

Noviembre 2009

Euro 16,50

www.eurallpress.de/rtr

ISSN 0079-9548

RTR

SPAIN EDITION

Revista Técnica de los Ferrocarriles

RAILWAY TECHNOLOGY REVIEW

CONSTRUCCION LIGERA

La masa de los vehículos ferroviarios aumenta continuamente. ¿Cómo contrarrestarlo?

LA FAMILIA VELARO

Decisivo para el gran éxito del concepto Velaro es su gran diversidad de aplicaciones

MANTENIMIENTO DE VIA

Estado actual de la mecanización de trabajos de vía y retrospectiva histórica



Plasser & Theurer

RENDIMIENTO | PRECISIÓN | FIABILIDAD

Chirrido en las curvas – un problema solucionable

El objetivo de muchos propietarios ferroviarios y de compañías de transporte es evitar el chirrido en las curvas, porque ven su reputación en peligro generalmente debido a las reclamaciones. Igralub AG se ocupa desde hace más de 15 años con la problemática del chirrido en las curvas. Las experiencias resultantes son resumidas y los criterios de las posibilidades disponibles son argumentados con relación a la práctica.

1 Causa

En los círculos especializados se conoce la causa del chirrido en las curvas. Allí se habla del efecto "Stick-Slip" en la cabeza del riel interior y el contacto de la pestaña de las ruedas en el riel exterior.

Estas fricciones causan vibraciones en las ruedas. La comparación con la música de copas como instrumento musical es acertada, sólo que las frecuencias alcanzan aquí hasta 8.000 Hz y el volumen puede alcanzar a menudo los 110 dB. Algo parecido se produce también al frenar. Además de este ruido, se origina también al mismo tiempo un desgaste de las partes que sufren la fricción. Éste se manifiesta p. ej. en la cabeza del riel como formación de estrías y en el caso la rueda en la pestaña o en el flanco del riel.

2 Chirrido

Dado que la vibración en el riel interior y exterior es generada de modo distinto, se originan diferentes ruidos de chirrido. El sonido estridente que se repite en secuencias muy cortas con puntos de inicio nítidos se origina en la pestaña de la rueda por distorsión del tren de ruedas. El sonido originado en la superficie de rodadura del riel es, en cuanto a la frecuencia, en su mayor parte un "aullido" continuo (origen del efecto 'Stick-Slip'). En un solo segundo se pueden comprobar hasta 1.000 efectos de tal tipo. Las frecuencias y los volúmenes medidos son iguales en ambos ruidos de chirrido.

El chirrido en las curvas está compuesto en su mayor parte de estos dos ruidos chirriantes, donde en una curva sólo se puede producir uno de estos dos tipos. Es un hecho que ya tratando la cabeza del riel en el riel interior también desaparece en su mayor parte el chirrido en el carril exterior opuesto. Modificando el coeficiente de

fricción en la cabeza del riel, el tren de ruedas ya no está tan distorsionado como estando seco. De ese modo se reduce la presión sobre el riel exterior.

No forzosamente tiene que haber respectivamente una película lubricante coherente en la cabeza del riel a lo largo de toda la curva. Una película lubricante "desgarrada" es suficiente para interrumpir la generación de la excitación de vibraciones, dado que requiere un cierto tiempo hasta que se produzca la transmisión de las vibraciones. Si ésta es interrumpida permanentemente, no se puede generar ningún sonido. Por eso es una suposición errónea que el chirrido puede ser impedido sólo con una película lubricante íntegra y continua.

3 Medidas

Para eliminar el chirrido en las curvas, se tiene que reducir o contrarrestar la excitación de vibraciones entre la rueda y el riel. Esto se consigue disminuyendo el coeficiente de fricción. El producto que debe modificar el coeficiente de fricción es conocido en los círculos especializados, sobre todo en los EE.UU., como "Friction Modifier" (FM, mejorador de la fricción). No obstante, un FM no es otra cosa que un lubricante que es aplicado entre las partes friccionantes y reduce el coeficiente de fricción. Sin embargo, a los expertos no les gusta utilizar el término "lubricar". A continuación y, dejando de lado esta objeción, hablaremos de un lubricante y no de un FM.

Como demás medidas adicionales contra el chirrido se pueden utilizar dispositivos mecánicos insonorizantes en la rueda, el riel y con construcciones al lado de las vías. Estas soluciones independientes del lubricante están vinculadas con grandes inversiones, y no actúan en el lugar del origen del chirrido y, por eso, no forman

parte de las experiencias expuestas a continuación.

3.1 Sistemas lubricadores

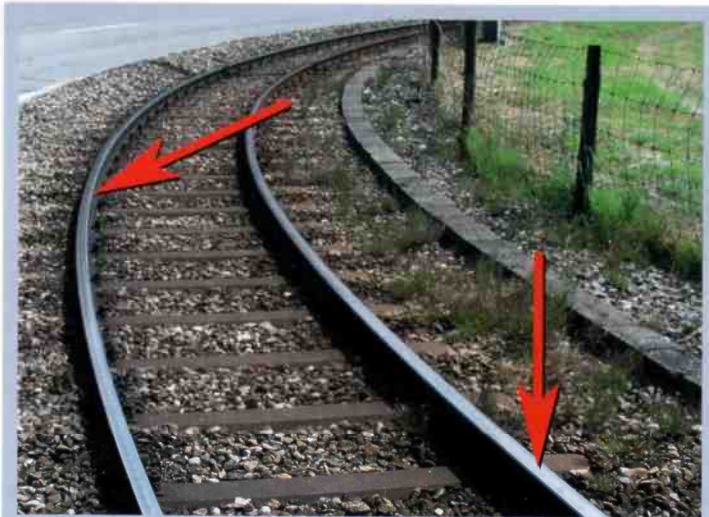
En el mercado hay diversos sistemas para la aplicación de un lubricante en la rueda y el riel. No obstante, hasta hace pocos años no habían sistemas para el tratamiento directo de la cabeza del riel. Para la mayoría de los propietarios ferroviarios, la cabeza del riel se considera algo intocable. La introducción de un sistema lubricador para la cabeza del riel tiene que garantizar que se cumplan todas las condiciones relevantes para la seguridad. Esto significa, entre otros, fiabilidad, fácil aplicabilidad y el cumplimiento de los criterios ambientales. A ello se añade que las ampliaciones del sistema, más tarde necesarias, originan otros costes en el caso de determinados tipos de sistema y, en parte, sólo pueden llevarse a cabo con gran trabajo. Para contrarrestar exitosamente el chirrido en las curvas se requiere sistemas lubricadores que lubriquen, por separado, ya sea la cabeza del riel o la pestaña de la rueda o respectivamente el flanco del riel. Un tratamiento directo de las superficies de rodadura de las ruedas puede causar un lanzamiento tangencial del lubricante por la acción de la fuerza centrífuga y, por eso, tiene poco sentido. En la mayoría de los casos ya existen sistemas lubricadores de pestañas de ruedas o de flancos de rieles.



André Kofmehl

M.Law

CEO Igralub AG, Zürich
info@igralub.ch



Superficies de fricción en la curva



Posición de las toberas

3.2 Criterios para la introducción de un sistema lubricador de la cabeza del riel

Para que un lubricante pueda ser aplicado sobre la cabeza del riel, se tienen que garantizar algunas propiedades del sistema lubricador. La aplicación del lubricante tiene

que efectuarse en un determinado lugar (riel interior o exterior de las curvas, cabeza del riel/flanco del riel), a una determinada hora y por una determinada duración (horas/a diario) y en cantidades controladas. Estas tres funciones son el requisito mínimo impuesto a un satisfactorio sistema lubricador. Con éstas se pueden considerar

presiones existentes y dependientes de la situación (como conducción lineal, frecuencias del tráfico, ubicaciones de las curvas, radio de las curvas, modo de servicio, tráfico urbano, etc.).

3.3 Comparación entre distintos sistemas lubricadores

En el mercado se ofrecen actualmente dos grupos principales de sistemas que se distinguen esencialmente en cuanto a sus funciones, sus instalaciones y su mantenimiento: Sistemas lubricadores estacionarios y móviles. Los sistemas lubricadores estacionarios son equipamientos que son colocados al lado de los rieles. En sistemas separados, el lubricante es aplicado aquí ya sea en el flanco del riel exterior o sobre la cabeza del riel interior. La composición de la película lubricante a lo largo de toda la longitud de la curva se efectúa por medio de las ruedas que pasan rodando por encima. Según las respectivas condiciones atmosféricas, se tiene que reiniciar la composición de la película lubricante, lo cual puede originar entretanto un ruido de chirrido.

En el caso de los sistemas lubricadores móviles sólo encontramos sistemas mecánicos y sistemas rociadores. Los sistemas rociadores funcionan sólo por aire comprimido de 6 hasta 8 bares. En la técnica de vehículos más moderna, en particular, en el caso de los tranvías, a menudo ya no existe más este método. La instalación posterior de un compresor es, entonces, inevitable. Los sistemas rociadores móviles son simples en su mantenimiento y no originan grandes costes. Para tratar todo el trayecto, ya es suficiente el montaje de sistemas móviles en un pequeño porcentaje de los vehículos disponibles.

El empleo de barritas de grafito está aún muy propagado en algunos países. El montaje simple de portabarritas en el

Rail squeak on curves: A problem that can be solved!

Experience in application systems and their lubricants is needed for the treatment of the top of the rail.

Please ask for our latest DVD of top of rail!

We are your specialists for solid lubricants and lubrication systems:

- Wheel flange lubrication and rail maintenance
- Rail head treatment
- Bogies and bolts for rail vehicles
- Brake linkages
- Open gears
- Toothed racks, gears
- Buffers, couplings and tension devices
- Rail points
- De-icing of contact wires

Naturally, we guarantee you consultation and services, testing and measurements on-site anywhere in the world. With the extensive measurements and test results, we are able to offer you an effective concept.

IGRALUB
SWISS HIGHTECH FORMULA

TOTAL SERVICES PROVIDER
Swiss quality for global wheel and rail management

IGRALUB AG für Schmiertechnik, Switzerland/Germany/Asia/Africa
Tel. +41 44 422 0002 www.igralub.ch info@igralub.ch www.top-of-rail.com

bogie es convincente y económico. Desafortunadamente estas barritas lubricantes no satisfacen los criterios principales arriba mencionados, aquí faltan p.ej. la posibilidad de la dosificación y la fijación de los intervalos de tiempo. Estas restricciones causan un gran consumo de barritas. También falta el efecto de arrastre, lo cual conduce al montaje de las barridas en la mayoría de los ejes existentes.

3.4. Mando electrónico como garante de la seguridad

Hace 20 años, la aplicación de un lubricante sobre la cabeza del riel estaba descartada. Gracias al progreso en la electrónica y al GPS existente, el mercado ofrece hoy mandos que permiten la aplicación de un lubricante. El montaje de un sensor de curvas en el vehículo ha caído en desuso con un mando optimizado. Para el servicio universal de un sistema lubricador móvil de la cabeza del riel se necesita un mando electrónico, en lo posible, autónomo.

Éste recibe señales de un sistema GPS o de conducción existente y señala el punto inicial y final de cada curva, así como su orientación. El mando del sistema calcula de ello los intervalos de rociado y el tratamiento de la respectiva cabeza de riel, teniendo en cuenta los tiempos de aplicación establecidos y las cantidades de lubricación exactas. Si el clima está húmedo, el sistema de rociado será detenido igualmente. Una sobrelubricación se descarta, entre otros, mediante la vigilancia del número de vehículos que se encuentran al mismo tiempo en la misma zona, p.ej. durante el servicio de tranvía en el centro de una ciudad. Una vez alcanzado un cierto número, los sistemas lubricadores elegidos serán desactivados.

3.5 Mando manual

Esta diversidad de instrucciones de mando puede encontrarse actualmente sólo en sistemas de rociado móviles. Si existe un mando independiente del sistema de conducción, las modificaciones en este mando son sencillas y rápidas de llevar a cabo. También es posible iniciar la orden para el rociado de la cabeza de un riel a mano accionando un pulsador en la cabina del conductor. No obstante, este método depende considerablemente de las personas y exige mucha disciplina. Éste es adecuado principalmente para establecimientos con pocos vehículos, p.ej. ferrocarril funicular, ferrocarriles de fábrica.

3.6 Distintas funciones de los sistemas lubricadores

La composición de la película que tiene que garantizar un coeficiente de fricción constante se lleva a cabo de forma diferente en ambos grupos de sistema. En los sistemas lubricadores de rieles estacionarios, esto se realiza en un punto mediante un inyector breve o con la expulsión del lubricante a través de un agujero en el cuerpo del riel. Además se pueden encontrar sistemas, en los cuales el lubricante es expulsado por ranuras en una placa lubricadora dispuesta lateralmente. En cambio, en los sistemas de rociado móviles, la aplicación de la película sobre la cabeza del riel se realiza mediante un rociado uniforme.

Los sistemas estacionarios originan al cabo de corto tiempo un ensuciamiento en la vía o en el flanco del riel. La grasa residual se une con suciedad y arena. Debido a ello se reduce la adhesión a la cabeza del riel, pudiendo surgir situaciones críticas para

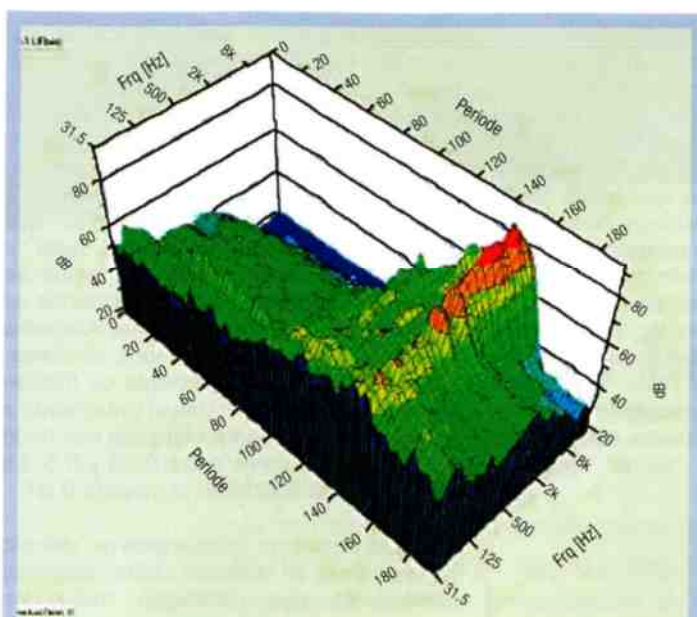
todos los usuarios viales, en particular, durante el servicio de tranvías. Unas ranuras colectoras de suciedad adicionales en la vía aseguran que el lubricante residual rociado o acumulado sea recogido. Durante la lluvia, esta parte llega a la tierra, lo cual es criticado por los protectores del medio ambiente y ha causado la interrupción parcial de los sistemas.

Los sistemas en los cuales el lubricante es expulsado por agujeros en el cuerpo del riel, exigen grandes inversiones. Estos sistemas imponen altas exigencias al servicio y al mantenimiento. Para poder funcionar bien, los sistemas requieren emplazamientos adecuados, velocidades adecuadas de los vehículos, un óptimo número y ubicación de los agujeros en el cuerpo del riel, una cantidad de grasa dosificada con precisión, así como un óptimo estado de las ruedas.

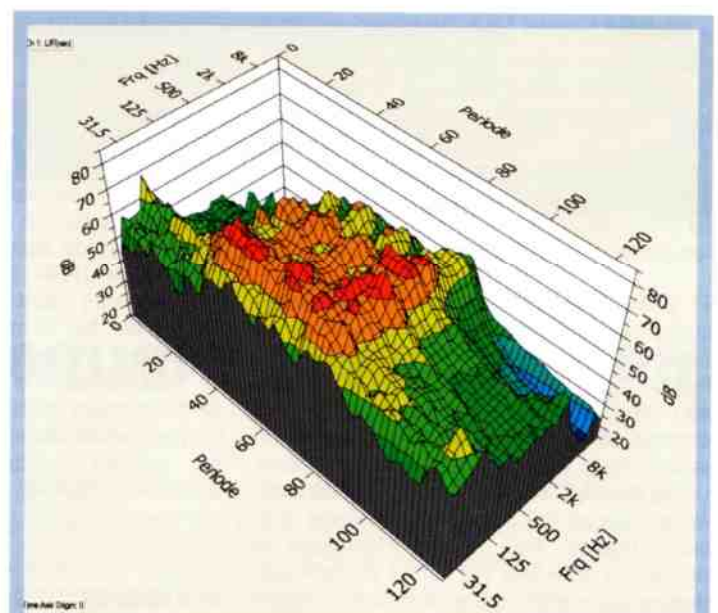
En los sistemas rociadores móviles, los controles del funcionamiento periódico y los ajustes de las toberas se llevan a cabo mediante pruebas sencillas en el depósito. Se descarta una sobrelubricación. La elección entre sistemas estacionarios y sistemas de rociado móviles decide determinantemente la eficiencia y la rentabilidad de la inversión.

4 El lubricante adecuado para la cabeza del riel

Un lubricante para el tratamiento de la cabeza del riel ha de tener las siguientes propiedades: Alta concentración de lubricante sólido, fuerte formación de la película lubricante, adherencia buena y seca y efecto repulsivo al agua, efecto de arrastre y ser biodegradable. La alta concentración de lubricante sólido lo necesita para la resistencia del coeficiente de fricción



Sin tratamiento de la cabeza del riel



Con tratamiento de la cabeza del riel

■ Chirrido en las curvas – un problema solucionable

deseado. Los lubricantes sólidos rellenan las fisuras y agujeros microscópicos existentes sobre la superficie del riel y de las ruedas bajo alta presión. Debido a ello aumenta la superficie de las partes friccionantes, lo cual conduce a una elevada adhesión (efecto frenador). Grasas y aceites sin un alto porcentaje de lubricantes sólidos, o sea, menos del 15%, satisfacen insuficientemente estas exigencias y, por eso, tienen que ser aplicados en grandes cantidades. La consecuencia de ello es una lubricación excesiva. Otro fenómeno negativo son los desprendimientos resultantes en los cantos de los rieles. Para que el coeficiente de fricción no se altere en caso de que el clima esté húmedo, es importante que el lubricante sea repelente al agua.

Headlub, un lubricante altamente especializado para la cabeza del riel, se caracteriza por un efecto de arrastre de más de 200 m de longitud y una alta resistencia de la película lubricante. Solicite nuestra documentación.

Gracias a la colaboración de largos años con muchos fabricantes de sistemas en todo el mundo, Igralub dispone de un surtido de lubricantes adecuados biodegradables que fueron perfeccionados continuamente.

5 Pruebas y ejemplos de instalación

Antes de determinar un sistema lubricador, el cliente desea tener la garantía que el lubricante previsto reduce satisfactoriamente el chirrido en las curvas. Esto se consigue con una prueba de ruido "in situ". En esta fase, el lubricante ya tiene que aportar un resultado convincente. Basta aplicarlo a mano con una brocha o un spray en un día seco. Este modo de proceder se tolera a pesar de que este tipo de aplicación contradice a todas las medidas relevantes para la seguridad ferroviaria. Esta prueba se realiza sin gran inversión de tiempo y planificación de servicio, y aporta un resultado con gran valor informativo. A continuación, la prueba es evaluada con fonómetros y registrada en los protocolos correspondientes.

El procedimiento de prueba exige unos conocimientos competentes con relación al lugar correcto de la aplicación en la curva. Por tal razón, antes de efectuar la prueba, se debería analizar el chirrido en las curvas a tratar, como se ha descrito al principio en la sección 2. De ese modo se puede aplicar un lubricante con buen efecto de arrastre en la cabeza del riel antes de llegar a la curva misma. Aquí deberá efectuarse la aplicación sólo una vez. Si se ha aplicado demasiada cantidad de lubricante, surgen problemas de adhesión que son registrados inmediatamente por el vehículo. En este caso será difícil convencer al cliente para el

tratamiento de la cabeza del riel. Después de una o varias travesías, se puede verificar probando con el dedo, si el lubricante está distribuido por la curva, y si la composición de la película lubricante empieza en la cabeza del riel.

Directamente después de este procedimiento se llevan a cabo, en su mayor parte, pruebas de frenado. Éstas son completadas también con la aplicación de agua sobre la película lubricante. Si el cliente se decide por un sistema rociador móvil, entonces se puede transformar p. ej. un sistema lubricador de pestañas de ruedas ya existente para la prueba de la cabeza del riel. Con una pequeña manipulación se dirige la posición de la tobera de la pestaña de la rueda a la cabeza del riel. Se recomienda instalar la tobera de la cabeza del riel detrás del primer bogie. Como siguiente paso se define la función de la orden de rociado. Para ello se instala una tecla de impulsos en la cabina del conductor. La distinción entre el tratamiento de la cabeza del riel izquierdo o derecho no es necesaria en esta fase de prueba. Para ello falta el dispositivo mecánico para rociar individualmente la cabeza del riel izquierdo o derecho.

Con una duración de rociado de unos 10 segundos por impulso lubricador se pueden rociar curvas cortas. Si este tiempo no es suficiente para una curva más larga, entonces se pulsa repetidamente la tecla de impulsos. Este dispositivo de prueba es suficiente para tratar cada curva y reunir las primeras experiencias con el sistema.

En los sistemas lubricadores estacionarios, el montaje de un sistema piloto se realiza en su mayor parte sólo en una curva por razones de los costes. El número de sistemas lubricadores que hay que adquirir depende de la elección del tipo de sistema. En los sistemas estacionarios, las curvas que originan ruidos críticos determinan el número de los sistemas necesarios. En los sistemas móviles se toma en consideración toda la flota, donde p. ej. en el caso de las empresas de tranvías basta un número máximo de 5–7 vehículos. También hay propietarios que tratan todas las curvas sólo con un vehículo de servicio. Automóviles de servicio especiales para el cuidado de rieles también son utilizados exitosamente contra el chirrido en las curvas por las empresas de tranvías más pequeñas. En comparación con los costes de adquisición, los dos tipos de sistema se diferencian también considerablemente. Con el precio de un sistema estacionario se pueden comprar varios sistemas rociadores móviles.

6 Experiencias

Desde la introducción del sistema GPS y del perfeccionamiento de los

mandos electrónicos ha aumentado considerablemente la demanda de sistemas lubricadores de cabezas de rieles móviles. Gracias a sus actividades de largos años en este campo contra el chirrido en las curvas, Igralub dispone de experiencia con todos los grupos de sistemas lubricadores. Aquí se han alcanzado extremas reducciones del ruido de hasta 20 dB. Al mismo tiempo se pudo disminuir la duración del chirrido hasta un 98%. El tratamiento de la cabeza del riel no sólo tiene la ventaja de la reducción del chirrido en las curvas, sino impide en el servicio la formación de estrías en la cabeza del riel y en la superficie de rodadura de las ruedas también en trayectos rectos.

Con la aplicación de lubricantes con alta concentración de lubricante sólido es posible, entre otros, la optimización también de sistemas estacionarios ya existentes. Las cantidades de expulsión pueden ser reducidas considerablemente.

Cálculo: Grosor de la película sobre la superficie del riel después de una pasada de rociado:

Ancho de la superficie tratada:	aprox. 30 mm
Velocidad del vehículo en la curva:	40 km/h
Duración del rociado:	10 seg.
Cantidad por tobera:	0,250 cm ³
Longitud de la película lubricante:	aprox. 100 m (10 seg. a 40 km/h)
Superficie tratada completa:	3 m ²
Grosor de la película (teórico):	0,083 µm

En la región asiática se pueden encontrar igualmente grandes empeños en reducir el ruido. Así, Igralub pudo reducir el año pasado en Hong Kong el chirrido en las curvas de los tranvías de KCRC en más del 90%. Con una transmisión simple de las instrucciones por un pulsador en la cabina del conductor se les ordena a los conductores mediante señales que accionen el rociado antes de llegar a las curvas. Los intervalos de tiempo se transmiten por radio. Otros propietarios de ferrocarriles y tranvías en Suiza, Alemania y Austria, presentan resultados similares. Las mediciones del coeficiente de fricción sobre la cabeza del riel tras el tratamiento a lo largo de un tiempo prolongado han dado por resultado valores entre 0.25 y 0.5. La medida media aportó en la mayoría 0.37.

Para una reducción satisfactoria del chirrido en las curvas se deberían utilizar sistemas lubricadores que satisfagan todos los criterios anteriormente mencionados. Igralub ofrece en todo el mundo el acompañamiento de proyectos.