

Una nueva clasificación de defectos en los carriles de acero

A new classification of rail defects

David Morís-Moro, Jaime Viña-Olay y
Antonio Argüelles-Amado
Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón
(España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/9052>

Un fallo en un componente de la vía como es el carril puede conllevar descarrilamientos y accidentes mortales. Es por tanto un elemento esencial, el cual, gracias al progreso tecnológico, tiene hoy en día una gran duración en servicio. Sin embargo, el incremento de los volúmenes de tráfico, carga por eje y velocidades acrecienta la demanda sobre el carril.

En este artículo se muestra un nuevo sistema de clasificación de defectos producidos, tanto a consecuencia de la fabricación como a consecuencia de la explotación de la vía férrea. Este nuevo sistema surge de la necesidad que tienen los diferentes intervinientes de los ferrocarriles, a saber, técnicos de vía, ingenierías, inspectores, administraciones ferroviarias y fabricantes de carril de determinar los fallos de manera efectiva y posteriormente tomar las decisiones adecuadas.

Todos estos actores utilizan los catálogos de defectos y las publicaciones sobre vía disponibles, a saber:

- Manuales de defectos de asociaciones ferroviarias internacionales (ejemplo: UIC 712R Rail defects, UIC 725 Treatment of rail defects, UIC 135 Atlas of wheel and rail defects, [1-3].
- Criterios de aceptación de producto según la familia de normas EN13674 [4-7].
- Defectos recogidos en la norma Arema [8].
- Manuales de inspectores de vía de organismos reguladores (ejemplo AUSTRALIAN RAIL TRACK CORPORATION "Rail defects handbook, some rail defects, their characteristics, causes and control" RC 2400 "Track Inspector Rail Defect Reference Ma-

nual", Federal Rail Road Administration. Office of Railroad Safety. U.S.) [9-10].

- Manuales elaborados por grupos investigadores de universidades ("Modern Railway Track" Delft University of Technology", Koninklijke van de Garde BV) [11].
- Catálogos de defectos de empresas proveedoras de material rodante para inspección o mantenimiento (Nordco Rail Flaw Defects Identification Handbook, PlasserTheurer, Speno, etc.) [12].
- Otras publicaciones (Sperry Rail defect manual) [13].

Para englobar los distintos criterios de clasificación de defectos se creó un árbol genealógico de fallos con familias y subfamilias con un sistema de códigos.

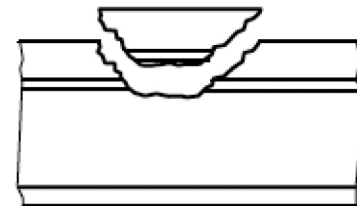
En primer lugar se establece una clasificación por la zona del carril donde se produce el defecto, posteriormente se establece una clasificación por el tipo de defecto que da lugar a las distintas subfamilias dentro de cada familia. En último lugar se desciende al caso particular, al defecto propiamente dicho. Las familias tendrán un código de dos dígitos, mientras que las subfamilias dispondrán de un código de cuatro dígitos que indicará el tipo de defecto; finalmente el defecto se compondrá de un código de seis dígitos. Así resultará sencillo para el usuario saber a qué familia y subfamilia pertenece cada fallo y obtener información de su causa.

2. FAMILIAS DE DEFECTOS

Se han distinguido seis diferentes familias de defectos atendiendo dónde y en qué dirección se encuentra el fallo:

01 DEFECTOS TRANSVERSALES EN LA CABEZA DEL CARRIL

En esta familia se engloban todas las subfamilias cuyos defectos o bien progresan en el plano transversal o bien se producen de forma discreta, al contrario que los defectos longitudinales que tienden a



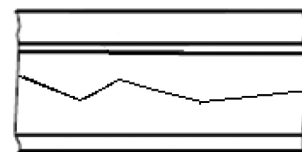
producirse de forma continua sobre la superficie de rodadura o parte activa de la cabeza del carril.

02 DEFECTOS LONGITUDINALES EN LA CABEZA DEL CARRIL



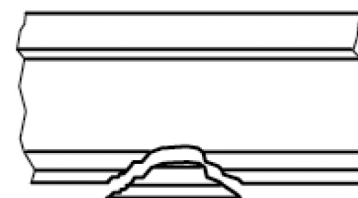
A esta familia pertenecen las subfamilias cuyos defectos se propagan o se forman longitudinalmente a lo largo de la cabeza del carril.

03 DEFECTOS EN EL ALMA DEL CARRIL



En esta familia se recogen las subfamilias de aquellos defectos producidos en el alma del carril.

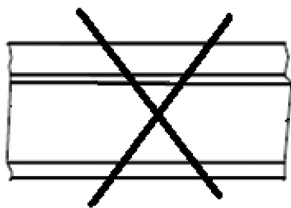
04 DEFECTOS EN EL PATÍN DEL CARRIL



En esta familia se recogen las subfamilias de aquellos defectos producidos en el patín del carril.

05 DEFECTOS DEL CARRIL EN SU CONJUNTO

Esta es la familia de defectos que engloba las subfamilias de defectos que no afectan a una parte del carril en concreto, sino a todo él. Ejemplo de ello son las



desalineaciones que son deformaciones de toda la longitud del carril o los defectos en la geometría de la sección que afectan a cabeza, alma y patín.

06 DEFECTOS EN LA SOLDADURA

Los defectos de soldadura, tanto en obra como en planta de soldadura, se refieren a cualquier discontinuidad u oquedad que excede el 5% del área de la cabeza del carril o el 10% del material de aportación (en la soldadura aluminio-térmica). Las soldaduras en planta son fácilmente identificables como resultado del proceso de cizallado empleado para quitar el exceso de material soldado, en oposición a la soldadura en obra que presenta material sobrante sobre el alma y el patín del carril. Ambos tipos de soldaduras pueden fallar en dirección oblicua desde la anomalía presentada.

2.1. SUBFAMILIAS DE DEFECTOS

0101 Fractura transversal

Un fallo de fractura transversal tiene su origen en un tipo de fatiga que se ha desarrollado en el plano transversal al plano de sección de la cabeza del carril. El desarrollo puede ser normal o en múltiples etapas antes del fallo [1]. El defecto transversal solamente es identificado por procesos de inspección no destructivos si el defecto ha progresado a la superficie de rodadura y ya se ha producido la fractura.

- 010101 Fractura transversal de crecimiento normal (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 111 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING (KIDNEY-SHAPED FATIGUE CRACK) 211 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING)
- 010102 Fractura transversal de crecimiento rápido (*Transverse fissure rapid growth*) (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 111 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING (KIDNEY-SHAPED FATIGUE CRACK) 211 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING)
- 010103 Fractura transversal de crecimiento súbito (*Transverse fissure*

sudden growth) (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 111 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING (KIDNEY-SHAPED FATIGUE CRACK) 211 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING)

- 010104 Fractura transversal compuesta (*Compound transverse fissure*) (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 111 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING (KIDNEY-SHAPED FATIGUE CRACK) 211 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING)

0102 Fracturas localizadas

Las fracturas localizadas son una subfamilia de fallos cuyos defectos se manifiestan en forma de fractura progresiva originada en diferentes zonas del carril. Estas fracturas no deben ser confundidas con las fisuras transversales ni con las fisuras compuestas u otros defectos de origen interno [1].

- 010201 Fractura localizada bajo cáscara (*Detail fracture under shell*) (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 111 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING (KIDNEY-SHAPED FATIGUE CRACK) 211 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING)

Código de 2 dígitos	Familia	Código de 4 dígitos	Subfamilia
01	Defectos transversales en la cabeza del carril	0101	Fractura transversal
		0102	Fracturas localizadas
		0103	Derrapajes
		0104	Daños ordinarios
		0105	Aplastamientos en la cabeza
		0106	Aplastamientos en la sección transversal
02	Defectos longitudinales en la cabeza del carril	0201	División horizontal en la cabeza
		0202	División vertical de la cabeza
		0203	Defectos superficiales por fatiga por rodadura
		0204	Ondulaciones
		0205	Defectos por patinaje de ruedas
		0206	Defectos de laminación
		0207	Desgaste vertical
03	Defectos en el alma del carril	0301	Separación de cabeza y alma
		0302	División del alma
		0303	Abombamiento del alma
		0304	Fallos en las perforaciones del alma
		0305	Separación de patín y alma
		0306	Defectos de laminación en el patín
04	Defectos en el patín del carril	0401	Fallos en el patín
05	Defectos del carril en su conjunto	0501	Desalineación
		0502	Defectos en la geometría de la sección
		0503	Defectos en las improntas macrográficas
		0504	Corrosión
06	Defectos en la soldadura	0601	Defectos en soldadura en planta
		0602	Defectos en soldadura en obra
		0603	Fracturas localizadas por soldadura de cables

Tabla 1: Sistema de códigos, familias y subfamilias de defectos

- 010202 Fractura localizada por marca en cabeza (*Detail fracture from head check*) (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 111 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING (KIDNEY-SHAPED FATIGUE CRACK) 211 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING)
- 010203 Fractura localizada inversa (*Reverse detail fracture*) (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 111 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING (KIDNEY-SHAPED FATIGUE CRACK) 211 PROGRESSIVE TRANSVERSE CRACKING)
- 010204 Fractura por patinazo (*Engine burn fracture*) (*Transverse fissure normal growth*) (UIC 712: 2251 ISOLATED WHEEL BURN)

0103 Patinazos

También conocido en España como "huellas de patinaje", esta subfamilia de defectos implica un defecto progresivo que se origina puntualmente cuando las ruedas han deslizado en la parte superior del carril. El defecto se origina cuando una rueda tractora calienta una porción la superficie del carril y un enfriamiento rápido forma grietas termales. El impacto de las ruedas sobre el área afectada por la quemadura inicia una ligera separación del metal quemado desde el metal padre y se desarrolla en una planitud puntual. La separación transversal puede comenzar desde una grieta térmica en el área quemada en cualquier momento.

- 010301 Abrasiones pequeñas por fricción de las ruedas (*Small engine burns*)
- 010302 Abrasiones medianas por fricción de las ruedas (*Medium engine burns*) (UIC 712: 2252 REPEATED WHEEL BURNS) [1]
- 010303 Abrasiones grandes por fricción de las ruedas (*Large engine burns*)
- 010304 Abrasiones múltiples por fricción de las ruedas (*Multiple engine burns*)

0104 Daños ordinarios

La subfamilia de daños ordinarios comprende aquellos defectos producidos por la explotación de la vía tales como rotura ordinaria, marcas en el carril o deformaciones por impacto de ruedas.

- 010401 Rotura ordinaria bajo condiciones de bajas temperaturas (*Ordinary break under cold weather conditions*) (UIC 712: 100 TRANSVERSE BREAK WITHOUT APPARENT ORIGIN 200 TRANSVERSE BREAK WITHOUT APPARENT ORIGIN) [1]

- 010402 Carril mellado (*Nicked rail*)
- 010403 Huellas de balasto (*Ballast imprint*)
- 010404 Carril hundido (*Flattened rail*)
- 010405 Cabeza aplastada (*Crushed rail*)

0105 Aplastamientos en la cabeza

Los aplastamientos en la cabeza del carril es una subfamilia de defectos perteneciente a la familia defectos transversales en la cabeza del carril. Básicamente son de dos tipos según donde se produzca: en la superficie de rodadura y en el radio superior de la cabeza de la parte interior de la vía [1], [16-17], [20].

- 010501 Aplastamiento de la superficie de rodadura leve (*Mild running surface squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010502 Aplastamiento de la superficie de rodadura moderado (*Moderate running surface squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010503 Aplastamiento de la superficie de rodadura severo (*Severe running surface squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010504 Aplastamiento de la superficie de rodadura muy severo con desprendimientos (*Very severe running surface (spalled out) squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010505 Aplastamiento del radio superior de la cabeza múltiple leve (*Mild multiple gauge corner squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010506 Aplastamiento del radio superior de la cabeza múltiple moderado (*Moderate multiple gauge corner squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010507 Aplastamiento del radio superior de la cabeza múltiple severo (*Severe multiple gauge corner squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010508 Aplastamiento del radio superior de la cabeza múltiple muy severo (*Severe multiple gauge corner squat*) (UIC 712: 227 SQUAT / CRACKING AND LOCAL DEPRESSION OF THE RUNNING SURFACE)
- 010509 Studs (*Studs*)

0106 Aplastamientos en la sección transversal

El aplastamiento de la sección transversal, es más que un defecto en sí mismo, una evolución de cualquiera de los anteriores de la subfamilia de fallos transversales en la cabeza del carril. Es un resultado de una rotura transversal de la sección transversal de un carril que ha sido expuesta durante cierto tiempo al paso del tren por la vía. Existen dos tipos de aplastamiento de la sección transversal que un inspector normalmente encontrará durante la revisión de un defecto, a saber, de impacto y por fricción. Ambos tipos pueden dificultar la identificación del origen de la rotura [9].

- 010601 Aplastamiento en la sección transversal por impacto (*Impact batter*)
- 010601 Aplastamiento transversal por fricción (*Friction batter*)

0201 División horizontal en la cabeza

División horizontal de la cabeza se refiere a aquel defecto progresivo que se origina dentro de la cabeza del carril, usualmente un cuarto de pulgada o más bajo la superficie de rodadura progresando horizontalmente en todas las direcciones y generalmente acompañado por una planitud puntual en la superficie de rodadura. El defecto aparece como una grieta en la longitud del carril cuando alcanza la parte lateral de la cabeza del carril [1].

- 020101 División horizontal en la cabeza por grieta interna (*Horizontal Split head from an internal seam*) (UIC 712: 112 HORIZONTAL CRACKING 212 HORIZONTAL CRACKING)

0202 División vertical de la cabeza

La división vertical de la cabeza se refiere a la división vertical a través o cercana al medio de la cabeza en o a través de ella. Una grieta o línea de corrosión puede aparecer bajo la cabeza, cerca del alma o varias piezas pueden separarse del lateral de la cabeza. También engloba a defectos de deformación vertical producidos bajos muy altas cargas de operación.

- 020201 División vertical de la cabeza con grieta externa en alma-cabeza (*Vertical split head and web*) (UIC 712: 113 LONGITUDINAL VERTICAL CRACKING 213 LONGITUDINAL VERTICAL CRACK 253 LONGITUDINAL VERTICAL CRACKING) [1]
- 020202 Rotura por cizalladura (*Shear break*)

0203 Defectos superficiales por Fatiga por Rodadura

La subfamilia de defectos de fatiga por contacto de rodadura engloba un variado rango de fallos y se desarrolla en los carriles de la mayoría de las ferrovías mundiales. Estos daños aparecen básicamente debido al desarrollo de unas excesivas tensiones de cizalladura en el contacto rueda/carril. Primero aparece en la superficie o bajo ella. En cualquier caso son el resultado de sobretensiones en el material en millones de ciclos rueda/carril [15].

- 020301 Agrietamiento de la superficie de rodadura (*Running surface checking*)
- 020302 Descamación menor de la superficie de rodadura (*Running surface minor flaking*)
- 020303 Descamación mayor de la superficie de rodadura (*Running surface major flaking*)
- 020304 Desconchado de la superficie de rodadura (*Running surface shelling*) (UIC 712: 122 SHELLING OF THE RUNNING SURFACE 2221 SHELLING OF THE RUNNING SURFACE) [1]
- 020305 Agrietamiento del radio interior de la curva (*Gauge corner checking*) (UIC 712: 2223 HEAD CHECKING / FISSURING / SCALING AT THE GAUGE CORNER) [1]
- 020306 Exfoliación menor del radio interior de la curva (*Minor spalling*) (UIC 712: 2223 HEAD CHECKING / FISSURING / SCALING AT THE GAUGE CORNER) [1]
- 020307 Exfoliación mayor del radio interior de la curva (*Major spalling*) (UIC 712: 2223 HEAD CHECKING / FISSURING / SCALING AT THE GAUGE CORNER) [1]
- 020308 Desconchado del radio interior de la curva (*Shelling*) (UIC 712: 2222 SHELLING OF THE GAUGE CORNER) [1]

0204 Ondulaciones

Las ondulaciones son un fenómeno de desgaste que ocurre mayoritariamente en ferrocarriles urbanos. Es una consecuencia de una interacción mecánica entre el material rodante y el carril dependiendo en mayor medida de las características de oscilación del tren y de las propiedades mecánicas de carril y ruedas. La consecuencia es un desgaste vertical oscilatorio del carril en la superficie de rodadura del carril sobre eje longitudinal [1], [22].

- 020401 Ondulación de longitud corta insignificante (*Short pitch corrugations – negligible*) (UIC 712: 2201 SHORT-PITCH CORRUGATION)

- 020402 Ondulación de longitud corta insignificante (*Short pitch corrugations – mild*) (UIC 712: 2201 SHORT-PITCH CORRUGATION)
- 020403 Ondulación de longitud larga moderada (*Long pitch corrugation – moderate*) (UIC 712: 2202 LONG-PITCH CORRUGATION)
- 020404 Ondulación de longitud larga severa (*Long pitch corrugation – severe*) (UIC 712: 2202 LONG-PITCH CORRUGATION)
- 020405 Ondulación de longitud larga muy severa (*Long pitch corrugation – very severe*) (UIC 712: 2202 LONG-PITCH CORRUGATION)
- 020406 Ondulación de longitud larga con deformación plástica (*Plastic flows associated with corrugations*)

0205 Defectos por deslizamiento de ruedas

Los defectos de deslizamiento de ruedas en la superficie son producidos cuando el material rodante está en movimiento mientras que alguno de sus ejes está frenando y las ruedas deslizan encima de la superficie de rodadura [9-10],

- 020501 Deslizamiento leve (*Small wheelslip*)
- 020502 Deslizamiento medio (*Medium wheelslip*)
- 020503 Deslizamiento como sucesión de microdeslizamientos (*Wheelslip as serie of microslips*)
- 020504 Deslizamiento asociado a patinazo (*Wheelslip associated with engine burn*)

0206 Defectos de laminación en la superficie de rodadura

Se consideran defectos de laminación a todas aquellas marcas o cavidades localizadas en la cabeza del carril, producidas durante la laminación, mayores de 0,5 mm [9-10].

- 020601 Solape lineal (*Lap*)
- 020602 Solapes discretos (*Slivers*)
- 020603 Laminación con escamas (*Rolled in scale*) (UIC 712: 221 SURFACE DEFECTS – Flaking)
- 020604 Superficie punteada (*Dotted surface*)
- 020605 Marcas lineales (*Seams*) (UIC 712: 221 SURFACE DEFECTS – Line)
- 020606 Canal en la superficie de rodadura (*Long Groove*) (UIC 712: 221 SURFACE DEFECTS – Long Groove)

0206 Desgastes verticales (Vertical wear)

Esta subfamilia de defectos comprende una serie de tipos de desgaste de la

cabeza, normalmente en la parte interior de la vía.

- 020701 Desgaste lateral (*Flowed rail*) (UIC 712: 2203 LATERAL WEAR) [1]
- 020702 Desgaste vertical anormal (*Abnormal vertical wear*) (UIC 712: 2204 ABNORMAL VERTICAL WEAR) [1]
- 020703 Desgaste vertical con deslizamiento (*Vertical wear and tongue lipping creep*)

0301 Separación de cabeza y alma

El fallo por separación de cabeza y alma es una progresiva factura que separa longitudinalmente la cabeza y el alma del carril en el área bajo la cabeza [1].

- 030101 Separación de cabeza y alma asociada a la unión embreada (*Head and web separation due to fish-plate*) (UIC 712: 1321 HORIZONTAL CRACKING AT THE WEB-HEAD FILLET RADIUS)
- 030102 Separación de cabeza y alma asociada a agentes externos (*Head and web separation due to external agents*) (UIC 712: 1321 HORIZONTAL CRACKING AT THE WEB-HEAD FILLET RADIUS 2321 HORIZONTAL CRACKING AT THE WEB-HEAD FILLET RADIUS)

0302 División del alma

División del alma se refiere a una grieta a lo largo de la longitud del carril en el alma, extendiéndose dentro o a través del mismo. El origen puede ser una veta o un defecto en el alma, daño de origen mecánico o a veces se puede desarrollar en los lugares donde los números de colada se estampan. Estos defectos se pueden desarrollar también como resultado de unas altas tensiones residuales del proceso de enderezado, soldadura del carril y embreado [1].

- 030201 División del alma debido a altas tensiones residuales (*Split web due to high residual stress*) (UIC 712: 236 DIAGONAL CRACKING AWAY FROM ANY HOLE)
- 030202 División del alma en la zona de marcado (*Split web in the marking area*) (UIC 712: 236 DIAGONAL CRACKING AWAY FROM ANY HOLE)

0303 Abombamiento del alma

Abombamiento del alma es una fractura longitudinal (como la división vertical de la cabeza) en el alma del carril, con una separación que se abre formando una cavidad en etapas avanzadas de desarrollo. La mayoría de estos defectos en carriles nuevos son detectados antes de la expedición

ción y soldadura. La longitud del defecto puede variar desde varios milímetros hasta la completa sección del carril [1].

- 030301 Abombamiento del alma (*Piped rail*) (UIC 712: 133 LONGITUDINAL VERTICAL CRACKING (PIPING) 233 LONGITUDINAL VERTICAL CRACK (PIPING))

0304 Fallos en las perforaciones del alma

Se definen como fallos en las perforaciones del alma a aquellos defectos que ocurren como consecuencia de la ejecución de los taladros en el alma del carril, ya sea para embrizado o para manipulación del mismo.

- 030401 Estrellado de los taladros de embrizado (*Bolt hole crack*) (UIC 712: 135 STAR-CRACKING OF FISHBOLT HOLES 235 CRACKING AROUND HOLES OTHER THAN FISHBOLT HOLES) [1]
- 030402 Distancia entre taladros (*Distance between holes*)
- 030403 Altura de taladros (*Holes height*)

0305 Separación de patín y alma

Este tipo de defecto es una progresiva fractura longitudinal separando el patín y el alma. Una grieta con cierto grado de oxidación puede observarse en el radio entre cabeza y alma.

- 030501 Separación de pie y alma debido a agentes externos (*Foot and web separation due to external agents*) (UIC 712: 1322 HORIZONTAL CRACKING AT THE WEB-FOOT FILLET RADIUS 2322 HORIZONTAL CRACKING AT THE WEB-FOOT FILLET RADIUS) [1]

0306 Defectos de laminación en el alma

Esta subfamilia incluye todo tipo de defectos localizados en el alma del carril producidos durante el proceso de laminación.

- 030601 Solape en el alma (*Web lap*) (UIC 712: 239 LAP) [1]

0401 Fallos en el patín

Se consideran fallos en el patín a aquellos defectos que se inician en el patín del carril.

- 040101 Patín roto (*Broken base*) (UIC 712: 253 LONGITUDINAL VERTICAL CRACKING) [1]
- 040102 Fractura en el pie (*Base fracture*)
- 040103 Grietas transversales en el pie (*Transverse cracks on the base*)

0501 Desalineación

Se definen los defectos de esta subfamilia como falta de alineación ya sea en el plano vertical, horizontal o transversal.

Los criterios de alineación son los determinados por las diferentes normas, destacando la familia de normas EN13674 y la norma Arema [1], [4-7].

- 050101 Carril torcido (*Kinked rail*) (UIC 712: 303 PERMANENT DEFORMATION (WARPED RAIL))
- 050102 Desalineación vertical (*Vertical misalignment*) (UIC 712: 303 PERMANENT DEFORMATION (WARPED RAIL))
- 050103 Desalineación horizontal (*Horizontal misalignment*) (UIC 712: 303 PERMANENT DEFORMATION (WARPED RAIL))
- 050104 Combado (*Sweep*) (UIC 712: 303 PERMANENT DEFORMATION (WARPED RAIL))
- 050105 Torsión (*Twist*) (UIC 712: 303 PERMANENT DEFORMATION (WARPED RAIL))

0502 Defectos en la geometría de la sección

Esta subfamilia de defectos engloba los defectos geométricos de la sección transversal del carril [4-7].

- 050201 Altura del perfil (*Height of rail*)
- 050202 Perfil de la cabeza (*Crown profile*)
- 050203 Anchura de la cabeza (*Width of rail head*)
- 050204 Asimetría (*Asymmetry*)
- 050205 Altura de embrizado (*Fishing height*)
- 050206 Espesor del alma (*Web thickness*)
- 050207 Anchura del patín (*Width of rail foot*)
- 050208 Espesor del ala del patín (*Foot toe thickness*)

0503 Defectos en las improntas macrográficas

Los defectos detectados por medio de las improntas macrográficas realizadas en laboratorio son normalmente segregaciones, ya sean negativas o positivas [4-7].

- 050301 Bordeado negativo (*Negative rim*)
- 050302 Segregación positiva a partir de grietas internas (*Positive segregation from internal hot cracks*)
- 050303 Punteado interno (*Subsurface pin holes*)
- 050304 Doble segregación positiva en el alma (*Double positive segregation in the web*)

- 050305 Segregación central en el alma (*Central web segregation*)

0504 Corrosión

La corrosión es la descomposición del metal en el alma o el patín lo que resulta en irregularidades o cavidades [24].

- 050401 Corrosión anormal (*Corrosion*) (UIC 712: 134 CORROSION 234 CORROSION 254 CORROSION) [1]

0601 Defectos en soldadura en planta

Los defectos en las soldaduras por arco eléctrico son defectos progresivos transversales en la cabeza del carril dentro del área donde los dos carriles por la presión del proceso, un óxido o una escoria quedan atrapados dentro del área de soldadura. El defecto resulta al eliminar el material en exceso que se genera durante el proceso de soldado.

- 060101 Defecto en soldadura por arco eléctrico con atrapamiento de óxido (*Flash butt weld with oxide entrapment*) (UIC 712: 412 HORIZONTAL CRACKING OF THE WEB) [1]
- 060102 Defecto en soldadura por arco eléctrico con atrapamiento de escoria (*Flash butt weld with slag entrapment*) (UIC 712: 412 HORIZONTAL CRACKING OF THE WEB) [1]

0602 Defectos en soldadura en obra

Tradicionalmente la soldadura en obra era solamente del tipo aluminotérmica y mostraba una subfamilia de defectos que se describen en este apartado. Actualmente existen equipos móviles de soldadura por arco eléctrico.

Los defectos en las soldaduras aluminotérmicas (en obra) ocurren como resultado de la utilización de materiales o procedimientos inapropiados. Los atrapamientos de óxidos, escorias y porosidades pueden ser encontrados en cualquier parte del área de soldadura.

- 060201 Soldadura aluminotérmica con atrapamiento de óxido (*Thermite weld with oxide entrapment*) (UIC 712: 421 TRANSVERSE CRACKING OF THE PROFILE 422 HORIZONTAL CRACKING OF THE WEB)
- 060202 Soldadura aluminotérmica con atrapamiento de escoria (*Thermite weld with slag entrapment*) (UIC 712: 421 TRANSVERSE CRACKING OF THE PROFILE 422 HORIZONTAL CRACKING OF THE WEB)
- 060203 Soldadura con porosidad (*Weld porosity*) (UIC 712: 421 TRANSVERSE CRACKING OF THE PROFILE)

422 HORIZONTAL CRACKING OF THE WEB)

0603 Fracturas localizadas por soldadura de cables

Estos defectos consisten en unas fisuras localizadas desde una conexión soldada en la cabeza o en el alma que termina derivando en un defecto transversal que se desarrolla desde el punto de soldadura.

- 060301 Fractura localizada por soldadura de cables en la cabeza (*Detail fracture associated with weld bond on the head*) (UIC 712: 481 TRANSVERSE CRACKING UNDER ELECTRICAL CONNECTION)
- 060302 Fractura localizada por soldadura de cables en el alma (*Detail fracture associated with weld bond on the web*) (UIC 712: 481 TRANSVERSE CRACKING UNDER ELECTRICAL CONNECTION)

5. CONCLUSIONES

La evolución de los ferrocarriles hace necesario entender el comportamiento de todos los componentes que lo integran, por ello es conveniente tener las herramientas apropiadas. Debido al estado del arte en el campo de los defectos y daños existente en el mundo del carril de acero es necesario un nuevo sistema de clasificación que permita la identificación y definición del defecto mediante un simple código de dígitos y acompañado de imágenes que lo distingan de manera inequívoca. La integración de todo ello en un catálogo permite una mejor comprensión y rápida transmisión de la información.

Los defectos comprendidos en la familia de fisuras transversales es uno de los fallos más relevantes que pueden ocurrir y pueden ser la última etapa de otro tipo de defecto.

Otro tipo de defecto no menos importante y que representa un verdadero quebradero de cabeza a los ferrocarriles modernos, son aquellos producidos por la fatiga por contacto de rodadura debido a la dificultad en determinar las causas que los originan y cómo prevenirlos. La mayoría de los ferrocarriles Europeos han iniciado periódicas campañas de amolado al objeto de controlar el problema, mientras que la industria siderúrgica ha desarrollado nuevos grados de acero que se comportan mejor en este aspecto. A modo de conclusión, el propósito de este sistema de clasificación es ayudar a la identificación y diagnóstico de fallos en los carriles a los ingenieros de campo, estudiantes, ferrocarriles y fabricantes.

REFERENCIAS

- [1] UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC) – World Division. UIC Leaflet 712 R Rail defects. 1st January 2002. ISBN 2-7461-0341-9
- [2] UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC) – World Division. UIC Leaflet 135 Atlas of wheel and rail defects. April 2004. ISBN 2-7461-0818-6
- [3] UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC) – World Division. UIC 725 Treatment of rail defects. June 2015. ISBN 978-2-7461-2367-0
- [4] CEN: EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Railway applications – Track – Rail: Part 1: Vignole Railway Rails 46kg/m and above prEN13674-1. 2011
- [5] CEN: EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Railway applications – Track – Rail: Part 2: Switch and crossing rails used in conjunction with Vignole railway rails 46 kg/m and above prEN13674-2". 2006.
- [6] CEN: EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Railway applications – Track – Rail: Part 3: Check rails prEN13674-3". 2006.
- [7] CEN: EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Railway applications – Track – Rail: Part 4: Vignole railway rails from 27 kg/m to, but excluding 46 kg/m prEN13674-4". 2006.
- [8] American railway engineering maintenance-of-way association (ArEMA), Part 2 Manufacture of Rail. 2013.
- [9] AUSTRALIAN RAIL TRACK CORPORATION. Rail defects handbook, some rail defects, their characteristics, causes and control, RC 2400, Issue A Revision 0. 2006.
- [10] U.S. DEPARTMENT TRANSPORTATION. OFFICE OF RAILROAD SAFETY. Track Inspector Rail Defect Reference Manual, Agosto 2011.
- [11] ESVELD, Coenraad. Modern Railway Track Delft University of Technology, Koninklijke van de Garde BV. 2001.
- [12] NORDCO. Nordco Rail Flaw Defect Identification Handbook. 2011.
- [13] DANBURY, Conn. Rail Defect Manual. Sperry Rail Service. 1968.
- [14] SIMON, S., SAULOT, A., DAYOT, C., Tribological characterization of rail squat defects. Wear 297 (926-942). 2013.
- [15] KONDO, K., YOROIZAKA, K., SATO, Y, Cause, increase and diagnosis, countermeasures and elimination of Shinkansen shelling. Wear 191 (199-203), 1996
- [16] PAL, Sarvesh, DANIEL, William J.T., FARJOO, Mohammadali., Early stages of rail squat formation and the role of a white etching layer. International Journal of Fatigue 52 (144-156). 2013.
- [17] PAL, Sarvesh, VALENTE, Carlos, DANIEL, William J.T., FARJOO, Mohammadali., Metallurgical and physical understanding of rail squat initiation and propagation. Wear 284-285 (30-42). 2012.
- [18] MARICH, S., Practical/ realistic implementation of wheel/ rail contact technologies – The Australian experience. En: Proceedings of 7th international conference on contact mechanics and wear of rail/wheel systems, Brisbane, Australia; 2006
- [19] GRASSIE, S, NILSSON, P, BJURSTROM, K, FRICK A, HANSSON, L, Alleviation of rolling contact fatigue on Sweden's heavy haul railway. Wear 253 (1-2): 42-53. 2002
- [20] GRASSIE, Stuart L, FLETCHER, David, EA GALLARDO-HERNANDEZ, E.A., SUMMERS, Paul, Squads and Studs: similarities and differences, In: International Heavy Haul Association Conference (IHHA), June 19-22 , 2011, Calgary, Canada.
- [21] Guidat, Alain, The necessity of rail maintenance and track design considerations. Rail Engineering International, Edition 2006 Number 1, Pag. 4
- [22] VILA TORTOSA, María Paloma, Modelado del crecimiento del desgaste ondulatorio en carriles ferroviarios. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València. Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, leída en Noviembre de 2015.
- [23] DB. D.1.2.2 Track Sections and Track Irregularities Analysis of DB Sites. Innotrak. 2008.
- [24] GREENWOOD, Steve, Coated Rail installed in Severn Tunnel to prevent corrosion. Alphatek Hyperformance Coatings Ltd. 2007

MATERIAL SUPLEMENTARIO

http://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/9052-1.pdf

