

# Comportamiento frente a la corrosión de soldaduras de recargue de aceros inoxidables superdúplex

J. Martínez Maidana\*\*, H. Pérez\*, L. Berardo\*, S. Zappa\*\*

\*INTI Procesos Superficiales

\*\*Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora  
berardo@inti.gov.ar

## Introducción

Las limitaciones en la construcción de equipamiento o accesorios con materiales altamente aleados, debido a su alto costo y poca disponibilidad en el mercado, pueden salvarse recurriendo a recubrimientos de aceros especiales aplicados sobre un cuerpo metálico, que confiere la resistencia estructural. Uno de los procedimientos utiliza material de soldadura.

La soldadura de recargue (*Weld Overlay*) se basa en depositar una capa de material con propiedades específicas, fundamentalmente resistencia a la corrosión o desgaste, sobre un elemento o pieza de acero al carbono o de baja aleación. Los recargues de aceros inoxidables en particular, deben cumplir con una buena soldabilidad, buenas propiedades mecánicas y buena resistencia a la corrosión generalizada y localizada. Los aceros inoxidables dúplex (DSS) y superdúplex (SDSS) poseen estas propiedades, asociadas a una estructura dual constituida por ferrita y austenita, con una relación entre ambas fases cercana a 1 (uno). La relación entre las fases y la composición química determina la resistencia a la tracción, tenacidad y la resistencia a la corrosión. Una inadecuada combinación de los parámetros de soldadura de recargue puede alterar el equilibrio microestructural y la composición química (por dilución con el metal base) y, por lo tanto, su comportamiento.

## Objetivo

Estudiar el efecto del calor aportado y de la cantidad de capas del recargue por soldadura de acero inoxidable superdúplex sobre la composición química, el grado de dilución, la microestructura, la microdureza y la resistencia a la corrosión localizada.

## Descripción

Se utilizaron cupones de recargue sobre una chapa de acero comercial de bajo carbono, depositado mediante el proceso de soldadura semiautomática con protección gaseosa (GMAW), variando el calor aportado y la cantidad de capas. Como material consumible se empleó un alambre macizo de 1,2 mm de diámetro que deposita un acero inoxidable súper dúplex (SDSS). Los cupones identificados S1 y S2 en la Tabla 1 tienen una y dos capas de recargue, respectivamente,

correspondiendo la identificación A, B y M, a diferente calor aportado.

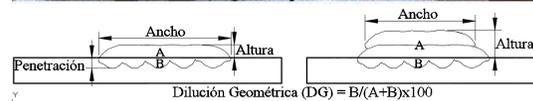


Figura 1: Equipos, dispositivos de soldadura y geometría de los recargues

Cupón	T [V]	C [A]	VS [mm/s]	CA [kJ/mm]
S1B	28	203	9,4	0,6
S1M	32	208	5,5	1,2
S1A	27	203	3,1	1,8
S2B	28	206	9,7	0,6
S2M	31	210	5,6	1,2
S2A	27	206	3,1	1,8

T: tensión, C: corriente; VS: velocidad de soldadura y CA: calor aportado =  $T \times C / VS \times 100$ .

Tabla 1: Identificación y parámetros de los recargues

Una vez soldados los cupones, se realizó una inspección visual para la identificación de irregularidades superficiales, se tomaron fotografías de los mismos y se realizó la caracterización macro y microestructural sobre cortes transversales.

En la superficie de cada recargue se midió la composición química comparada mediante fluorescencia de rayos X (equipo OLYMPUS DELTA) y se determinó la dilución química, siendo ésta la relación entre la composición química medida experimentalmente y la reportada por el fabricante del material consumible (metal de aporte puro).

Se aplicaron técnicas electroquímicas a fin de caracterizar el comportamiento frente a la corrosión de la superficie libre de los recargues en los cupones soldados, en contacto con una solución acuosa de NaCl al 3,5 %. Se midió la resistencia de polarización lineal y se trazaron curvas de polarización anódica cíclicas.

## Resultados

La composición química y el balance microestructural de los recargues soldados

quedaron modificados por el calor aportado y por la cantidad de capas. El contenido de aleantes aumenta con el calor aportado para cupones con una y dos capas, siendo mayor para los recargues soldados con una capa (por su mayor dilución). Este incremento en el contenido de aleantes en la superficie de los cupones también se observó al aumentar la cantidad de capas del recargue, confirmando la importancia del control de la dilución durante la soldadura. En estos recubrimientos se busca una baja dilución para no modificar sustancialmente la composición química y mantener una buena resistencia a la corrosión. Otro factor muy importante es el balance microestructural resultante del proceso.

Cupón	Dil [%]	F [%]	A [%]	D [HV1]
S1B	32	22	78	245
S1M	23	24	76	275
S1A	3	36	64	285
S2B	11	32	68	274
S2M	7	36	64	278
S2A	1	39	61	283

Dil: dilución química, F: ferrita, A: austenita; D: dureza.

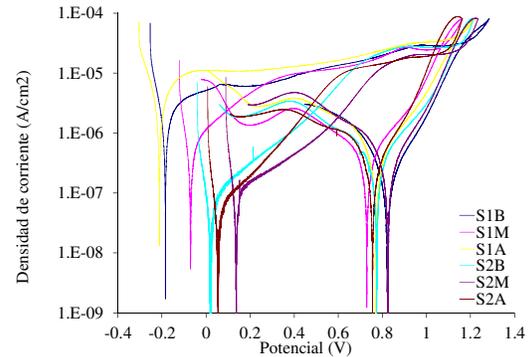
**Tabla 2: Contenido de Ferrita, austenita y dureza.**

Los SDSS solidifican completamente en ferrita delta. Al continuar disminuyendo la temperatura la ferrita delta comienza a transformarse en austenita (fase gamma), dependiendo del tiempo. El calor aportado modifica la velocidad de enfriamiento y afecta la evolución microestructural en depósitos de soldadura SDSS. A menor calor aportado, mayor será la velocidad de solidificación y enfriamiento y mayor será el contenido de ferrita en la microestructura, asociado al reducido tiempo de transformación de ferrita en austenita. El contenido de ferrita en la microestructura disminuye al aumentar el porcentaje de dilución. Este aumento incrementa la concentración relativa de carbono (C) y reduce los contenidos de cromo (Cr) y níquel (Ni) del recubrimiento, aumentando el contenido de austenita en la microestructura ya que el Carbono es un fuerte estabilizante de la fase gamma, aún más que el Ni.

Si bien no se encontraron grandes variaciones de dureza (40 HV1), se vio que aumenta con el calor aportado. Esto podría asociarse al mayor contenido de ferrita en la microestructura. La resistencia a la corrosión generalizada del recubrimiento se ve levemente afectada por la dilución. Si bien la "ventana" de pasividad es amplia para todas las condiciones, la corriente de disolución anódica disminuye más de un orden de magnitud en los recubrimientos formados por dos capas respecto de los de una capa, manteniéndose en estos últimos aún dentro de los límites de corriente de pasividad. Los valores de potenciales de corrosión en los

recubrimientos de simple capa son más negativos que en los de doble capa.

En cuanto a la susceptibilidad a la corrosión localizada, no se observan diferencias importantes entre los dos recargues. En ambas condiciones los potenciales de picado y de repasivación se encuentran en el entorno de 1,1 V – 1,2 V, con tendencia a disminuir al aumentar el calor aportado.



**Figura 2: Curvas de polarización anódica**

## Conclusiones

El equilibrio microestructural en recargues con SDSS está controlado principalmente por el grado de dilución y, en menor medida, por la velocidad de enfriamiento.

La susceptibilidad a la corrosión por picado se vio levemente afectada por el calor aportado durante la soldadura y la cantidad de capas del recargue. Los recargues soldados con dos capas muestran una menor corriente de pasividad respecto de los de una capa, sin detectar una influencia del calor aportado. Por tratarse de aleaciones utilizadas en medios muy corrosivos, es necesario continuar el estudio del comportamiento en condiciones ambientales más exigentes para definir con mayor precisión los parámetros de recargue óptimos.

Sin embargo, los resultados encontrados en el presente trabajo son interesantes desde el punto de vista tecnológico, ya que muestran un comportamiento similar a la corrosión en un ambiente salino muy agresivo, independientemente de los parámetros de soldadura utilizados.

## Bibliografía

- KARLSSON, L., "Welding duplex stainless steels - A review of current recommendations", IIW Conference, Doc. No. IX-2355-11, pp 1-17, 2011.
- KARLSSON, L., ARCINI, H., "Low energy input and high dilution welding of duplex stainless steels", IIW Conference, Doc. No. IX-2356r1-11, pp 1-11, 2011.
- PARDAL, J. M., TAVARES, S. S. M., CINDRA FONSESCA, M., DE SOUZA, J. A., CORTE, R. R. A., DE ABREU, H. F. G., "Influence of the grain size on deleterious phase precipitation in superduplex stainless steel UNS S32750", Materials Characterization, v. 60, n. 3, pp 165-172, 2009.