

## USO DE LAS TÉCNICAS DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA EN CARACTERIZACIÓN DE UN ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO 304L SOLDADO MEDIANTE PROCESO TIG

Yelitza Figueroa de Gil<sup>1</sup>; S. Camero<sup>2</sup>, R. Réquiz<sup>3</sup> y J. L. Prin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Instituto de Investigación en Biomedicina y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ciencia de los Materiales Universidad de Oriente. IIBCA-UDO. Cumaná.- Venezuela E-mail: [yelidegil@gmail.com](mailto:yelidegil@gmail.com)

<sup>2</sup>. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Metalurgia y Ciencia de los Materiales. Caracas - Venezuela.

<sup>3</sup>. Departamento de Ciencia de los Materiales, Universidad Simón Bolívar, Valle de Sartenejas, Baruta, Caracas, Venezuela, Caracas – Venezuela,

Es bien conocido que los aceros inoxidable 304L constituyen aceros de tipo austenítico, los cuales contienen un 12% de cromo como mínimo, un bajo contenido de carbono y porcentajes variables de níquel y otros elementos, como molibdeno, silicio y titanio entre otros, que les confieren una resistencia particular a algunos tipos de corrosión en aplicaciones industriales, tales como la industria Petrolera y Petroquímica Nacional. Naturalmente, la presencia de cada elemento en determinados porcentajes produce variaciones de las características intrínsecas de los diversos tipos de aceros. En el presente trabajo se realizó una caracterización microestructural de láminas de acero 304L soldadas mediante un proceso de soldadura de arco con electrodo de tungsteno y atmósfera de gas inerte (TIG), utilizando como material de aporte un electrodo de acero inoxidable 308L, empleando las técnicas de microscopia electrónica de barrido y transmisión, con la finalidad de determinar las fases y precipitados presentes en las diferentes zonas de la soldadura que conforman las láminas. Los resultados por MEB revelaron una estructura de grano austenítico equiaxial, con presencia de maclas en algunos granos austenítico, característicos de estos aceros en el metal base (Fig.1) De acuerdo al microanálisis químico general por EDS realizado sobre la matriz se determinó la presencia de Fe, Cr y Ni, elementos químicos típicos de estos aceros. En la figura 2, se muestran la zona afectada por el calor (ZAPC) y la zona de fusión (ZF), donde se observa la presencia de ferrita  $\delta$  con morfología dendrítica celular. La presencia de este tipo de ferrita puede estar relacionada con la transformación sufrida por el acero después de la solidificación. El microanálisis químico por EDS indica que estas zonas engrosadas son ricas en Mo. A pesar de que este elemento es un estabilizador de la austenita y aumenta la resistencia a la corrosión en estos aceros,<sup>[1]</sup> al encontrarse segregado en la ferrita delta hace susceptible al acero a la corrosión intergranular y por picaduras, como ha sido reportado por otros investigadores.<sup>[2, 3]</sup> El análisis mediante MET muestra una microestructura constituida por granos austeníticos, con dislocaciones y fallas de apilamiento en la zona de metal base (figuras 3 y 4). El patrón de difracción de electrones verifica la presencia de austenita, determinándose que la misma cristaliza en un sistema cúbico centrado en las caras (fcc) con parámetros de red:  $a=b=c= 3,62 \text{ \AA}$ . Por otra parte, se observan precipitados de forma angulares, pertenecientes al tipo  $M_{23}C_6$  con parámetro de red  $a = 10,23 \text{ \AA}$ , los cuales pueden observarse en la matriz, preferencialmente en los bordes de grano de la austenita. Las figuras 5 y 6 corresponden a micrografías en la ZAPC y ZF donde se observa una microestructura constituida por granos austeníticos, con la presencia de ferrita delta y precipitados. De acuerdo a la morfología globular de tales precipitados podría corresponder al tipo  $M_6C$ , distribuidos en el seno del grano austenítico. Estos precipitados ricos en cromo, podrían generar en sus adyacencias sitios de disolución preferencial al exponer a la aleación en un medio electrolítico, debido al empobrecimiento en Cr en dichas zonas. En otras palabras, estas regiones son lugares preferenciales para la ocurrencia del ataque localizado, al quedar desprovistas o contener una película pasiva poco protectora.<sup>[4]</sup> De acuerdo a los resultados obtenidos a través de la caracterización realizada en el acero austeníticos 304L, tanto por MEB como por MET, la presencia de ferrita delta así como la de precipitados principalmente del tipo  $M_{23}C_6$  y  $M_6C$ , pudieran incidir a la susceptibilidad de estos aceros a la corrosión.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] F. W. Bailey. Fundamentals of Engineering Metallurgy and Metal. 1972.

[2] R. Colomber, J. Hochman. Aceros Inoxidables – Aceros Refractarios. Segunda Edición, Ediciones Urmo, España, 1972.

- [3] J. Barcik. The Process of  $\sigma$  - Phase Precipitation in Chromium-Nickel Austenitic Steel. Silesian University. 1979.
- [4] R. Réquíz C. Corrosión Localizada en Aceros Inoxidables del Tipo AISI 316 Modificados con Vanadio. Trabajo de ascenso para optar a la categoría de Profesor Titular. Universidad Simón Bolívar. 1997.

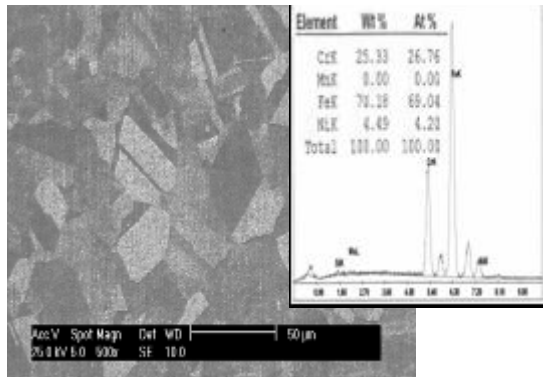


Fig.1. Fotomicrografía por MEB y microanálisis químico general por EDS de una muestra de acero AISI 304L (metal base). Microestructura constituida por granos austeníticos.

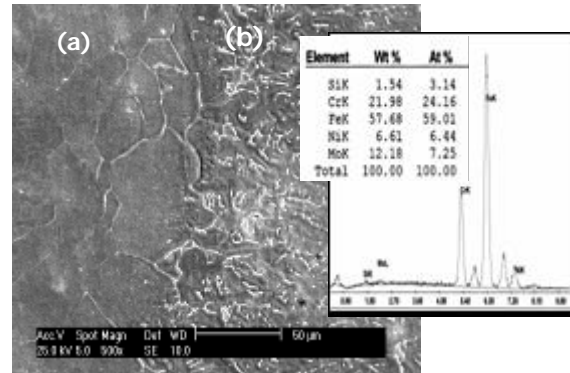


Fig.2. Fotomicrografía por MEB de una muestra AISI 304L y microanálisis químico puntual, donde se observa: (a) un crecimiento pronunciado del grano austenítico sobre ZAPC y (b) ferrita  $\delta$  dendrítica celular en la ZF.

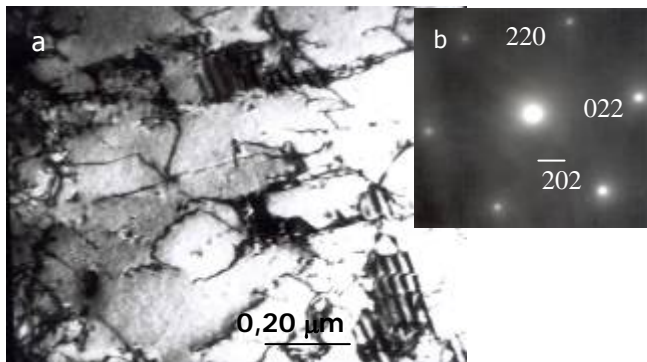


Fig. 3. Fotomicrografías por MET de una muestra de acero AISI 304L en la zona de metal base. (a) Microestructura constituida por granos austeníticos con su (b) Patrón de difracción de electrones.

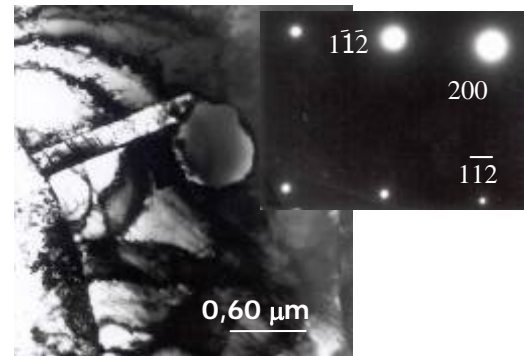


Fig.4. Fotomicrografías por MET de una muestra del AISI 304L, donde se observa precipitado cuboidal con su patrón de difracción de electrones.

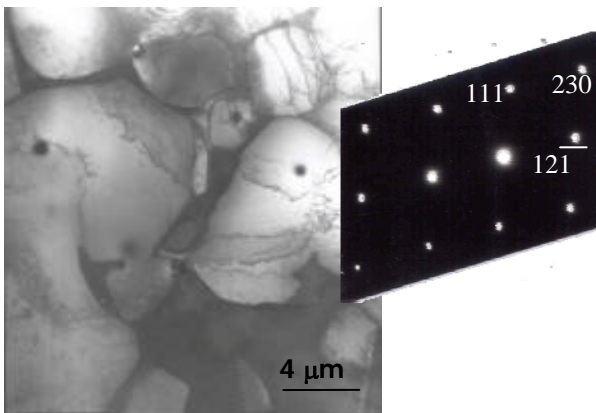


Fig. 5. Fotomicrografías por MET de la muestra del AISI 304L en la ZAPC, donde se observa una microestructura constituida por granos austeníticos, ferrita delta ( $\delta$ ) y precipitados globulares del tipo  $M_6C$ , con su patrón de difracción de electrones.



Fig. 6. Fotomicrografía por MET de una muestra del AISI 304L en la ZF. Se observa una matriz austenítica con ferrita delta y precipitados angulares en el seno de la matriz.

DATOS SOLICITADOS:

Autor: M.Sc. (Ing.). Yelitza Figueroa de Gil.

Nacionalidad: Venezolana

Institución: Universidad de Oriente, Instituto de Investigación de Biomedicina y Ciencias Aplicadas (IIBCA-UDO). Dpto. Ciencia de los Materiales, Laboratorio de Corrosión.

Dirección: Av. Universidad, Cerro del Medio. Núcleo de Sucre. Cumaná. Estado. Sucre. Apdo. Postal 245. Venezuela

Teléfono: 0293-4002163 Telefax: 0293-4521297

Teléfono Móvil: 04141930204