

SOLDABILIDAD DE ACEROS MICROALEADOS MEDIANTE ARCO SUMERGIDO

M. Saavedra ⁽¹⁾, L. Béjar ⁽²⁾, A. Medina ⁽¹⁾, J. S. Pacheco ⁽³⁾

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

(1) Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Edificio "U"

(2) Facultad de Ingeniería Mecánica, Edificio "W"

Cd. Universitaria, Morelia, Michoacán, México

(3) Posgrado en Metalurgia, Instituto Tecnológico de Morelia, MEXICO

smagana@umich.mx, lbgomez@umich.mx

RESUMEN

El acero que se utilizó para la realización de este trabajo es experimental del tipo estructural, fabricado por fundición y tratamiento termomecánico, microaleado y se desarrolla para aplicaciones estructurales. Su contenido de carbono fue de 0.1%, de vanadio de 0.021% y el de titanio de 0.035%. La resistencia máxima a la tensión del acero fue de 410 MPa. Su microestructura fue de grano fino y de tipo ferrítico perlítico. Este acero se soldó en posición plana por arco sumergido, tomando en consideración que se trata de un proceso de amplia aplicación. Para esto se tomó en cuenta la composición química del acero, su resistencia, la selección del material de aporte, la posición de la soldadura. Se aplicó un electrodo EM13K, cuya composición del depósito fue de 0.08 % de carbono, 1.22 % de manganeso y 0.56 % de silicio.

El análisis de la unión soldada comprende todas las partes involucradas como son el metal de soldadura o de aporte, la zona afectada térmicamente (ZAT) y el material base sin afecciones. La metalurgia de cada parte está relacionada con el tipo de material, el proceso de soldadura aplicado y su procedimiento. El objetivo de este trabajo fue hacer un análisis de las propiedades mecánicas de la unión soldada del acero microaleado, así como estudiar las microestructuras de las diferentes regiones. La resistencia a la tensión máxima del depósito de soldadura fue de 483 MPa. La microestructura de la ZAT fue de ferrita de grano ultrafino y la del depósito de granos columnares de ferrita con perlita.

La importancia del presente estudio radicó en establecer la facilidad o dificultad que presentó un acero experimental microaleado para ser soldado, que tiene un contenido de carbono de 0.1%, evitando la fisuración o agrietamiento en las uniones soldadas. Otro aspecto fundamental fue valorar las propiedades mecánicas del metal base y del depósito. El estudio permitió sacar conclusiones como el hecho de que el acero experimental fue soldado satisfactoriamente mediante el proceso de soldadura con arco sumergido y método automático. La resistencia a la tensión del depósito de soldadura fue mayor que la del metal base o acero microaleado con vanadio y titanio. En la unión soldada, se tuvo una microestructura de ferrita más perlita, de grano ultrafino en la ZAT y de grano columnar en el depósito.

Tópico 2: Materiales Metálicos.

Palabras clave: Soldabilidad, aceros microaleados, propiedades mecánicas.

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros de alta resistencia como los aceros microaleados, son producto de una tecnología en la que se adicionan elementos de microaleación y se procesa termomecánicamente el acero dando como resultado un material con mejores propiedades, dado que se controla la microestructura del acero [1], Los elementos de microaleación como el Ti se requieren en pequeñas concentraciones y tienen un efecto importante sobre las propiedades del acero. Es formador de carburos retardando la recristalización y origina endurecimiento por precipitación. Como formador de carbonitruros, dado que reaccionan con elementos como el carbono, el nitrógeno, que siempre están presentes en el acero, refina el grano. Reaccionando con el azufre, ayuda a controlar las inclusiones. El vanadio también tiene influencia en el refinamiento de grano y en el endurecimiento por precipitación. Aun a relativamente bajas temperaturas su afinidad induce a la precipitación de fases. A

temperaturas elevadas, es decir, en el rango austenítico, los compuestos formados por los microaleantes, tienden a disolverse parcial o totalmente en la matriz del acero. La microestructura final que resulta es de pequeños granos ferríticos y favorecen la mejoría de las propiedades del acero como son resistencia a la tensión o al impacto [2, 3]. Su resistencia máxima puede variar desde 500 a 700 MPa [1-4]. Los aceros estructurales deben de tener como propiedad importante la buena soldabilidad, por esto se sueldan satisfactoriamente por cualquier proceso de soldadura de arco eléctrico. El proceso de soldadura por arco sumergido se aplica esencialmente para soldar aceros de espesores medianos para lo que se tiene que considerar la composición química del acero, la selección del material de aporte y la resistencia del acero entre otras propiedades. Con la adición de Ti, Al, se mejora la resistencia al impacto de la ZAT, en procesos de alto aporte térmico como el de arco sumergido [1]. En el caso de este trabajo, el acero es de tipo experimental y se tiene que estudiar su soldabilidad para determinar en que condiciones se puede soldar el acero y como se comporta.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Material: La unión soldada se realizó en placa de acero experimental de bajo carbono y microaleado con vanadio y titanio de 12.0 mm de espesor. El bisel para la soldadura se seleccionó de acuerdo con el material, espesor, posición de la soldadura y proceso [5].

La unión se hizo a tope con diseño en doble V, con un ángulo de 60 grados para soldar con método automático y con arco sumergido, aplicando el electrodo EM13K de 3.12 mm, según la AWS.

Procedimiento: El proceso de soldadura aplicado para soldar el acero de bajo carbono y microaleado con vanadio y titanio es el proceso de arco sumergido y se aplicó con método automático, corriente directa de 400 amperes y un voltaje de 26 V a 28 V Tabla 1.

Tabla 1. Procedimiento para soldar el acero microaleado al vanadio titanio.

Variable	Valor
Espesor	12.5 mm
Proceso	Arco sumergido
Posición de la soldadura	Horizontal
Diseño de la junta	En doble V, 60°
Num. de pasadas	2
Tipo de corriente	Directa
Electrodo	EM13K
Fundente	F7AO
Corriente	400 Amperes
Voltaje	26- 28 Volts
Velocidad de la soldadura	9.0 cm/min

Ensayos: Los practicados a la unión fueron: De tensión del material y del depósito y de metalografía de la unión.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química del acero microaleado se presenta en la Tabla 2, en la que se puede observar que se trata de un acero de bajo carbono, 0.1%, que el contenido de manganeso está un poco por abajo de 1.0%. El

contenido de vanadio fue de 0.02 %, del titanio fue de 0.035 % y los contenidos de Cr, Ni, Mo y Cu son de considerarse por su contribución a la resistencia del material y su comportamiento metalúrgico.

Tabla 2. Composición química del acero microaleado al vanadio-titanio.

Elemento	Contenido (% en peso)
C	0.109
Mn	0.66
Si	0.073
P	0.013
S	0.013
Cr	0.063
Ni	0.047
Mo	0.062
Cu	0.031
V	0.021
Al	0.078
Ti	0.035

La composición química del depósito de soldadura se presenta en la Tabla 3, en la que se puede apreciar que el contenido de carbono es 0.08%, es decir, un contenido ligeramente más bajo que el del metal base. En este depósito el manganeso se encuentra en una cantidad mayor que la del metal base. El contenido de silicio si es mayor que en el acero, para el depósito hecho con arco sumergido.

Tabla 3. Composición química de los depósitos de soldadura.

Elemento	Contenido (% peso) Electrodo EM13K
Carbono	0.08
Manganeso	1.22
Silicio	0.56

Los ensayos mecánicos que se aplicaron a la unión soldada y al metal base fueron el de tensión como un criterio de aceptación de la unión en cuanto a resistencia, de acuerdo con el Código de la AWS (Structural Welding Code) [6]. Los resultados del ensayo se presentan en la Tabla 4, en la que se incluyen los valores obtenidos para el acero microaleado y para el depósito de soldadura practicado longitudinalmente.

Tabla 4. Propiedades mecánicas del material base y los depósitos de soldadura.

Propiedad	Material base	Deposito electrodo EM13K
Resistencia máxima MPa	410	483
Resistencia a la cadencia MPa	324	-----
Elongación (%)	38	27

Haciendo un análisis comparativo de las propiedades mecánicas; los resultados del ensayo de tensión, indican que el depósito de la soldadura tiene una resistencia mayor que la del acero microaleado, teniendo también una elongación, menor, cumpliendo así con el criterio de aceptación, al ser más resistente la unión que el metal base [6].

El análisis de la microestructura de la unión soldada, se hace considerando que debe de haber una variación de la microestructura por la influencia del calentamiento y el enfriamiento en un rango de temperaturas desde la temperatura de fusión hasta la del medio ambiente. La Figura 1 ilustra la macrografía de la unión soldada en donde se observan las zonas en donde se analizan las microestructuras de las partes principales de la unión; metal base o acero microaleado, zona afectada térmicamente (ZAT) y depósito de soldadura.

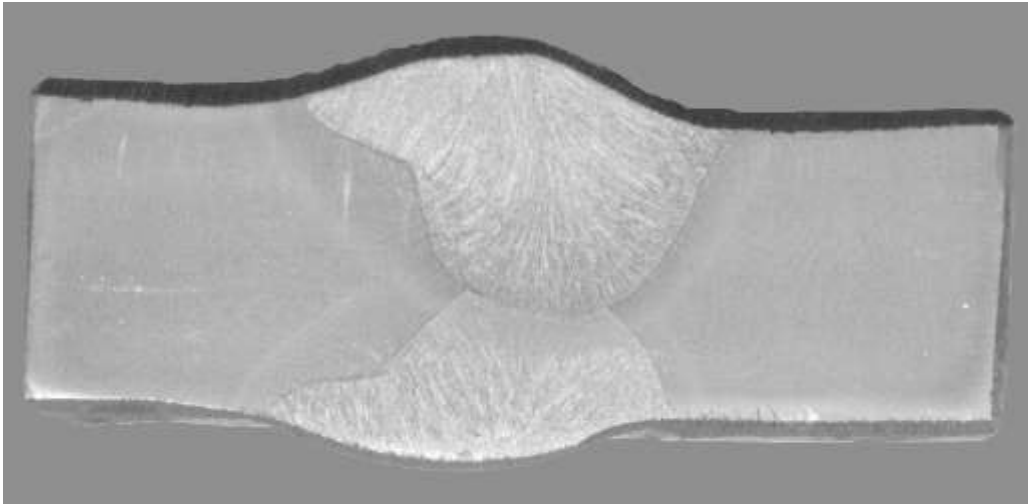


Figura 1. Macrografía de la unión soldada por arco sumergido.

En la figura 2 se presenta la microestructura del acero microaleado con titanio, se observa una microestructura ferrítica-perlítica, predominando la zona ferrítica debido al bajo contenido de carbono del acero.

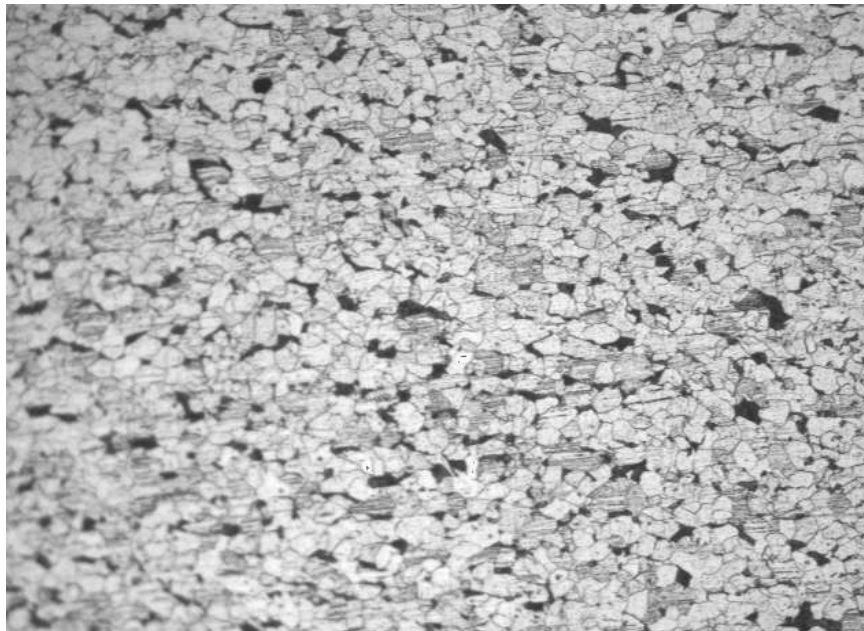


Figura 2. Microestructura del acero microaleado al vanadio y titanio, nital al 2%.

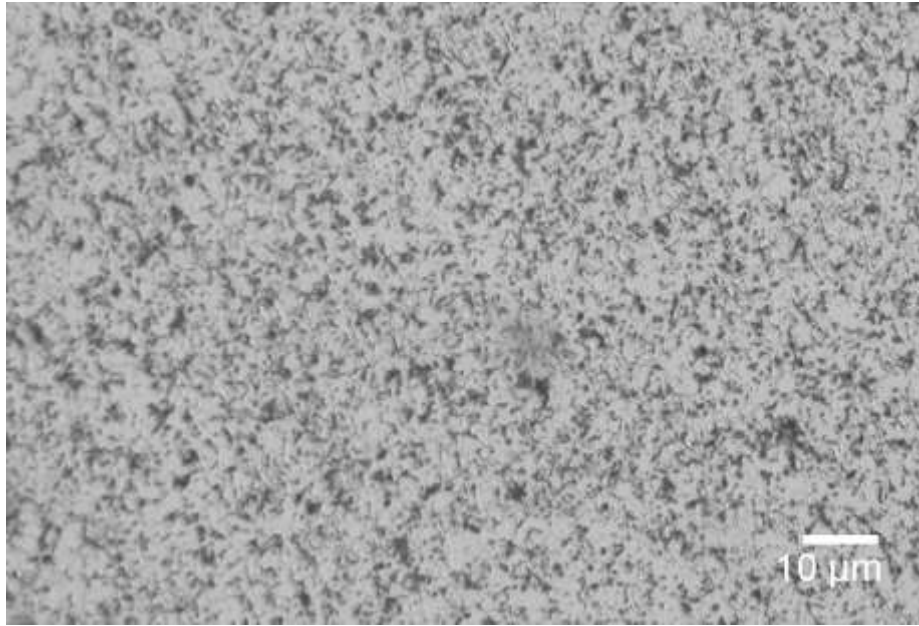


Figura 3. Microestructura de ZAT, soldadura por arco sumergido, nital al 2%.

En la figura 3 se puede observar la microestructura de la soldadura hecha por arco sumergido, en la zona afectada térmicamente, donde se tiene un refinamiento de grano comparado con el grano del metal base.

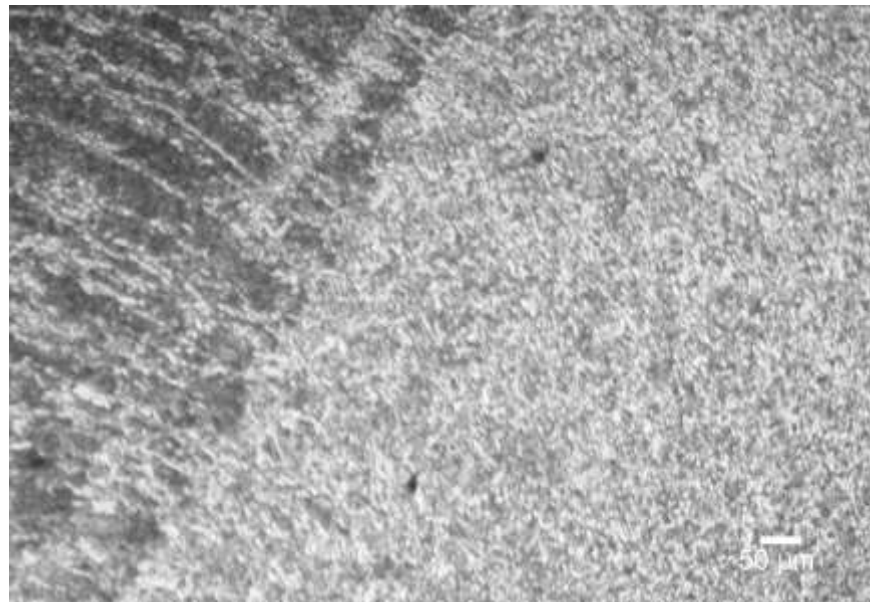


Figura 4. Microestructura en la región de intersección entre la zona afectada térmicamente y el depósito de soldadura hecha con arco sumergido, nital al 2%.

En la figura 4 se puede apreciar el refinamiento de grano de la zona afectada térmicamente y como el depósito de la soldadura crece columnarmente.

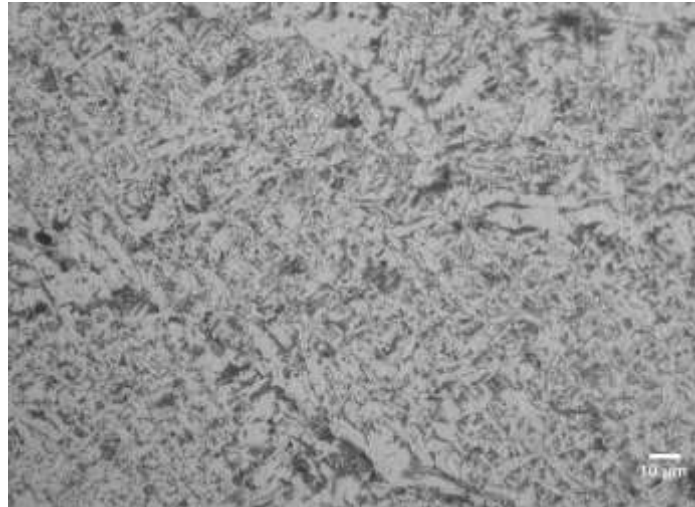


Figura 5. Microestructura del depósito de soldadura nital al 2%.

En la figura 5, se puede observar la microestructura del depósito de la soldadura hecha con arco sumergido, que consiste en granos columnares de ferrita con perlita.

4. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo permitió sacar las conclusiones siguientes:

1. El acero microaleado con vanadio y titanio de tipo experimental fue soldado satisfactoriamente mediante el proceso de soldadura con arco sumergido y método automático.
2. La resistencia a la tensión de los depósitos de soldadura fue mayor que la del metal base o acero microaleado con vanadio y titanio.
3. El acero microaleado presentó una microestructura de matriz de ferrita con perlita, típica de un acero de bajo carbono.
4. En unión soldada por arco sumergido, la zona afectada térmicamente (ZAT) tuvo una microestructura de matriz de ferrita mas perlita y de tamaño de grano muy fino.
5. La microestructura del depósito de soldadura tuvo una matriz de ferrita, con perlita, de grano tipo columnar.

5. RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo económico otorgado por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para la realización de este trabajo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Abet, Tsukada K, Kasasu I, "Role of Interrupted Accelerated Cooling and Microalloying on Weldable HSLA Steels", Proceeding of international Conference on HSLA Steels, 85, Nov, 1985, Beijing, China.
- [2] Lutz Meyer, Cristian StraBburger, Christoph Schneider, "Effect and Present Aplication of the Microalloying Elements Nb, V, Ti, Zr and B in HSLA Steels, HSLA Steels" Metallurgy and Applications, Proceeding of an International Conference on HSLA Steels'85, Nov., 1985, Beijing, China.
- [3] Morris Cohen, S.S. Hansen, "On the Fundamental of HSLA Steels", Proceeding of an International Conference on HSLA Steels: Metallurgy and Application, HSLA Steels'85, Nov., 1985, Beijing, China.
- [4] Ming Chun Zhao, Ke Yang, Yi-Yin Shan, "Comparison on Strength and Toughness Behaviors of Microalloyed Pipeline Steels with Acicular ferrite and Ultrafine ferrite", Materials letters, Elsevier Science, 2002.
- [5] American Welding Society Welding Handbook, Vols. 1-5.
- [6] American Welding Society Structural Welding Code, D1- 92.