

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MATERIALES DEL RIEL FERROVIARIO U36

Patricia Carrizo¹; Rubén Lepez²

¹Responsable Área Arqueometalurgia, IMTECAP, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza, Argentina

²Museo Ferroviario "Estación Benegas", Godoy Cruz, Mendoza, Argentina

e-mail: patricia.carrizo@frm.utn.edu.ar

Resumen: Esta investigación consistió en el estudio de una pieza de riel ferroviario tipo Vignole con denominación U36 (SNCF). Se realizaron los estudios de micrografía, macrografía, composición química y dureza con la intención de poder caracterizar las propiedades del material tales como el grado del acero y su comparación con materiales actuales. El riel fue recibido, previamente cortado en forma de perfil longitudinal, para su estudio. No se realizaron inclusiones en baquelita y se procedió a trabajar la pieza de manera completa, la preparación de la misma en primer lugar de manera adecuada por medio de un proceso de lijado con lijas al agua y de pulido utilizando una suspensión de alúmina para pulir a espejo con cuidado de preservar la muestra de la mejor manera. Se realizó el ataque químico con reactivo (Nital 2%) para hacer la micrografía. Posteriormente, se realizó la macrografía del riel U36 para obtener la calidad del material constituyente del riel. La caracterización del material incluye la medición de la dureza con durómetro de impacto y la composición química de la muestra mediante espectroscopia de emisión óptica por chispa de argón. Los resultados del estudio demuestran en principio que se trata de un acero eutectoide recocido de estructura ferrita - perlita con un contenido de 0,88% de Carbono.

Palabras claves: Riel, Macrografía, Micrografía, Calidad, Museo

INTRODUCCIÓN

El espécimen que se estudia en este trabajo es un perfil de riel de trocha ancha tipo Vignole con denominación U36, de acuerdo a la Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses, donado por el Museo Ferroviario Estación Benegas ubicado en Godoy Cruz, provincia de Mendoza. La Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses (SNCF) es una sociedad estatal francesa que actúa como empresa matriz de un grupo de empresas ferroviarias en ese país.

Figura 1

Imagen de la muestra del riel de denominación U36 recibido para su estudio.



La SNCF fue constituida por el gobierno francés en 1938. Su capital se repartió entre el Estado francés, que se quedó con un 51 %, y las compañías ferroviarias privadas que se fusionaban, que tuvieron un 49 %. En aquella época se trataba de satisfacer un plan de servicios públicos básicos a través de subvenciones estatales. A partir de 1940 y tras el armisticio firmado por el gobierno de Philippe Pétain con los nazis, los alemanes requisan la SNCF. Estos la utilizarán fundamentalmente para trasladar tropas por Francia, así como la deportación de judíos entregados por el general Pétain a las autoridades alemanas, para su posterior envío a campos de concentración y exterminio alemanes. A pesar de este control nazi de

la empresa, los ferroviarios franceses fueron un importante núcleo en la resistencia francesa a la ocupación, y fundaron la llamada *Resistance Fer*, que sería la oposición más frontal y dura a la que se enfrentaron las tropas alemanas, y a la que no pudieron vencer, debido a sus espectaculares y planificados sabotajes de la red ferroviaria.

La guerra acabó en 1945, y la SNCF se encontró con una red totalmente devastada, un material anticuado y con necesidades urgentes de renovación y mantenimiento. Por ese motivo la SNCF siguió bajo la tutela del estado, con lo que poco a poco consiguió recuperar lo que había perdido, en parte gracias a la ley de transportes terrestres, que otorgaba prioridad al transporte de viajeros a la SNCF. Actualmente, la SNCF (Figura 2) pone en circulación una media de 14000 trenes diarios, y transporta 1000 millones de pasajeros al año. Por su volumen de actividad, es la segunda empresa ferroviaria de la Unión Europea tras la Deutsche Bahn.

Figura 2

Mapa de las líneas operadas por los Ferrocarriles SNCF.



OBJETIVO: Analizar las características metálicas del riel de trocha ancha tipo U36 (SCNF) y comparar con materiales modernos ferroviarios.

PARTE EXPERIMENTAL

El ejemplar que se recibió para el estudio se muestra en la Figura 1. Se le realizó el proceso de lijado siguiendo una secuencia de lijas de 80 - 240 - 400 - 600 - 1500 - 2500 (granos/cm²). Luego, se pulió a espejo, mediante suspensión de óxido de aluminio (alúmina) y algodón. Para el estudio metalográfico, se realizaron en primer lugar se las micrografías, y para el ataque se utilizó el reactivo Nital 2%, y se tomaron las imágenes correspondientes a las zonas del riel Cabeza, Alma y Patín, las cuales se muestran en la Figuras 3, 4 y 5 respectivamente. Estas observaciones se lograron con microscopio metalográfico de platina invertida.

Figura 3

Micrografía de la Cabeza del riel U36. Aumento: 100X

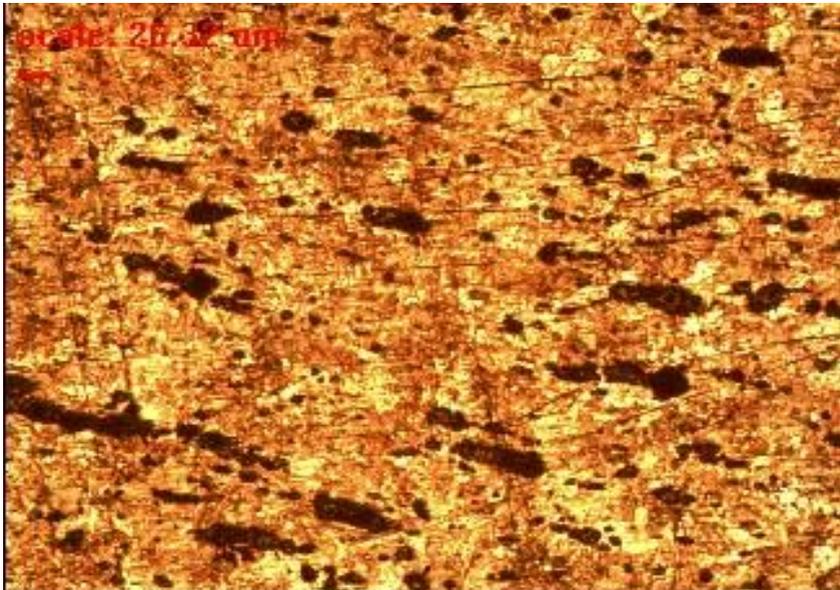


Figura 4

Micrografía del Alma del riel U36. Aumento: 100X

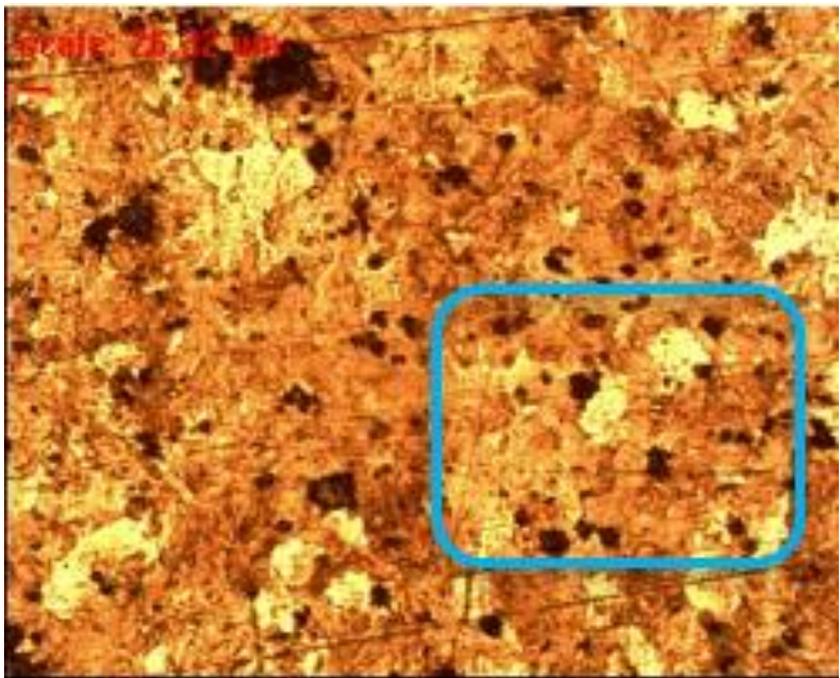
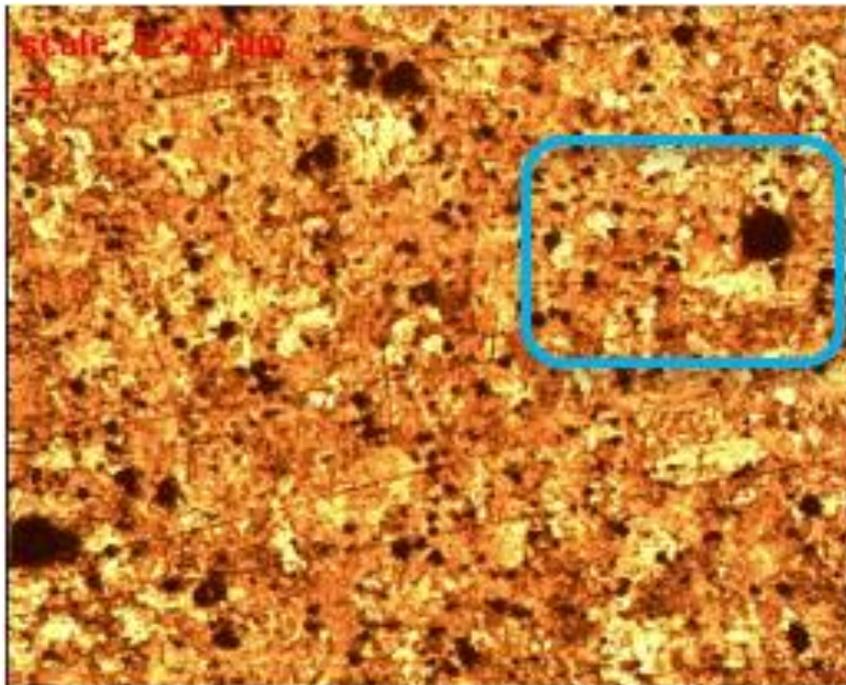


Figura 5

Micrografía de Patín del riel U36. Aumento: 100X.



A continuación, se procedió a la realización de un nuevo proceso de lijado utilizando la siguiente secuencia de lijas de: 80 - 240 - 400 - 600 - 1500 - 2500 (granos/cm²) y nuevamente pulido a espejo con alúmina, para poder eliminar el ataque con reactivo Nital 2% previamente realizado. Todo este procedimiento responde al objetivo de llevar a cabo los estudios macrográficos, la cuales aportan datos sobre la calidad del material y se muestran en las Figuras 6, 7 y 8.

Figura 6

Macrografías de Cabeza del riel tipo Vignole, denominación U36 (SNCF).

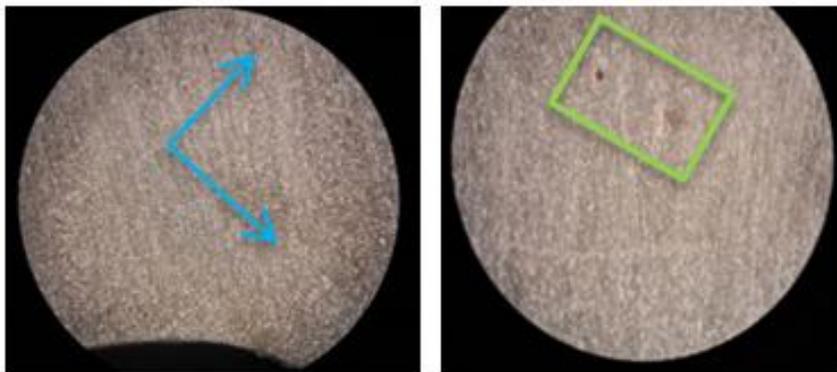


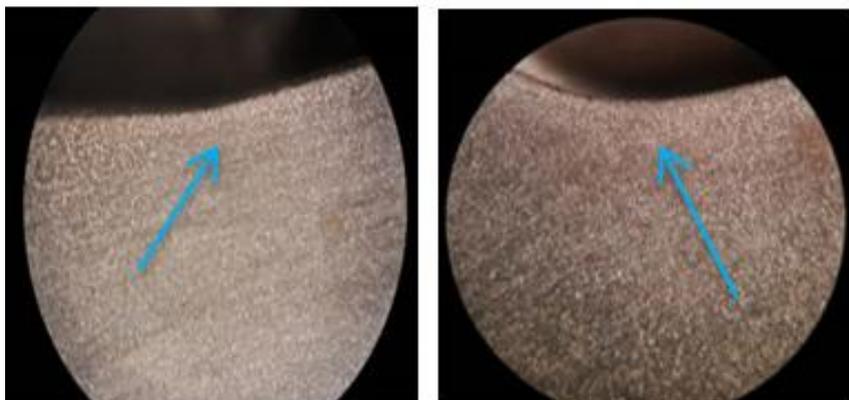
Figura 7

Macrografías de Alma del riel U36. Aumento: 6.7 μ m



Figura 8

Macrografías del Patín de riel U36. Aumento: 6.7 μ m.



Complementariamente se evaluó la composición química utilizando un espectrómetro de emisión óptica por chispa de argón, datos que se visualizan en la Tabla 1. Además, se procedió a la evaluación del rango de dureza en las zonas: Cabeza, Alma y Patín del riel ferroviario U36 las cuales se encuentran especificadas en escala de dureza Brinell (HB) (Tabla 2), y fueron tomadas mediante durómetro de impacto.

Tabla 1

Composición química del riel tipo Vignole, denominación U36 (SNCF).

<i>Elementos</i>	<i>%</i>	<i>Elementos</i>	<i>%</i>
C	0.88	Mo	0.005
Si	0.23	Ni	0.010
Mn	1.11	Al	0.005
P	0,039	Co	0.007
S	0,041	Cu	0.012
Cr	0.030	Nb	0.006

Tabla 2

Perfil de Dureza del riel tipo Vignole, denominación U36 (SNCF).

	Cabeza	Alma	Patín
Medición de Dureza (HB)	238	199	240
	259	307	349
	248	215	236
Promedio (HB)	248,3	240,3	275

RESULTADOS EXPERIMENTALES

En el caso de las micrografías del riel de trocha ancha del tipo U36 (SNCF) mostradas en las Figuras 3, 4 y 5, efectuadas en distintos sectores nombrados como Cabeza, Alma y Patín, se observa que la microestructura corresponde a una matriz ferrita (zona clara) con perlita globulizada (zonas oscuras) lograda mediante un tratamiento térmico de recocido de globalización, este tratamiento se aplica a los metales para ablandarlos y disminuir su dureza, además crea una estructura más homogénea y granulada en el material, lo que lo hace más maleable, mejorando las propiedades mecánicas y eliminando tensiones internas.

El acero de este espécimen es un acero eutectoide (ASM International, 1985); dado su contenido de carbono (0.88 %C) de acuerdo a lo revelado por el análisis de composición química (Tabla 1).

En las micrografías citadas se observa puntualmente en la zona de Cabeza del riel como la perlita paso de ser esferoidal a aplanarse en la dirección de los esfuerzos, esto forma parte grano de la deformación en frío a que estuvo sometido el riel producto de las cargas cíclicas actuantes.

En las macrografías correspondientes mostradas en las Figuras 6, 7 y 8, en la Cabeza del riel se puede observar claramente un perfecto delineado de las fibras del material constituyente (ASM International, 2002). Sin embargo, en esta zona se observaron algunos huecos mínimos o porosidad.

En la parte superior del Alma se detectó segregación, lo que nos indica la diferencia en los tiempos de solidificación de los elementos aleantes que se concentran en el centro de los sectores (Lindenvald, 1972).

En el Patín del riel U36 se observan con claridad las fibras del material indicando, por lo tanto, que la materia prima para la fabricación de este tipo de riel U36 ha sido de buena calidad y el proceso de conformado ha sido controlado por lo que ha seguido en servicio activo durante décadas.

La dureza Brinell fue evaluada en las tres distintas zonas del espécimen (Cabeza, Alma y Patín), las cuales se pueden visualizar en la Tabla 2. Se tomaron tres mediciones por cada sector y se calculó el valor promedio, adicionalmente se realizó la equivalencia en escala Dureza Rockwell, así: Cabeza 248,3 HB (102 HRB), Alma 240,3 HB (100 HRB) y Patín 275 HB (104 HRB). Por último, se pudo apreciar que dicho ejemplar (Tabla 3) presenta valores de dureza semejantes a los rieles actuales. Con respecto a la relación de este riel U36 con algún material moderno se encuentra que dada su composición química es similar al acero SAE Grado 1080 (Tabla 4). La composición química del riel U36 está en concordancia con la composición química de los rieles actuales en general (Tabla 5).

Tabla 3

Valores de Dureza rieles actuales, expresados en Dureza Rockwell (HRB)

<i>Tipos de rieles actuales</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Dureza Brinell (HB)</i>	<i>Máximo</i>	<i>Dureza Brinell (HB)</i>
<i>Rieles Normales</i>	107 HRB	302 HB
<i>Rieles de Alta Resistencia</i>	109 HRB	341 HB	112 HRB	388 HB

Tabla 4*Composición química del acero SAE Grado 1080*

%C	%Mn	%S	%P
0,75 - 0,88	0,60 - 0,90	<0,05	<0,04

Tabla 5*Composición química de los rieles ferroviarios actuales*

%C	%Mn	%Si	%S	%P
0,40 - 0,82	0,60 - 1,70	0,05 - 0,50	<0,05	<0,04

CONCLUSIONES

Considerando los estudios de micrografías, valores de composición química y del perfil de dureza obtenidos en el riel de trocha ancha tipo Vignole, de denominación U36 (SNCF) y comparándolo con los valores de composición química y dureza se correlacionan con los valores indicados para los rieles actuales. De acuerdo a los efectos de la deformación en frío en la zona llamada Cabeza del ejemplar se observa que la perlita globulizada de la estructura metalográfica ha tomado la forma aplanada y en la dirección de las sollicitaciones.

Este mecanismo de deformación en frío es lo que con el paso del tiempo le ha permitido al riel ferroviario U36 desarrollar mayor resistencia y dureza, y de esta manera que adquiriera mayor resistencia a los mecanismos de desgaste y fatiga propios de sus prestaciones.

Desde el punto de vista de la calidad del material, según lo evaluado a partir de los estudios macrográficos, el material presenta buena calidad y ha sido conformado mediante procesos de fabricación controlados y además el material cumple con las especificaciones estándar.

Comparando la relación con aceros actuales, se concluye que el material de este perfil longitudinal de riel ferroviario U36 es semejante o similar a los aceros SAE Grado 1080 que, debido a su alta resistencia al desgaste, este tipo de aceros se utilizan en productos largos y perfiles estructurales, para muelles y ejes, así como en otros productos que sufren la influencia de las cargas dinámicas (fatiga) y la abrasión (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1984).

Históricamente, es importante señalar que este estudio permitió conocer su procedencia (Francia) y que fue fabricado por la Sociedad Nacional de Ferrocarriles Franceses (SNCF), la cual fue fundada por el gobierno francés en 1938. Adicionalmente, concluir que resulta importante conocer que no todas las líneas férreas de nuestro país fueron adquiridas a Gran Bretaña, sino que las opciones son un poco más amplias.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer al IMTECAP (Instituto de Materiales y Tecnología Aplicada) perteneciente a la UTN Facultad Regional Mendoza en virtud de la colaboración en equipamiento e insumos para el desarrollo este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

- ASM International (1985). *ASM Handbook. Metallography and Microstructures* (ninth ed., Vol. 9). American Society for Metals.
- ASM International (2002). *ASM Handbook. Failure analysis and Prevention* (10th ed., Vol. 11). American Society for Metals.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1984). Bulones para vías (Norma número IRAM-FA L 70-06). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/fa_7006.pdf
- Lindenvald, Nora (1972). *La Estructura de los Metales*. Editorial Prensa Universitaria Argentina.

* * *