

12010



PATENTE DE INVENCION  
=====

F.O.835.  
=====

206852

206852

MEMORIA DESCRIPTIVA

sobre:

"Procedimiento para el tratamiento de metales ferrosos"

=====

SOLICITANTES: DAVY AND UNITED ENGINEERING COMPANY LIMITED,  
entidad inglesa, con domicilio en Park Iron  
Works, SHEFFIELD, 4, Condado de York, Inglaterra.

=====

Este invento se refiere al tratamiento de metales ferrosos con un contenido de carbono creciente desde 1,0% y tiene por objeto mejorar las propiedades físicas y mecánicas de estos metales.

5. Este método puede adaptarse también a materiales de contenido inferior de carbono con proporciones de este elemento comprendidas entre 0,05 y 1,0% del carbono total.

- Se conoce desde hace mucho tiempo el empleo del aire atmosférico en la refinación y tratamiento de metales ferrosos, y un desarrollo ulterior fué el empleo de una
- 10.



206852

- mezcla oxígeno/aire enriquecido, por medio de la cual las impurezas presentes en el metal se eliminan por oxidación, fundiéndose el metal y poniéndose el aire u oxígeno en contacto con las impurezas de tal modo que se eliminan bien en forma de gas o al estado de escorias.
15. Recientemente se ha aplicado también la práctica de insuflar oxígeno a presión en los baños de acero líquidos, no solo para la rápida eliminación de las impurezas oxidables, sino también para obtener un rápido aumento en la temperatura.
20. Estos procedimientos conocidos han tendido con anterioridad únicamente a la eliminación de impurezas oxidables, y se ha aceptado comúnmente que la presencia en los metales ferrosos de oxígeno y óxidos retenidos, incluso en las cantidades más pequeñas, es perjudicial, tanto para la resistencia como para la calidad. Por esta razón, es corriente adoptar medidas para eliminar el oxígeno del metal líquido.
25. Sin embargo, se ha comprobado que el metal estando así desoxidado, se solidifica toscamente y sin uniformidad, especialmente en las piezas fundidas de mayor tamaño. En la zona central, estas piezas fundidas contienen a menudo cristales de una tosquedad tal que dan lugar a esfuerzos internos de una magnitud suficiente para producir la rotura, bien interiormente, revelada al seccionar la pieza fundida,
30. o incluso exteriormente, que da lugar a la fractura externa de la pieza de fundición, durante su manufactura o en todo caso al principio de su empleo. Por ejemplo, en algunos rodillos de laminador fabricados por métodos empleados con anterioridad, se presentan a menudo fracturas en la parte mayor del rodillo, dependiendo la colocación de las mismas
- 35.
- 40.

206852

10000 1930



- del contorno de aquel, y, en casi todos los casos, estas fracturas revelan la presencia de relajación y contracción en el centro del rodillo, siendo las fracturas del tipo de plano de exfoliación, y acusando la existencia de metal burdamente cristalino. Además, en cada uno de los casos, el examen del rodillo fracturado ha acusado la evidencia de una fractura interna que si no ha llegado a la superficie de la fundición del rodillo ha progresado hasta unos 8 o 10 centímetros de esta superficie. Se ha comprobado también en otros rodillos que su trabajo a máquina ha revelado la existencia de defectos en forma de fisuras internas que se han traducido en el fracaso del rodillo durante la fabricación o, en el caso de no haberse revelado, han dado por resultado el deterioro prematuro del laminador.
- De acuerdo con este invento, el procedimiento para el tratamiento de un metal ferroso comprende el llevar el metal líquido una cantidad de oxígeno que inicia una acción debido a la cual el oxígeno suministrado junto con el oxígeno extraído de la atmósfera ambiente se absorbe en cantidad tal que satisface las exigencias de los elementos oxidables presentes, y un exceso de oxígeno por encima de dichas exigencias, hace que el metal líquido resultante se enfrie con exceso antes de solidificarse, y forme así cristales considerablemente más finos (o sea menores) que los formados en metal del mismo análisis tratado del modo corriente.

No es posible obtener una norma o patrón absoluto de comparación para ampliar el significado de las palabras "considerablemente más finos" antes empleadas, dado que el tamaño de los cristales varía de acuerdo con el de la

206852



- pieza fundida así como en función de otros factores. Sin embargo, la característica de los cristales en metal tratado de acuerdo con este invento, es que su relación de longitud a anchura no exceda de 2 a 1, y a menudo es tan reducida como 1 a 1, con una estructura celular resultante equiaxial, mientras que en los cristales de piezas fundidas corrientes se obtiene invariablemente una relación de 3 o más a 1.
75. Este método produce cristales finos equiaxiales y reduce el crecimiento direccional y dendrítico durante la solidificación.
80. El oxígeno puede suministrarse al metal de varios modos distintos. Puede inyectarse al interior del metal líquido en forma de corriente de oxígeno gaseoso a presión elevada. Esta corriente o chorro puede estar constituida por oxígeno en estado de pureza, o puede estar este gas contenido en aire comprimido que puede enriquecerse en el grado deseado. Pueden utilizarse otros vehículos, según convenga, por ejemplo vapor seco o anhídrido carbónico, a presión. La presión del chorro inyectado, el grado de enriquecimiento y la presión parcial del oxígeno, no influyen apreciablemente la aceptación del oxígeno por el metal líquido, y estas variables no ejercen tampoco influencia sensible alguna en la cantidad de oxígeno preciso para conseguir los resultados deseados, aunque pueden afectar factores tales como el periodo de inyección o el grado o proporción del suministro de oxígeno al baño líquido. El oxígeno puede suministrarse también en forma de óxido de hierro añadido al metal líquido.
85. Los ensayos metalúrgicos han evidenciado que las
- 90.
- 95.
- 100.



2 6852

- propiedades metalúrgicas y físicas requeridas pueden obtenerse independientemente del contenido de azufre del metal y aunque el método de tratamiento a que este invento se refiere puede suplementarse por cualquiera de los procedimientos normalmente empleados para la reducción del contenido de azufre, si ello se desea, esto no constituye preliminar esencial alguno en ninguna etapa de la fabricación.
105. El suministro de oxígeno de acuerdo con este invento, puede realizarse bien en el horno de fundición o a continuación, en un receptáculo, después de sangrar el metal del horno. Puede emplearse cualquier horno en el que pueda llevarse a cabo la refinación en el baño líquido. El hierro fundido en un cubilote o en un horno análogo de cuba o vertical puede tratarse en un receptáculo después de la sangría.
110. En los metales ferrosos tratados de acuerdo con este invento, se ha comprobado que la zona de temperaturas entre el estado completamente fluido y el estado completamente sólido (es decir, el intervalo de temperaturas entre el estado líquido y el estado sólido) se modifica y a la vez se reduce en amplitud, con una reducción correspondiente en el tiempo ocupado por la solidificación del metal. Este exceso de enfriamiento que se presenta en metales tratados por el método que se está describiendo, reduce considerablemente el tamaño de los cristales, y la cavitación que se presenta, a pesar de las propiedades mejoradas de constitución de los metales así tratados, no es tan peligrosa desde el punto de vista de los esfuerzos internos, como la que presentan los metales no sometidos a este tratamiento. Los
115. 120. 125. 130.



metales tratados de acuerdo con este invento, son más tenaces que los no tratados y, además, su dureza no se afecta en sentido perjudicial.

135. La resistencia, tanto al desconchado superficial como al desgaste por el uso, aumenta apreciablemente y, como secuela de la eliminación del crecimiento dendrítico, los defectos conocidos con las denominaciones de planos de exfoliación, "esquinas ferríticas" y defectos similares en lingotes y piezas fundidas, quedan enteramente eliminados. Otro efecto de la suficiencia de oxígeno es la eliminación de las impurezas no-metálicas indeseables que normalmente puede presentarse en forma de películas o semi-contínuas. Se ha comprobado que con un metal de composición adecuada, la profundidad de endurecimiento obtenida después de la fundición, aumenta para un análisis o composición determinado.

140. Metalúrgicamente, el oxígeno tiene una influencia precisa sobre cada fase del sistema metálico. El carburo libre, en exceso del normal para el eutectoide, se hace a la vez más blando y más tenaz, y con una tendencia acusada hacia la porción parcial en el eutectoide; cualquier exceso se distribuye en forma de fina red celular de partículas equiaxiales diferenciadas, en lugar de las grandes placas frágiles que corrientemente se encuentran.

155. El efecto del oxígeno sobre el aglomerante metálico (que en el caso general estará constituido por perlita, o por alguna mezcla de perlita con ferrita o con cementita) tiene una acusada semejanza parcial con los efectos del molibdeno y del níquel. Es un efecto bien conocido que cuando el hierro o el acero se enfría, bien inicialmente
- 160.



- después de la solidificación, o subsiguientemente después del recalentamiento, a unos 730° C. aproximadamente se presenta un cambio de fase que consiste en un nuevo arreglo de la estructura atómica. Esta temperatura se denomina
165. temperatura "Ar<sup>3</sup>". Este cambio atómico o de fase es reversible y puede repetirse indefinidamente. El efecto del níquel disuelto y/o del molibdeno disuelto, es el de reducir progresivamente la temperatura a que se verifica el cambio Ar<sub>3</sub> hasta que, finalmente, esta temperatura
170. puede ser inferior a la temperatura ambiente normal de 20° C. aproximadamente. Cuanto más baja es la temperatura a que este cambio ocurre, tanto más duro es el producto final. Este mecanismo se utiliza durante el tratamiento térmico y el endurecimiento o templado del acero.
175. En todos los metales ferrosos tratados con oxígeno por este procedimiento, se ha observado un retraso análogo en la transformación con, en algunas ocasiones, la conservación de la estructura del metal a elevada temperatura, en las condiciones de temperatura atmosférica; así a la vez que
180. puede conseguirse un apreciable endurecimiento como consecuencia de este descenso de la temperatura de transformación, cualquier carburo libre tiende a ser absorbido con aumento de la ductilidad. Como consecuencia, pueden reducirse los costosos elementos de aleación.
185. Si el efecto de la adición de oxígeno sobre el grafito de la microestructura, es notable en alto grado. El grafito, que corrientemente se presenta en estos metales ferrosos en forma de copos o escamas, debilita sensiblemente los materiales. El efecto de cantidades de oxígeno sucesivamente
190. mayores, es, primero, refinar la estructura grafitica



195. hasta ser comparable con la normalmente asociada con los llamados hierros fundidos "inoculados". La mayor cantidad de oxígeno tiene por efecto el modificar esta estructura todavía más de modo que acaba por transformarse sucesivamente en vermicular y, finalmente, se aproxima a la estructura modular normalmente obtenida tan solo por la adición de algunos de los metales del grupo alcalino-térreo de la clasificación periódica: tales como el magnesio, el cerio, etc.
200. En cuatro muestras del mismo metal en las que el oxígeno se había introducido en las proporciones de 2,8 m<sup>3</sup>/tonelada, 7 m<sup>3</sup>/tonelada, 11,2 m<sup>3</sup>/tonelada y 25,2 m<sup>3</sup>/tonelada, respectivamente, se observó (a) una influencia progresiva sobre la distribución y la estructura del grafito; (b) una difusión progresiva del carburo libre; (c) una absorción progresiva del carburo libre así difundido en el aglomerante; y, más importante aún, (d) un material progresivamente más homogéneo y más resistente.
210. Hasta ahora, el efecto fundamental del oxígeno no se explica adecuadamente. Desde luego no se halla ocluido en forma de burbujas. Existe alguna evidencia de que puede llegar a asociarse con la fase carburo de la estructura, fase que (en las condiciones de este invento) aparece especialmente como eutectoide rico en cementita, asumiendo cualquier exceso una forma celular, de resistencia superior a las placas frágiles o quebradizas a menudo observadas en metales no tratados.
215. El exceso de oxígeno con respecto al admitido en solución en el metal, puede eliminarse por la técnica
- 220.



conocida de desoxidación, empleando ferrosilicio, ferro-manganeso u otros agentes adecuados.

A continuación figuran algunos ejemplos de aplicación de este procedimiento.

225. EJEMPLO 1.-

Preparación de hierro fundido aleado para la obtención de rodillos para laminadores de perfiles.

Se fundieron 16 toneladas de metal en un horno de reverbero.

230. Se insuflaron 2,8 m<sup>3</sup> de oxígeno gaseoso por tonelada de metal líquido, (o sea, 44,8 m<sup>3</sup>) con una presión en la "manga" de 5,6/8,4 kg./cm<sup>2</sup> mediante un tubo de acero dulce de 19 mm. de diámetro interior ("manga") que se había insertado a través de la cubierta de escorias, 15 cm. dentro del metal líquido.

235. La duración de la inyección fue, aproximadamente, de 2 minutos.

Resultados.

Oxidación de elementos en peso:

240.	<u>Carbono.</u>	<u>Silicio.</u>	<u>Manganeso.</u>	<u>Cromo.</u>
	3,5%	12%	10%	32%

Aumento de la temperatura del metal líquido, 150° C.

Estructura resultante en el rodillo.

Afinado del grano, acusado; aumento de resistencia

245. al choque, y ligero aumento en la dureza.

La práctica ha demostrado que los mejores resultados se obtienen cuando la inyección de oxígeno se lleva a cabo en el punto de efervescencia de la escoria.

EJEMPLO 2.

250. Escoria efervescente.

206852



Peso del metal líquido tratado = 8 toneladas.

Cantidad de oxígeno suministrado, 5,6 m<sup>3</sup>/tonelada de metal.

Presión de inyección del oxígeno en la ("manga"):  
7 kg./cm<sup>2</sup>.

255.

Tubo de inyección ("manga") tubo de acero dulce de 19 mm. de diámetro interior.

Punto de inyección - 15 cm. por debajo de la superficie del metal en el horno de reverbero.

260.

Análisis del metal antes de insuflar el oxígeno

Contenido de óxido de hierro en las escorias antes del tratamiento con oxígeno.

Carbono	2,10%
Silicio	0,60%
Manganeso	0,40%
Cromo	0,90%

Oxido de hierro = 17,7%

265.

Análisis del metal en el momento de la efervescencia de la escoria, o sea, después del tratamiento con oxígeno

Contenido de óxido de hierro de la escoria en el periodo de efervescencia.

Carbono	2,06%
Silicio	0,40%
Manganeso	0,25%
Cromo	0,70%

Oxido de hierro = 29,0%

270.

Con referencia al análisis del metal anteriormente

275.

indicado, un cálculo de lo que teóricamente se precisaría para atender los elementos oxidables, da una cifra de 170,52 m<sup>3</sup> de oxígeno a temperatura y presión normales. En realidad el volumen de oxígeno inyectado fué de 44,8 m<sup>3</sup> (a la temperatura y presión normales) aunque esta cantidad

280.

se inyectó a una presión de 7 kg./cm<sup>2</sup>. Claro está, por tanto que el oxígeno inyectado no puede hacerse único responsable de todos los cambios en el metal, pero parece actuar como iniciador, usándose también una considerable cantidad de oxígeno (libremente disponible en la atmósfera ambiente). Se desconoce de que modo, o en que grado, este

285.



suministro de oxígeno exterior es absorbido por el metal, e indudablemente varía de acuerdo con la composición en cada caso determinado.

EJEMPLO 3.

290. Escoria no efervescente.  
 Peso del metal líquido tratado: 11.750 kilos.  
 Cantidad de oxígeno insuflado: 3,64 m<sup>3</sup>/tonelada de metal.  
 Presión en la ("manga"): 84 kg./cm<sup>2</sup>.
295. Punto de inyección: 15 cm. por debajo de la superficie del metal líquido en un horno de reverbero.  
 Escoria tranquila al final de la inyección de oxígeno.
- |      |  |  |
|------|--|--|
| 300. | <u>Análisis del metal antes del tratamiento con oxígeno.</u>   | <u>Contenido de óxido de hierro de la escoria antes del tratamiento con oxígeno.</u>   |
|      | Carbono 2,80%  |  |
|      | Silicio 0,89%  |  |
|      | Manganeso 0,38%  |  |
| 305. | Cromo 0,61%  | Óxido de hierro = 12.0%  |
|      | <u>Análisis del metal después del tratamiento con oxígeno.</u> | <u>Contenido de óxido de hierro de la escoria después del tratamiento con oxígeno.</u> |
|      | Carbono 2,78%  |  |
| 310. | Silicio 0,78%  | Óxido de hierro = 16,0%  |
|      | Manganeso 0,30%  |  |
|      | Cromo 0,54%  |  |

Resumen de los efectos metalúrgicos de este invento:

315. (1) Los metales tratados "se enfrían en alto grado" de modo considerable antes de solidificarse.  
 (2) El grafito, por tanto, se refina apreciablemente y tiende naturalmente hacia los tipos vermicular e incluso esferoidal.
320. (3) Los carburos libres se modifican considerablemente,



206852

haciendose progresivamente más blandos y de forma más fina y más redondeada que las "placas" de carburo comunes en los metales sin tratar; además, una absorción de cementita finamente dividida en el aglomerante disminuye la cantidad a encontrar en los alrededores.

325.

- (4) Sin el gasto de adiciones de materiales de aleación se obtiene en el aglomerante un descenso sucesivo del punto  $Ar_3$

Resumiendo los efectos físicos y mecánicos de este invento, el elevado enfriamiento, se traduce en:

330.

- (1) Reducción del crecimiento direccional durante la solidificación.
- (2) Reducción del crecimiento dendrítico durante la solidificación.

335.

- (3) Producción de cristales finos equiaxiales.

Estas propiedades (poseídas por los metales tratados) dan lugar a los beneficiosos resultados siguientes:

- (a) Acusada reducción de la contracción.

340.

- (b) Ausencia de crecimiento dendrítico basto corrientemente asociado junto a tales zonas.
- (c) Ausencia de los esfuerzos internos asociados que dan lugar a la fractura del metal fundido en grandes masas.

345.

- (d) Ausencia de planos o líneas interiores de debilidad, que en metales no tratados pueden deberse a la continuidad tipo película de las impurezas no-metálicas.

Los detalles siguientes son típicos de la obtención de un rodillo de hierro fundido para laminador, de acuerdo

350.

con el procedimiento de este invento.



206852

EJEMPLO 4.

Tipo de horno: de reverbero  
Combustible: carbón pulverizado  
Peso de la  
 355. carga metálica: 16 toneladas.

Composición de la carga:

	<u>Material.</u>	<u>%</u>	<u>Cargado.</u>	<u>Análisis. (calculado)</u>
360.	Chatarra de rodillo de hierro	55%	T.C.	2,90%
	Chatarra de acero	8%	Silicio	1,30%
	Chatarra hematites	11%	Manganeso	0,75%
	Hierro de lingote hematítico	26%	Azufre	0,09%
365.			Fósforo	0,20%
			Niquel	nada
			Cromo	0,50%
			Molibdeno	nada
370.	Después de la fusión el análisis del baño era:		T.C.	2,80%
			Silicio	1,05%
			Manganeso	0,40%
			Cromo	0,56%

La temperatura del baño después de la fusión era de 1380° C.

375. Al baño se le añadieron 4,48 m<sup>3</sup> de oxígeno a una presión en la "manga" de 7kg./cm<sup>2</sup> por inyección de oxígeno gaseoso mediante un tubo de 19 mm. de diámetro interior, de acero dulce, aproximadamente 15 cm. por debajo de la superficie del metal líquido. Esto equivale a 2,80 m<sup>3</sup> de oxígeno por tonelada de metal líquido.

380. Temperatura después de la inyección: 1500° C. (aumento debido a la inyección 120° C.)  
 Análisis del baño después de la inyección:

385.	T.C.	2,70
	Silicio	0,92
	Manganeso	0,36
	Cromo	0,38

Al metal líquido del baño se le añadió, como aleaciones para el hierro, lo siguiente:

390.	0,10% Silicio
	0,15% Manganeso
	0,12% Cromo



206852

La sangría se verificó 15 minutos después.

Después de enfriar en el cazo a 1325<sup>o</sup> C., se fundió el rodillo del modo corriente con una alimentación normal pero más completa. El rodillo se retiró del molde después del periodo de tiempo acostumbrado. No se aplicó tratamiento térmico alguno al rodillo que acusó la composición siguiente:

400.	T.C.	2,71%
	C.C.	1,46%
	G.C.	1,25%
	Silicio	0,94%
	Azufre	0,099%
	Fósforo	0,176%
405.	Manganeso	0,43%
	Niquel	0,27%
	Cromo	0,48%
	Molibdeno	0,08%

La dureza del rodillo se determinó, como de costumbre, por medio del esclerómetro Shore, y se obtuvieron los resultados siguientes:

Dureza máxima	44,5 <sup>o</sup> Shore
Dureza mínima	35,5 <sup>o</sup> Shore
Media a lo largo del rodillo	40,0 <sup>o</sup> Shore

Esto es, alrededor de 2<sup>o</sup> superior a la normalmente obtenida en un rodillo sin tratar de tamaño y composición similares.

Resultados a la fundición.

El talle romunicó que este rodillo era de un grano muy fino equivalente casi al obtenido por fundición en coquilla

Microestructura.

El aglomerante era casi idéntico al normalmente obtenido con el tratamiento con magnesio. El grafito tendía hacia el del tipo tratado con magnesio, esto es, algo de esferoides, parte vermicular y algunos grumos.

El carburo libre era excesivamente fino y bien distribuido.



N O T A

430. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una patente presentada en

435. Inglaterra con fecha 19 de Diciembre de 1951, nº 29.780, acogiéndose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye su esencia y por lo que se solicita Patente de Invención, por 20 años en España: "Procedimiento para

440. el tratamiento de metales ferrosos"; caracterizándose por lo siguiente:

1º.= Procedimiento para el tratamiento de metales ferrosos, caracterizándose porque se suministra al metal líquido una cantidad de oxígeno que inicia una acción

445. por medio de la cual el oxígeno suministrado, junto con oxígeno obtenido de la atmósfera ambiente, se absorbe en cantidad tal que satisface las exigencias de los elementos oxidables presentes, y un exceso de oxígeno por encima de dichas exigencias, hace que el metal líquido resultante

450. se enfríe en alto grado antes de solidificarse y, de este modo, forme cristales considerablemente más finos (o sea, menores) que los formados en un metal de la misma composición tratado del modo corriente.

2º.= Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizándose porque el oxígeno suministrado está en forma gaseosa y se inyecta al interior del metal líquido.

455.

3º.= Procedimiento, según lo especificado en la



206852

460. reivindicación 1ª o 2ª, caracterizándose porque el oxígeno suministrado está contenido en un óxido de hierro añadido al metal líquido.

4ª.= Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizado porque el oxígeno se inyecta en forma pura.

465. 5ª.= Procedimiento según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizándose porque el oxígeno inyectado está contenido en aire comprimido.

6ª.= Procedimiento según lo especificado en la reivindicación 5ª, caracterizándose porque el aire comprimido se enriquece en oxígeno.

470. 7ª.= Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizándose porque como vehículo para el oxígeno se emplea el anhídrido carbónico.

475. 8ª.= Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 2ª, caracterizado porque, como vehículo para el oxígeno, se utiliza vapor seco a presión.

9ª.= Procedimiento, según lo especificado en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el tratamiento se suplementa por un método conocido de reducción del azufre.

480. 10ª.= Procedimiento para el tratamiento de metales ferrosos; tal y como queda substancialmente descrito en la presente memoria, que consta de dieciséis hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 18 de diciembre de 1952.

DAVY AND UNITED ENGINEERING  
COMPANY LIMITED.

P.P. de J. GOMEZ ACEBO y MODEI