Hierro fundido gris (180 A, 10^0) zona de transición a 150 x.

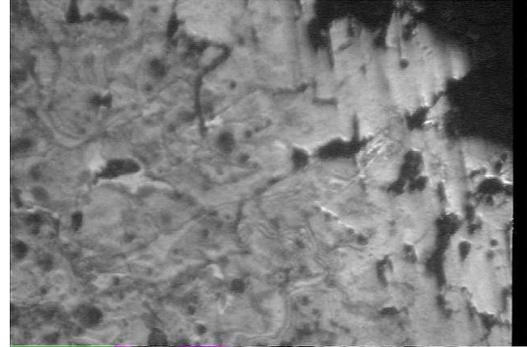


Foto 7.- Probeta Hierro fundido gris ZIT (240 A, 10^0). 150 x

4. Conclusiones.

- De hecho queda demostrado por los resultados obtenidos que para un electrodo de \varnothing 4 mm la intensidad de corriente recomendada dentro del rango estipulado corresponde a la de mayor nivel, en este caso 240 A.
- Este trabajo ha permitido recopilar una información valiosa para talleres donde sean cotidianas las operaciones de recuperación, montaje y desmontaje. Dentro del mismo, los tecnólogos y operarios tendrán la oportunidad de valorar las diferentes características de la ZIT, así como comprobar el uso de los parámetros óptimos para el corte en los metales expuestos.

5. Bibliografía.

1. Burgos Solas José. "Tecnología de soldadura.". Editorial Pueblo y Educación 1987.
2. Glizmanenko L.D. "Soldadura y corte de metales." Instituto del Libro 1968.
3. Guliaevich H.A "Metalografía.". Tomo I, Editorial. MIR. Moscú 1987.
4. López Planes Reynaldo. "Diseño de experimentos". Editorial Pueblo y Educación 1993.
5. CIME, Grupo Científico-Técnico. "Recuperación de piezas por soldadura" Editorial IMAGO. 1996.
6. Batista Sánchez Raúl. Tesis de Maestría " Influencia de los parámetros del régimen de corte con electrodo en las características de la ZIT "Ciudad de la Habana, ISPJAE, 2001".

Influence of cutting electrode parameters in the termic zone characteristics.

Abstract

The present paper deals with microstructural characteristics in the termic influence zone by means of the BISECOR electrode, in the same way the best working regimen is stated.

Key words: Microstructural characteristics, termic influence zone, welding electrode, working regime.