

# Nota técnica: Carriles extraduros, soldadura aluminotérmica

M. M. Cabeza\*, J. A. Pero-Sanz\*\* y J. I. Verdeja\*

\* Cátedra de Metalotecnia E.T.S.I.M.O.

\*\* Cátedra de Metalotecnia E.T.S.I.M.M.

## Resumen

Se consideran algunos problemas que puede plantear la soldadura aluminotérmica de carriles extraduros.

**Palabras clave:** Soldadura, aceros para carriles extraduros, microestructura.

## Abstract

Some problems involved on aluminothermic welds of extra-hard rails are considered.

**Key words:** Welding, extra-hard rail steels, microstructure.

La soldadura aluminotérmica de carriles extraduros,  $R_m > 1.100$  MPa, con alta resistencia al desgaste, empleados en vías férreas por las que hayan de circular convoyes de gran longitud, elevado peso o rápida velocidad (TAV), plantea problemas de selección tanto del acero del carril como del acero aluminotérmico empleado, con objeto de obtener –tanto en el metal de aporte como en las zonas afectadas por el calor de la unión soldada– estructuras 100 % perlíticas; tratarán de evitarse, pues, zonas endurecidas, frágiles, con presencia de fases de no equilibrio –bainita, martensita, austenita retenida– o ablandadas térmicamente –banda de perlita globular– generadas por el proceso de

evacuación del calor –temperatura y velocidad de enfriamiento– a partir del cordón.

En lo que se refiere al carril, cuando se emplean aceros débilmente aleados, tipo Cr-Mo, resulta difícil evitar –incluso con precalentamientos de austenización completa, tipo PN–, la presencia de constituyentes de no equilibrio, duros y frágiles, Fig. 1, en la zona de fusión entre el carril y el cordón, constituido éste por un acero C-Mn, con carbonos equivalentes comprendidos entre 0,8-0,9. En efecto, la templabilidad bainítica conferida por los elementos Cr y Mo es tan elevada que aparece –incluso en enfriamientos lentos– este constituyente en las zonas segregadas del cordón fundido y en el carril forjado afectado térmicamente. La tendencia actual de rebajar los tenores en Cr y Mo a 0,30 y 0,08 % respectivamente puede conducir, con precalentamientos normales, a la obtención de estructuras totalmente perlíticas en las zonas críticas referenciadas.

El empleo de carriles no aleados, con la cabeza tratada térmicamente, puede resultar o es la solución adecuada cuando se sueldan aluminotérmicamente con las modalidades de precalentamiento corto –de baja temperatura– actualmente aceptadas. Consiste en un tratamiento térmico adicional de reaustenización de la cabeza del carril –por inducción– seguido de un enfriamiento en una ducha agua-aire; o bien, en línea con el tren de laminación, se enfría el carril –aún con estructura austenítica– en un medio de severidad adecuada (agua con aditivos sintéticos



Fig. 1.–Zona de fusión de la soldadura aluminotérmica de un carril 1100 aleado con 0,44 Cr-0,12 Mo. Estructura mixta de perlita y bainita. Precalentamiento normal.



Fig. 2.–Carril calidad 900A tratado térmicamente. Espaciado entre láminas de la perlita inferior a 0,1 μm.

# NOTA TÉCNICA: CARRILES EXTRADUROS, SOLDADURA ALUMINOTERMICA

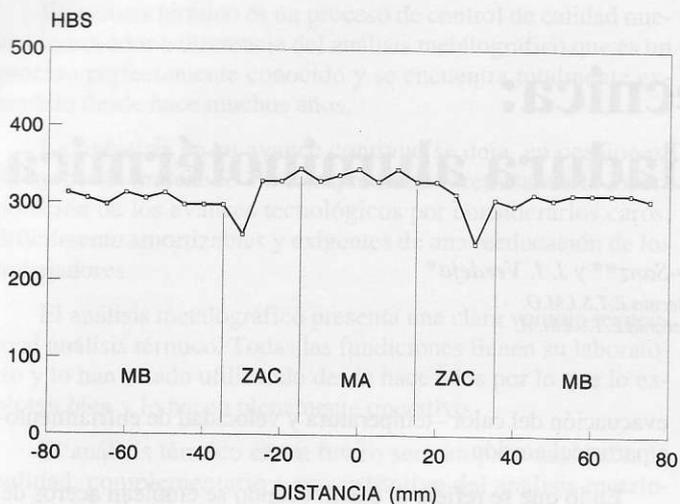


Fig. 3.—Perfil de durezas en la zona del patín, después de soldadura aluminotérmica de un carril 900A, 1,18 Mn-0,17 Cr, tratado térmicamente en cabeza. Pre calentamiento corto.

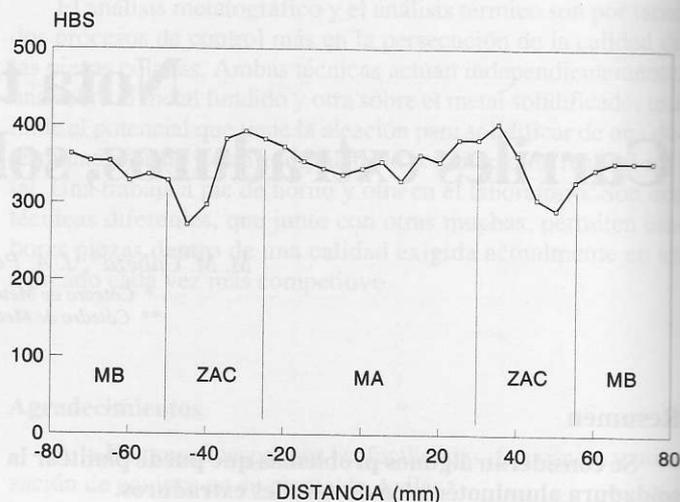


Fig. 4.—Perfil de durezas en la zona del patín, después de soldadura aluminotérmica de un carril 900A, no microaleado, tratado térmicamente en cabeza. Pre calentamiento normal. Compárese con la Fig. 3.

orgánicos) para obtener en un espesor superior a 20 mm la estructura de perlita fina y resistencia mecánica deseadas. Esta segunda práctica presenta las ventajas, frente a la primera, de aprovechar el propio calor de laminación y permitir mayores capacidades de producción, evitando operaciones intermedias de enderezado del carril. La calidad 900 A, según norma UIC-860, soldable con precalentamientos cortos, resulta particularmente adecuada a esta modalidad de tratamiento. Para ello se ajusta la composición a contenidos en Mn comprendidos entre 1,1-1,3 %, dentro de especificación; de este modo se reduce suficientemente la temperatura de transformación (550 °C) para que ésta tenga lugar en el rango de la perlita fina —espaciado interlaminar 0,1 mm, Fig. 2— justo superior a la zona de transformación bainítica. La adición de Cr, como microaleante, en contenidos inferiores al 0,2 %, favorece —complementariamente al Mn— esta tendencia y parece ser disminuye la amplitud y aumenta el

rango de durezas en la banda de perlita globular del carril afectado térmicamente, Figs. 3 y 4; éste es, en nuestra opinión, un aspecto a verificar.

En lo que respecta al acero aluminotérmico, se prefiere la elección de aceros C-Mn, en el rango de carbonos equivalentes arriba indicados, con durezas en cabeza de  $340 \pm 20$  HB. La presencia de Cr en la carga —y más aún el Mo— plantea problemas, por sus coeficientes de reparto sólido/líquido iguales a 0,85 y 0,60 respectivamente (el coeficiente de reparto del C en un acero que solidifica en fase austenítica es aproximadamente igual a 0,36; y el del Mn, 0,95). En otros términos: C, Mo, Cr, por este orden, tienden a segregar en las zonas del cordón que solidifican en último lugar —espacios interdendríticos— favoreciendo la aparición de fases de no equilibrio, Fig. 5, inaceptables por el control de calidad acorde con la normativa vigente.

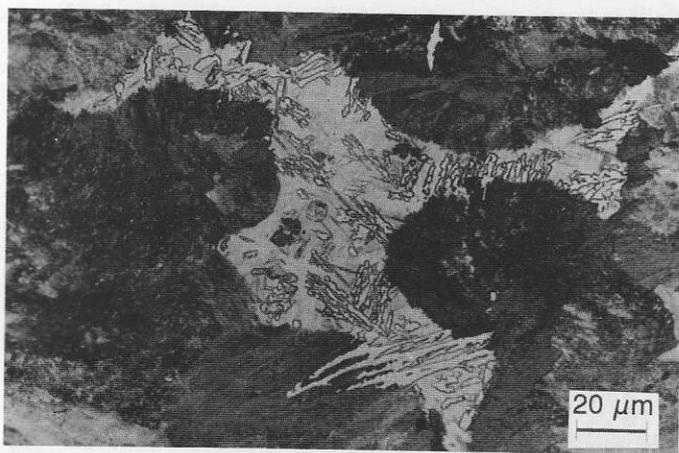


Fig. 5.—Microestructura de un acero aluminotérmico, con 0,08 % de Mo, para soldadura de carril 900. Estructura perlítica con islotes de bainita y martensita. Pre calentamiento corto.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al grupo de Empresas KLK Electromateriales y Soldal, S. A., en la persona de los Sres. Tamarco y Duart, por su asistencia material y técnica.

## Bibliografía

1. J. I. VERDEJA; J. A. PERO-SANZ. Rev. Minas, n.º 8, pp. 103-108 (1993).
2. VOEST-ALPINE. «Fabricación de carriles con cabeza tratada térmicamente». Informe interno (1994).
3. M. M. CABEZA. Proyecto Fin de Carrera «Aceros perlíticos extraduros para carriles. Soldabilidad». ETSIMO (1993).
4. EUROPEAN STANDARD FOR ALUMINOTHERMIC WELDS IN RAILS. (Draft Oct. 1994).