

# UTILIZACION DE NUEVOS CILINDROS FUERTEMENTE ALEADOS PARA LAS ULTIMAS CAJAS ACABADORAS<sup>1</sup>

Fernandez, A.<sup>2</sup>  
Pejenaute, B.<sup>2</sup>  
Torre, M.<sup>2</sup>

## Resumen

La presencia de grafito juega un papel esencial sobre el comportamiento en servicio de las últimas cajas acabadoras de los trenes de bandas en caliente; la forma, la distribución y la cantidad de grafito es un factor de alta importancia. La finalidad es de disminuir considerablemente la cantidad de cementita, pero manteniendo la misma germinación de grafito; cosa indispensable para el mantenimiento de la superficie. La finalidad de la nueva calidad es mejorar el mantenimiento en servicio por la disminución de la cantidad de cementita, que se rompe bajo los esfuerzos combinados de la oxidación y de las tensiones de cizallamiento debidas al deslizamiento intenso en estas últimas cajas.

**Palabras clave:** Grafito; Cementita; Oxidación.

<sup>1</sup> 42º Seminario de Laminação: Processos e Productos Laminados e Revestidos, 25 a 28 de outubro de 2005-Santos-SP-Brasil

<sup>2</sup> Fundición Nodular, 33420 Lugones, España

## 1 INTRODUCCION

La calidad de Nihard, se utiliza desde hace más de 40 años, en las últimas cajas acabadoras en trenes de bandas en caliente. Sus principales propiedades son:

- Resistencia a la abrasión en caliente, que hace que la superficie del producto laminado tenga un bajo nivel de rugosidad. (30-40% Fe<sub>3</sub>C)
- Coeficiente de rozamiento muy bajo, que lleva a la disminución de las presiones de laminación, cuando existen problemas localizados con la cabeza y la cola de la banda
- Buenas propiedades a la rotura semi-fragil, debida a grietas superficiales de tipo termo-mecánicas.

Pero es necesario mejorar, otras características, como:

- Oxidación de la cementita
- Rotura de la cementita y formación de una tercera capa
- Abrasión en caliente
- Grietas de cizallamiento
- Progresión de las grietas
- Homogenización del grafito a lo largo de la capa útil.

Fundición Nodular trabaja sobre la germinación de carburos MC, donde la masa volumétrica es la misma que la de la fundición. Es más sabemos que la cementita (eutéctica (ledeburita) si es proeutectoide se rompe durante la laminación. Pero es necesario de mantener la rugosidad de la superficie y para ello es necesario de mantener un nivel de carburos (30%).

Se ha buscado la homogenización del grafito a lo largo de la capa.

Los carburos MC no son compatibles en la colada centrifuga, tiene tendencia a crear flotación, bien hacia el interior bien hacia el exterior (depende del elemento carburigeno). Por lo que parece que la formación de carburos mixtos de tipo MC, son indispensables para obtener una excelente homogeneidad y repartición.

Se ha estudiado la forma del grafito, que permita mejorar las propiedades.

Se pretende obtener cilindros centrifugados para las últimas cajas acabadoras, con menos carburos de cementita y una distribución de carburos mixtos MC a lo largo de toda la vida útil del cilindro; sin olvidarnos de la correcta distribución de grafito y que la cantidad no disminuya a pesar de estar fuertemente aleada la fundición. Para ello se ha estudiado la influencia de los elementos carburigenos y la forma del grafito.

Con todo esto se pretende aumentar considerablemente las propiedades originarias de este tipo de cilindros.

## 2 CILINDROS DE NIHARD

Los cilindros de Nihard, son utilizados en las últimas cajas acabadoras de los trenes de bandas en caliente, sus principales características son la resistencia al desgaste y conductividad térmica. Lo que se pretende es desarrollar cilindros de nihard con menos carburos de cementita, pero con carburos MC, así como la presencia de grafito globular.

Para ello se trabaja con la germinación de carburos MC, donde la masa volumétrica es la misma que la de la fundición. Es más sabemos que la cementita (eutéctica (ledeburita) si es proeutectoide se rompe durante la laminación).

Parece que la formación de carburos mixtos de tipo MC, son indispensables para obtener una excelente homogeneidad y repartición.

Los cilindros tradicionales presentan un grafito eutectico fino e interdendritico, dependiendo de las condiciones de fusión, la composición de las cargas y de la composición química, Son fundiciones hipoeutectica con matriz bainito-martensitica y ledeburita.

La introducción de microaleantes modifica la estructura, en lo que respecta a la disminución de carburos cementiticos. Pero una cosa muy importante es continuar con una cantidad de grafito suficiente, además modificando su morfología, pasando de laminar a globular.

La forma es otro factor importante, se verá la diferencia que existe entre un grafito laminar y un grafito globular.

**Tabla 1.** Composición química

	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ta	B	Ti	Zr	Nb	V
<b>Nihard</b>	3,1	0,5	0,4	1,6	4,2	0,2	/	/	/	/	/	/
	3,5	0,9	1,0	2,0	4,6	0,4						
<b>Microaleado</b>	3,1	0,5	0,4	1,6	4,2	0,2	<b>MC Carbides</b>					
	3,5	0,9	1,0	2,0	4,6	0,4						

### 3 PROBLEMAS DURANTE LAMINACION

Durante la laminación en caliente, en las últimas cajas acabadoras la superficie del cilindro se cubre de una fina red de grietas térmicas. El tamaño de la malla depende de las características mecánicas de la capa, sobre todo de la resistencia a compresión, que está relacionada directamente con la dureza.

Cuando el grafito es grueso, así como la presencia de austenita residual favorecen la aparición de micro o mini desconches. Por supuesto estos micro-desconches se eliminan en el taller de cilindros mediante rectificado y su número y tamaño influye enormemente en la elasticidad del cilindro. Por esta razón, el grafito fino, en cantidad ajustada, así como el nivel más bajo de austenita residual, son las dos claves de la calidad del cilindro. La formación de grafito globular todavía favorece más la resistencia a este tipo de grietas.

La grieta térmica normal es estrictamente perpendicular a la superficie, es cerrada por tensiones internas de compresión y no es susceptible de propagación. (Figura. 1)

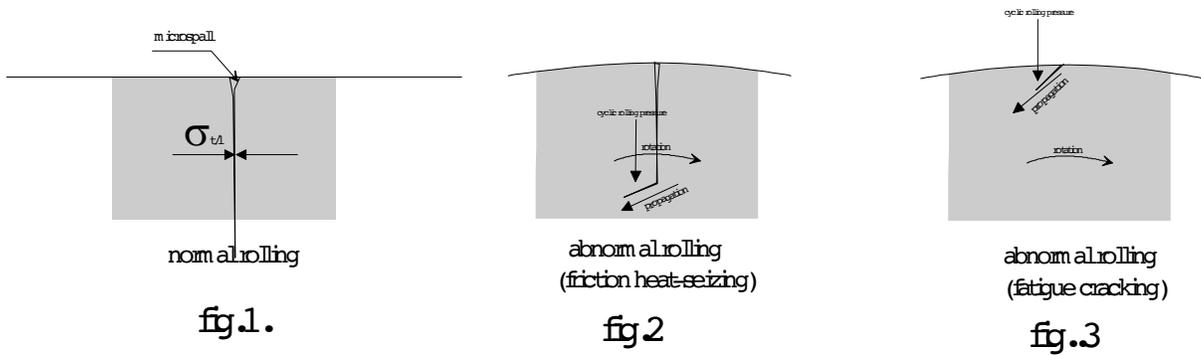
Pero hay otras grietas peligrosas formadas por varios incidentes en el tren, tales como acordeón (cobble), extremos de cola (tail ends) o cargas extremas.

En ese caso, podrían ocurrir dos tipos de grietas llamadas grietas por fricción y grietas por fatiga.

Con el acordeón y los extremos de cola, se lamina un espesor doble (o incluso triple), desarrollándose alto calor de fricción y esfuerzos de cortadura.

Las grietas de fatiga son el resultado de alta presión local produciendo un endurecimiento del material y grietas por cortadura.

En ambos casos, las grietas locales son inclinadas y reciben la presión de laminación, permitiendo la propagación. (Figuras 2 y 3).



**Figuras 1,2,3.** Formas de propagación de grietas

El Mecanismo de propagación de las grietas superficiales es el resultado del efecto entalla debido a la punta de la grieta y la tensión de cortadura cíclica desarrollada por la presión de laminación. Este mecanismo sólo es posible cuando la grieta es inclinada. La propagación es siempre en la dirección opuesta a la de rotación del cilindro.

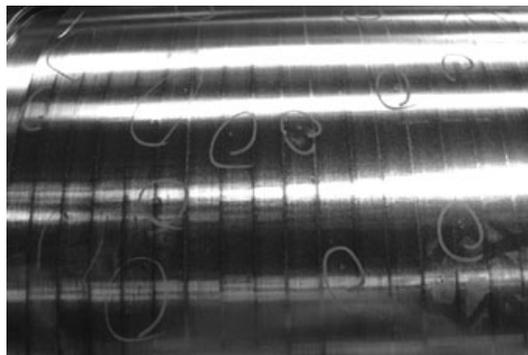
Todas las grietas inclinadas deben ser eliminadas completamente mediante rectificado. Un incidente en el tren seguido de una limpieza insuficiente, lleva automáticamente a un desconche del cilindro. (Grieta en espiral, circunferencial, que se propaga hacia adentro).

#### 4 ELEMENTOS DE ALEACION

**Niobio:** Es el elemento más usado en Europa, favorece la formación de carburos MC, la dureza es de aproximadamente 2400H. Este tipo de carburos se segrega durante la centrifugación, hacia la superficie, esto origina mejores propiedades a principio de vida, pero no se mantiene hasta el final de la vida. Para poder utilizar este elemento, es necesario unas temperaturas de fusión altas y unos tiempos determinados, que faciliten su disolución, de lo contrario quedaría atrapado en el cilindro sin disolver. Figuras 4 y 5.



**Figura 4.** Cluster de FeNb



**Figura 5.** Cluster sobre cilindro.

El Nb es un electo totalmente contrario a la formación del grafito, pudiendo originar sobre el cilindro grietas bainíticas o martensíticas

Vanadio: Este elemento se usa frecuentemente, este tipo de aleante origina carburos MC, con una dureza de aproximadamente 2100/2300HV, su densidad es de 5.8g/cm<sup>3</sup>, originando segregaciones hacia el Interior de la capa del cilindro.

Titanio: Es un elemento que se esta usando recientemente, produce carburos de tipo TiC con una dureza (3200HV) y una densidad de 4.9 g/cm<sup>3</sup>

Este elemento en cantidades apropiadas se puede combinar para evitar las segregaciones.

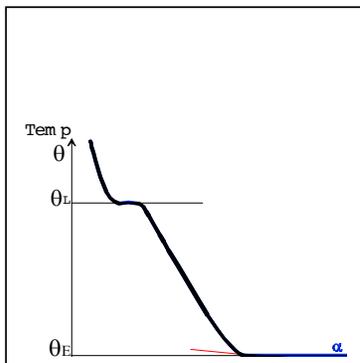
## 5 GRAFITIZACION

El porcentaje de grafito puede ser constante para la mayoría de los trenes de laminación, pero si que es cierto que hay trenes donde hay más accidentes, con lo que es necesario adaptar el grafito.

Para medir el potencial de grafitización, se puede hacer mediante análisis térmico.

El primer cristal de austenita es visible en el líquidus (punto  $\theta_L$ ) porque la solidificación de la austenita es ligeramente exotérmica. Entonces, después del punto líquidus, el esqueleto de la austenita sigue creciendo a una tasa de enfriamiento más lenta que durante el enfriamiento del líquido. Así llegamos a la temperatura del solidus  $\theta_E$ .

A esta temperatura empieza la cristalización eutéctica  $\gamma - M_3C$  y  $\gamma -$  grafito. El primer eutéctico es ligeramente exotérmico, pero el segundo es fuertemente exotérmico. Entonces, leyendo esta curva, es posible predecir la formación de grafito mediante la lectura del valor de subenfriamiento  $\alpha$  expresada en grados C. Esta cantidad de grafito aumenta cuando  $\alpha$  es alta (Figure 6) y el grafito es bajo cuando tenemos una pendiente (Figure 7).



**Figuras 6 y 7.** Diagramas de Solidificación

En el primer acercamiento al análisis térmico, parece muy simple, pero debe tenerse en cuenta un segundo aspecto de la ley de cristalización.

Es sabido por todos que cuando se hace una fundición, para mejorar la forma y el afino de las láminas de grafito, se recomienda el uso de la inoculación, en el caso de grafito globular, es necesario la presencia de

inoculaciones especiales.

Pero el efecto de una inoculación dada en la cantidad de grafito, depende de lo que se conoce como “potencial de grafitización”. Todo el arte del fundidor es mantener este potencial de grafitización siempre al mismo nivel para cada calor, con el fin de que sea reproducible y por tanto, constante.

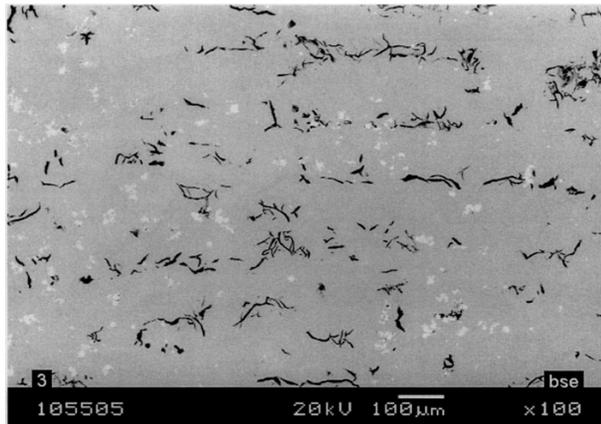
Este potencial de grafitización es el resultado de muchos factores:

- La carga (más o menos lingotes y de qué tipo)
- La duración de la fusión: cuando se mantiene en el horno, el potencial de grafitización decrece. (Esta es la razón por la cual el horno debe dirigir la colada y no al revés).
- La temperatura del baño líquido. Una temperatura demasiado alta destruye el potencial de grafitización.
- La adición de grafito mejora el potencial de grafitización. (Mismo efecto que los lingotes)

Hay una estrecha relación entre el potencial de grafitización y la temperatura eutéctica  $\theta_E$ . Un potencial de grafitización alto corresponde a una temperatura eutéctica alta.

En la experiencia práctica, para fundiciones de temple indefinido,  $\theta_E$  varía de **1125°C a 1142°C**.

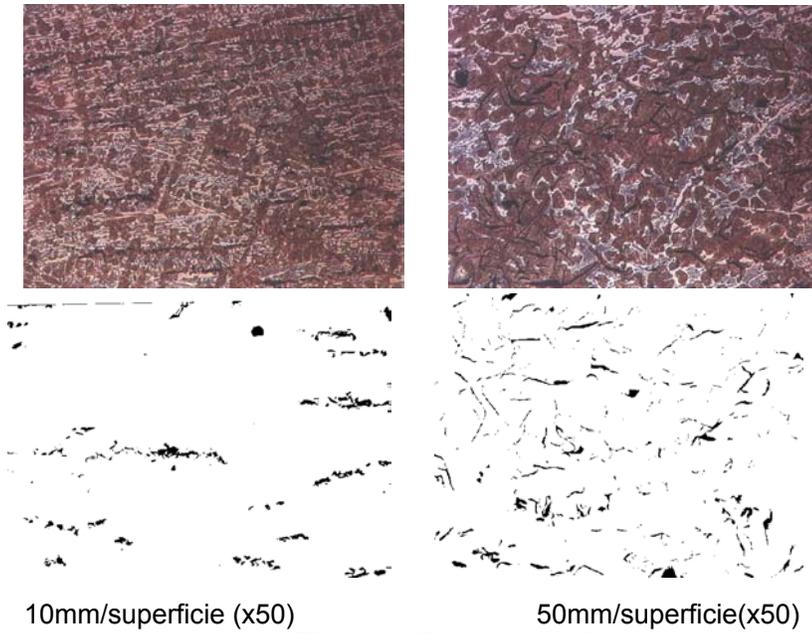
En la Figura 8 se puede ver la forma de grafito laminar con carburos tipo MC, y suficiente grafito,



**Figura 8.** Grafito tradicional con carburos MC

Se ha realizado otro procedimiento diferente al tradicional (potencial eutéctico de grafitización), para lograr una distribución del grafito más homogénea a lo largo de la capa, introduciendo un mayor número de núcleos la multiplicación de las partículas de grafito, es el resultado de la introducción de numerosos núcleos en lugar de  $\gamma\text{-M}^3\text{C}$ . Otra cosa importante durante este proceso es el afinado de la estructura solidificada.

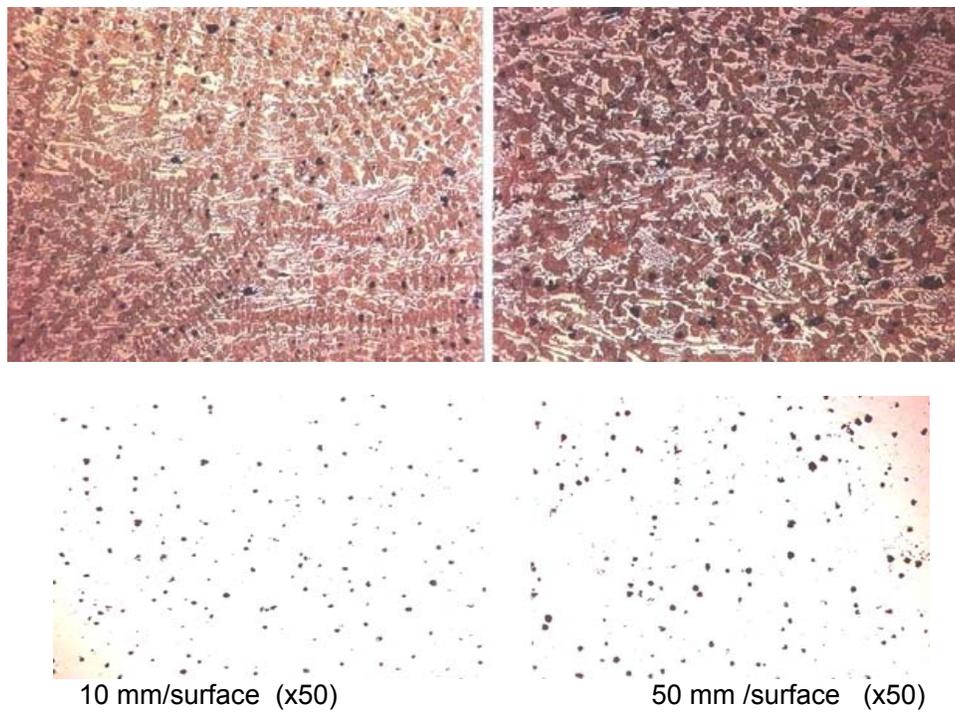
En la Figura 9 se puede ver las microfografías correspondientes a un nihad tradicional y en la Figura 10, se puede ver las microfografías de un cilindro nuevo.



10mm/superficie (x50)

50mm/superficie(x50)

**Figura 9.** Cilindro de calidad tradicional



10 mm/surface (x50)

50 mm /surface (x50)

**Figura 10.** Cilindro de calidad nueva

Como se puede ver, la diferencia entre la tradicional, con un grafito irregular, y la nueva es evidente.

El número de partículas es mucho más fino, y se ha multiplicado por un factor 5.

Otra cosa a destacar, es la gran homogeneidad de grafito que existe entre la superficie y el final de capa. El porcentaje de S no tiene nada que ver con la formación del grafito (estamos hablando de porcentajes menores de 0.015).

La transición entre la capa y el núcleo carece de una intersección gris, con lo que la resistencia aumenta.

## **6 CONCLUSIONES**

- ❖ Los carburos MC no son compatibles en centrifugación, es necesario la introducción de ciertos elementos formadores de carburos mixtos.
- ❖ La disminución de cementita para la formación de carburos MC, mejora las propiedades de este tipo de cilindros.
- ❖ El análisis térmico es esencial, para poder medir el potencial de grafitización del caldo.
- ❖ La cantidad de grafito no debe disminuir a pesar de la formación de carburos MC
- ❖ El grafito globular es más fino y se mantiene constante a lo largo de toda la vida útil de cilindro, con lo que se mantendrán las mismas condiciones desde el inicio hasta el final del cilindro.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1 BELZUNCE F . J ., Aceros y fundiciones: Estructuras, Transformaciones, Tratamientos Térmicos y Aplicaciones, Universidad de Oviedo, 2001.
- 2 DIETER G. E., Mechanical Metallurgy, 3<sup>rd</sup> ed., New York, Mac Graw Hill, 1986.
- 3 Foundry practice for Cast Irons/137/139/141
- 4 Metallurgy and Properties of High-Alloy White Irons/109
- 5 Foundry Technology
- 6 BLACK OXIDE FILM GENERATION ON WORK ROLLS AND ITS EFFECTS ON HOT-ROLLING TRIBOLOGICAL

# UTILIZATION OF NEW ROLLS STRONGLY ALLOYED FOR THE LAST FINISH STANDS

Fernandez, A  
Pejenaute, B  
Torre, M.

## **Abstract**

The presence of graphite plays an important role in the conduct of the service of the last finish stands of a hot strip mill. The form, the distribution and the quantity of graphite is a very important factor. The object is to reduce considerably the quantity of cementite, but keeping the same germination of graphite. This is essential for the maintenance of the surface. The new quality wants to improve maintenance in the service. As it uses less quantity of cementite, which breaks under the combination effort of oxidation and the shearing tension caused by the intensive slide of the last stands.

**Key words:** Graphite; Cementite; Oxidation.