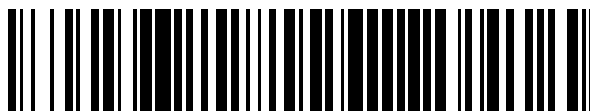


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 714 167**

51 Int. Cl.:

B22D 11/06 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.10.2004 PCT/AU2004/001375**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2005 WO05035169**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2004 E 04761408 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 1680245**

54 Título: **Fundición de una banda de acero**

30 Prioridad:

10.10.2003 US 510479 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

27.05.2019

73 Titular/es:

**NUCOR CORPORATION (100.0%)
2100 Rexford Road
Charlotte, NC 28211, US**

72 Inventor/es:

**MAHAPATRA, RAMA, BALLAV;
PRETORIUS, EUGENE, B y
SOSINSKY, DAVID, J**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 714 167 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Fundición de una banda de acero

5 La presente invención se refiere a la fundición de una banda de acero. Tiene una aplicación particular para la fundición continua de bandas de acero estrechas de menos de 5 mm de espesor en un equipo de fundición de rodillos.

10 En un equipo de fundición de rodillos, el metal fundido se enfría sobre las superficies de fundición de al menos un rodillo de fundición y se forma dando una banda de fundición estrecha. En la fundición mediante rodillos con un equipo de fundición de rodillos gemelos, se introduce metal fundido entre un par de rodillos de fundición en contrarrotación que están enfriados. Sobre las superficies de fundición en movimiento solidifican conchas de acero, que se reúnen en una zona de contacto entre los rodillos de fundición para producir un producto laminar solidificado que surge hacia abajo desde la zona de contacto. La expresión "zona de contacto" se utiliza en el presente documento para hacer referencia a la región general en la que los rodillos de fundición están más próximos entre sí. En cualquier caso, el metal fundido se vierte generalmente desde una cuchara a un recipiente más pequeño, desde el que fluye a través de un sistema de suministro de metal a las boquillas de distribución ubicadas generalmente por encima de las superficies de fundición de los rodillos de fundición. En la fundición mediante rodillos gemelos, el metal fundido se suministra entre los rodillos de fundición de modo que se forme una balsa de fundición de metal fundido dispuesta sobre las superficies de fundición de los rodillos adyacentes a la zona de contacto y que se extiende a lo largo de la longitud de la zona de contacto. Dicha balsa de fundición está habitualmente confinada entre placas o diques laterales que se mantienen en un enganche deslizante adyacente a los extremos de los rodillos de fundición para formar diques en los dos extremos de la balsa de fundición.

25 Cuando se produce por fundición una banda de acero estrecha con un equipo de fundición de rodillos gemelos, el metal fundido de la balsa de fundición generalmente se encontrará a una temperatura del orden de 1500 °C y superior. Por lo tanto, es necesario alcanzar velocidades de enfriamiento muy altas sobre las superficies de fundición de los rodillos de fundición. Para formar la banda de acero se necesita un alto flujo de calor y una amplia nucleación en la solidificación inicial de las conchas metálicas sobre las superficies de fundición. La patente de Estados Unidos N° 5.760.336, que se incorpora al presente documento por referencia, describe cómo se puede aumentar el flujo de calor sobre la solidificación inicial ajustando la química del acero fundido de forma que una porción sustancial de los óxidos metálicos formados sea líquida a la temperatura de solidificación inicial y, a su vez, formar una capa sustancialmente líquida en la interfaz entre el metal fundido y cada una de las superficies de fundición. Tal como se divulga en las patentes de Estados Unidos N° 6.934.359 y 6.059.014 y la solicitud internacional AU 99/00641, la nucleación del acero en la solidificación inicial puede verse influenciada por la textura de la superficie de fundición. En particular, la solicitud internacional AU 99/00641 divulga que una textura aleatoria de picos y valles en las superficies de fundición puede mejorar la solidificación inicial proporcionando sitios de nucleación sustanciales distribuidos sobre las superficies de fundición.

40 Se ha prestado atención en el pasado a la química del acero de la masa fundida, particularmente en el horno metalúrgico de cuchara antes de la fundición de una banda estrecha. En el pasado, hemos prestado atención a las inclusiones de óxido y los niveles de oxígeno en el metal de acero y su efecto sobre la calidad de la banda de acero producida. Ahora hemos encontrado que la calidad de la banda de acero y la producción de la banda de acero estrecha también se mejoran mediante el control de los niveles de hidrógeno y los niveles de nitrógeno en el acero fundido. El control de los niveles de hidrógeno y nitrógeno ha sido en el pasado objeto de investigación en la fundición de placas, aunque, por lo que sabemos, no ha sido un foco de atención en la fundición de bandas estrechas. Véase, por ejemplo, Control of Heat Removal in the Continuous Casting Mould, por P. Zasowski y D. Solinsky, 1990 Steelmaking Conference Proceedings, 253-259; y Determination and Prediction of Water Vapor Solubilities in CaO-MgO-SiO₂ Slags, por D. Sosinsky, M. Maeda y A. Mclean, Metallurgical Transactions, vol. 16b, 61-66 (marzo de 1985).

50 Específicamente, hemos descubierto que controlando los niveles de hidrógeno y nitrógeno en el acero fundido, con niveles reducidos de azufre en el acero, se puede producir mediante fundición por rodillos una banda de acero ordinario al carbono con una composición y una calidad de producción únicas.

55 En el documento WO-A-98/57767 se describe un proceso de fundición de una banda mediante rodillos gemelos para la producción de bandas de acero con bajo contenido de carbono que tienen una buena combinación de resistencia y formabilidad como fundición. La composición de acero con bajo contenido de carbono propuesta incluye de 30 a 120 ppm de nitrógeno.

60 Según la invención, se proporciona un procedimiento para la fundición de bandas de acero según la reivindicación 1.

65 En una forma de realización particular del procedimiento, dichas superficies de fundición vienen proporcionadas por un par de rodillos de fundición enfriados que tienen una zona de contacto entre los mismos y cierres de extremo por confinamiento adyacentes a los extremos de los rodillos de fundición, dicho acero ordinario al carbono fundido se introduce entre el par de rodillos de fundición para formar una balsa de fundición sobre las superficies de fundición

de los rodillos de fundición, confinando los cierres de extremo la balsa, los rodillos de fundición se hacen girar en contrarrotación y se forma la banda de acero estrecha solidificada a través de la zona de contacto entre los rodillos de fundición para producir una banda de acero solidificado que surge hacia abajo desde la zona de contacto.

5 El contenido de nitrógeno libre puede ser inferior a aproximadamente 100 ppm o inferior a aproximadamente 85 ppm.

10 El contenido de nitrógeno libre puede ser de 60 ppm o inferior. El contenido de hidrógeno libre puede ser de 1,0 a 6,5 ppm a presión atmosférica. El contenido de hidrógeno libre puede ser, por ejemplo, de entre 2,0 y 6,5 ppm o de entre 3,0 y 6,5 ppm.

15 El acero ordinario al carbono para los propósitos de la presente invención se define como menos del 0,65% de carbono, menos del 2,5% de silicio, menos del 0,5% de cromo, menos del 2,0% de manganeso, menos del 0,5% de níquel, menos del 0,25% de molibdeno y menos del 1,0% de aluminio, junto con otros elementos tales como azufre, oxígeno y fósforo que se producen normalmente en la fabricación de acero al carbono mediante horno de arco eléctrico. En este procedimiento se puede utilizar acero con bajo contenido de carbono que tiene un contenido de carbono en el intervalo del 0,001% al 0,1% en peso, un contenido de manganeso en el intervalo del 0,01% al 2,0% en peso y un contenido de silicio en el intervalo del 0,01% al 2,5% en peso, y la banda de fundición de bajo contenido de carbono puede producirse mediante el procedimiento. El acero puede tener un contenido de aluminio del orden del 0,01% o inferior en peso. El aluminio puede encontrarse, por ejemplo, a un nivel tan reducido como el 0,008% o inferior en peso. El acero fundido puede ser un acero calmado con silicio/manganeso.

20 En estos procedimientos, el contenido de azufre del acero puede ser del 0,01% o inferior; y el contenido de azufre del acero puede ser del 0,007% en peso.

25 En estos procedimientos, el nitrógeno libre se puede medir por espectrometría de emisión óptica, calibrada frente al procedimiento de conductividad térmica tal como se describe más adelante. Los niveles de hidrógeno libre se pueden determinar mediante una unidad de un sistema sumergido de lectura directa de hidrógeno ("Hydris"), fabricada por Hereaus Electronite.

30 Breve descripción de los dibujos

A fin de que la invención pueda explicarse más completamente, los resultados ilustrativos del trabajo experimental llevado a cabo hasta la fecha se describirán con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 La figura 1 es una vista esquemática en alzado lateral de un equipo de fundición de bandas ilustrativo;

La figura 2 es una vista en sección ampliada de una porción del equipo de fundición de la figura 1;

40 La figura 3 es un gráfico que muestra los niveles de nitrógeno y los niveles de hidrógeno admisibles en acero con bajo contenido de carbono para una banda de acero fundido.

Descripción detallada de los dibujos

45 Las figuras 1 y 2 ilustran un equipo de fundición de una banda continua de rodillos gemelos que se ha operado según la presente invención. La descripción siguiente de las formas de realización descritas se encuentra en el contexto de la fundición continua de una banda de acero utilizando un equipo de fundición de rodillos gemelos. Sin embargo, la presente invención no se limita al uso de equipos de fundición de rodillos gemelos y se extiende a otros tipos de equipos de fundición continua.

50 La figura 1 muestra partes sucesivas de una línea de producción ilustrativa con la que se puede producir una banda de acero según la presente invención. Las figuras 1 y 2 ilustran un equipo de fundición de rodillos gemelos denotado en general como 11 que produce una banda de acero de fundición 12 que pasa en una vía de tránsito 10 a través de una mesa de guía 13 a una caja de rodillos de presión 14 que comprende rodillos de presión 14A. Inmediatamente después de abandonar la caja de rodillos de presión 14, la banda puede pasar al interior de un tren de laminación caliente 16 que comprende un par de rodillos de reducción 16A y rodillos de apoyo 16B en los que esta se lamina en caliente para reducir su espesor. La banda laminada pasa a una mesa de salida 17 sobre la que se puede enfriar por convección por contacto con agua suministrada a través de chorros de agua 18 (u otros medios adecuados) y por radiación. En cualquier caso, la banda laminada puede pasar después a través de una caja de rodillos de presión 20 que comprende un par de rodillos de presión 20A y de allí a un enrollador 19. El enfriamiento final (si es necesario) de la banda tiene lugar en el enrollador.

65 Tal como se muestra en la figura 2, el equipo de fundición de rodillos gemelos 11 comprende un armazón de máquina principal 21 que soporta un par de rodillos de fundición 22 enfriados que presentan superficies de fundición 22A, montados uno al lado del otro con una zona de contacto entre los mismos. El metal fundido de acero ordinario al carbono puede suministrarse durante una operación de fundición desde una cuchara (no mostrada) a una artesa

- 23, a través de una cubierta refractaria 24 a un distribuidor 25 y desde allí a través de una boquilla de suministro de metal 26 generalmente dispuesta por encima de la zona de contacto 27 entre los rodillos de fundición 22. El metal fundido suministrado de esta forma a la zona de contacto 27 forma una balsa 30 dispuesta sobre las superficies de los rodillos de fundición 22A por encima de la zona de contacto y esta balsa está confinada en los extremos de los rodillos por un par de cierres, diques o placas laterales 28, que pueden disponerse adyacentes a los extremos de los rodillos mediante un par de generadores de empuje (no mostrados) que comprenden unidades de cilindro hidráulico (u otros medios adecuados) conectadas a los soportes de la placa lateral. La superficie superior de la balsa 30 (generalmente denominada nivel de "menisco") puede elevarse por encima del extremo inferior de la boquilla de suministro, de forma que la parte inferior de la boquilla de suministro se encuentre sumergida dentro de esta balsa.
- Los rodillos de fundición 22 se enfrían con agua, de forma que se solidifiquen conchas sobre las superficies de fundición en movimiento de los rodillos. Las conchas se reúnen en la zona de contacto 27 entre los rodillos de fundición, algunas veces con metal fundido entre las conchas, para producir la banda solidificada 12 que surge hacia abajo desde la zona de contacto.
- El almacén 21 soporta un carro de rodillos de fundición que se puede mover horizontalmente entre una estación de ensamblaje y una estación de fundición.
- Los rodillos de fundición 22 pueden hacerse girar en contrarrotación a través de ejes motrices (no mostrados) accionados por un motor eléctrico, hidráulico o neumático y una transmisión. Los rodillos 22 tienen paredes periféricas de cobre formadas con una serie de pasajes de enfriamiento con agua que se extienden longitudinalmente y están espaciados circunferencialmente a los que se suministra agua de enfriamiento. Los rodillos tienen normalmente un diámetro de aproximadamente 500 mm y una longitud de hasta aproximadamente 2000 mm para producir un producto de banda de aproximadamente 2000 mm de ancho.
- La artesa 25 es de construcción convencional. Está formada como un plato ancho fabricado de un material refractario tal como, por ejemplo, óxido de magnesio (MgO). Un lado de la artesa recibe metal fundido de la cuchara y está provisto de un canal de rebose 24 y un tapón de emergencia 25.
- La boquilla de suministro 26 está formada como un cuerpo alargado fabricado de un material refractario tal como, por ejemplo, alúmina-grafito. Su parte inferior es cónica para que converja hacia adentro y hacia abajo por encima de la zona de contacto entre los rodillos de fundición 22.
- La boquilla 26 puede tener una serie de pasajes de flujo generalmente extendidos verticalmente espaciados horizontalmente para producir una descarga de baja velocidad adecuada del metal fundido a lo largo de toda la anchura de los rodillos y para suministrar el metal fundido entre los rodillos sobre las superficies de los rodillos en las que se produce la solidificación inicial. Alternativamente, la boquilla puede tener una única salida de ranura continua para suministrar una cortina de baja velocidad de metal fundido directamente a la zona de contacto entre los rodillos y/o la boquilla puede estar sumergida en la balsa de metal fundido.
- La balsa está confinada en los extremos de los rodillos por un par de placas laterales de cierre 28 que son adyacentes y se sostienen contra los extremos escalonados de los rodillos cuando el carro de rodillos se encuentra en la estación de fundición. Las placas laterales de cierre 26 están fabricadas de forma ilustrativa de un material refractario fuerte, por ejemplo nitruro de boro, y tienen bordes laterales festoneados para que coincidan con la curvatura de los extremos escalonados de los rodillos. Las placas laterales se pueden montar en soportes de placa que se pueden mover en la estación de fundición mediante el accionamiento de un par de unidades de cilindros hidráulicos (u otros medios adecuados) para que las placas laterales se enganchen a los extremos escalonados de los rodillos de fundición para formar cierres de extremo para la balsa de metal fundido formada sobre los rodillos de fundición durante una operación de fundición.
- El equipo de fundición de rodillos gemelos puede ser del tipo ilustrado y descrito con más detalle, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos 5.184.668, 5.277.243, 5.488.988 y/o 5.934.359; la solicitud de patente de Estados Unidos N° 10/436.336 y la solicitud de patente internacional PCT/AU93/00593.
- Los resultados del control de los niveles de nitrógeno e hidrógeno libres en láminas de fundición estrechas de acero ordinario al carbono se exponen en la tabla 1 y en la figura 3. Tal como se muestra en la figura 3, en la que el nivel de nitrógeno libre se encontraba por debajo de aproximadamente 85 ppm y el nivel de hidrógeno libre se encontraba por debajo de aproximadamente 6,5 ppm, la banda de fundición estrecha producida era de acero "laminado en frío" de gran calidad. Los caldos metálicos en los que el nivel de nitrógeno libre o de hidrógeno libre era superior a aproximadamente 85 ppm o aproximadamente 6,5 ppm, respectivamente, no produjeron bandas estrechas de alta calidad de acero laminado en frío. Sin embargo, hemos descubierto que el nivel de hidrógeno es el parámetro significativo y que el nivel de nitrógeno puede ser superior, de hasta 100 ppm o 120 ppm.
- Los resultados que se muestran en la figura 3 son para acero ordinario al carbono laminado fino. La tabla 1 muestra el análisis de cada uno de los caldos metálicos mostrados en la figura 3. Como se observa en la figura 3, la curva

ES 2 714 167 T3

mostrada de la izquierda está basada en la base calculada para la presión total de nitrógeno parcial e hidrógeno parcial igual a 1,0 atmósfera.

TABLA 1

5

Últimos LMF Quims								
Sec ID	LMF C	LMF Si	LMF Mn	LMF N	LMF S	LMF P	LMF Al	H, ppm
822*	0,0493	0,265	0,6266	0,0075	0,011	0,0112	0,0042	7,3
1019	0,049	0,282	0,6122	0,0055	0,012	0,0113	0,0009	7
1057*	0,0622	0,2818	0,4894	0,008	0,013	0,0102	0,0008	8,3
1060*	0,0541	0,2986	0,5642	0,0081	0,0084	0,0107	0,0012	7,3
1071*	0,0547	0,1939	0,5616	0,0056	0,0076	0,0088	0,0029	5,6
1074*	0,0504	0,2989	0,5531	0,0042	0,0087	0,0149	0,002	6,3
1078*	0,0598	0,3212	0,6165	0,0081	0,0092	0,0155	0,0018	6,5
1079	0,0572	0,3368	0,6122	0,0067	0,0095	0,0117	0,0014	8,9
1080*	0,0582	0,2508	0,5688	0,0087	0,0119	0,011	0,0017	7,3
1082*	0,0606	0,2777	0,5603	0,0084	0,0094	0,0131	0,0016	7,4
1087*	0,0568	0,2794	0,5981	0,0078	0,0067	0,0166	0,0019	8,4
1088*	0,0534	0,3077	0,6044	0,0081	0,0106	0,0155	0,0025	8,3
1091	0,0479	0,2262	0,5565	0,0084	0,0095	0,026	0,0024	9
1095	0,0448	0,2343	0,5963	0,007	0,0086	0,0072	0,0013	8,5
1098*	0,0567	0,3831	0,4559	0,008	0,0119	0,0111	0,0017	7
1099*	0,0532	0,2718	0,5324	0,0071	0,0109	0,0129	0,0015	6,8
1100*	0,0533	0,2685	0,5658	0,0074	0,0088	0,0108	0,0022	7,7
1103*	0,0548	0,2997	0,6137	0,0071	0,0115	0,012	0,0016	7,1
1104*	0,054	0,2799	0,6771	0,0067	0,008	0,0114	0,0024	7,4
1106*	0,047	0,3229	0,6281	0,0058	0,01	0,0104	0,0028	7,6
1110*	0,0434	0,3068	0,6848	0,0046	0,006	0,0111	0,0014	4,4
1111	0,0414	0,3002	0,5669	0,005	0,0069	0,0163	0,0019	5,6
1113*	0,0289	0,0798	0,4376	0,0044	0,0053	0,0101	0,0182	4,6
1113	0,0416	0,2212	0,5914	0,0053	0,0067	0,0119	0,0025	6,2
1114*	0,0489	0,3034	0,5943	0,0055	0,0058	0,008	0,0017	3,9
1115*	0,0594	0,3404	0,6565	0,0053	0,0064	0,0129	0,0021	4,7
1116	0,0507	0,3725	0,6806	0,0062	0,0095	0,0123	0,0051	5
1117	0,0437	0,2258	0,563	0,0067	0,008	0,0121	0,0012	5
1118*	0,0629	0,3149	0,633	0,0081	0,0086	0,0143	0,001	7,7
1120*	0,0486	0,2935	0,5384	0,0077	0,0063	0,0074	0,0048	7,7
1121*	0,0492	0,314	0,6371	0,0073	0,0093	0,0163	0,0012	7,9
1122*	0,0525	0,2639	0,5867	0,0085	0,011	0,0141	0,0009	7,5
1123	0,0578	0,3238	0,5966	0,0058	0,0082	0,0124	0,0023	5,2
1125*	0,0682	0,3221	0,6788	0,0083	0,0055	0,0083	0,0005	4,7
1128*	0,0408	0,2456	0,5895	0,005	0,0083	0,0095	0,0016	5,1
1130	0,0378	0,3219	0,627	0,0073	0,0087	0,0172	0,0023	5,1
1133	0,0398	0,2899	0,574	0,0054	0,0084	0,0092	0,0033	5,2
1134	0,0558	0,2612	0,6039	0,0055	0,009	0,0148	0,0038	5,9
1135	0,0567	0,2085	0,6093	0,0052	0,0125	0,0151	0,0015	4,6

ES 2 714 167 T3

Últimos LMF Quims								
Sec ID	LMF C	LMF Si	LMF Mn	LMF N	LMF S	LMF P	LMF Al	H, ppm
1144*	0,0554	0,3702	0,6315	0,0077	0,0098	0,0108	0,0027	6,7
1160*	0,0448	0,3338	0,5496	0,0054	0,0055	0,0078	0,004	4,4
1161	0,057	0,3182	0,6093	0,0054	0,0066	0,0092	0,0015	4,2
1163	0,0499	0,3198	0,6033	0,0053	0,0056	0,0078	0,0026	4,2
1164	0,0352	0,2783	0,59	0,0058	0,0058	0,0076	0,0025	3,6
1167	0,0451	0,3395	0,6026	0,0054	0,0073	0,0086	0,0024	3,5
1168	0,0515	0,2841	0,5897	0,0058	0,0043	0,0059	0,0018	3,9
1170	0,0366	0,2839	0,5958	0,0062	0,0054	0,0077	0,0018	4
1171	0,0454	0,304	0,586	0,007	0,0053	0,0073	0,0031	4,7
1172	0,0372	0,291	0,618	0,005	0,006	0,0087	0,0017	3,5
1173	0,0537	0,3049	0,6171	0,0051	0,0038	0,0086	0,0014	5,2
1180	0,054	0,2706	0,6285	0,0055	0,0069	0,006	0,001	4
1182	0,0543	0,3296	0,6386	0,0062	0,0082	0,0094	0,0013	4,5
1182	0,0511	0,3008	0,6025	0,0049	0,0057	0,0099	0,0015	4,2
1183	0,0549	0,2859	0,6147	0,0069	0,0082	0,0087	0,0003	3,7
1183	0,0492	0,2718	0,6245	0,0063	0,0054	0,0085	0,0007	3,8
1188	0,0511	0,3078	0,6298	0,0073	0,0042	0,0076	0,0048	4,4
1189	0,0562	0,3133	0,646	0,0063	0,0031	0,0083	0,0085	3,2
1189	0,0452	0,3536	0,6902	0,0049	0,0014	0,0079	0,0132	4,1
1193*	0,0556	0,2864	0,6116	0,0059	0,0063	0,0084	0,0017	3,7
1196	0,0103	0,2989	0,6053	0,0052	0,0018	0,0082	0,0171	4
1198	0,0531	0,2643	0,6123	0,007	0,0064	0,0079	0,003	5
1200*	0,0534	0,2627	0,6082	0,0078	0,0107	0,007	0,0018	6,7
1205*	0,0544	0,2696	0,6037	0,0078	0,0097	0,0063	0,0011	6,8

* Indica secuencias de flujo de calor reducidas

La composición de todos los caldos metálicos de la tabla 1 se indica en porcentaje en peso, y se muestra en la figura 3. Los caldos metálicos se midieron para un índice de flujo de calor de $\pm 0,7$ megavatios por metro cuadrado a partir del nivel deseado, es decir, un rango aproximado de un flujo de calor estándar para una velocidad de fundición dada. Los ejemplos de flujo de calor estándar para una velocidad de fundición dada son 15 megavatios/m² para una velocidad de fundición de 80 metros/min y 13 megavatios/m² para una velocidad de fundición de 65 metros/min. Los caldos metálicos con asterisco de la tabla 1 tenían el índice de flujo de calor fuera de un rango aceptable de $\pm 0,7$ megavatios por metro cuadrado tal como se muestra en la figura 3. La curva de la figura 3 muestra los niveles máximos permitidos de nitrógeno libre e hidrógeno libre para las presiones parciales sumadas de nitrógeno libre e hidrógeno libre que dan un total de 1,0 atmósfera para producir un índice de flujo de calor aceptable de $\pm 0,7$ megavatios por metro cuadrado. Tal como se muestra en la figura 3, todos los caldos metálicos que tenían un nivel de nitrógeno libre inferior a aproximadamente 85 ppm y un nivel de hidrógeno libre inferior a aproximadamente 6,5 ppm tenían un flujo de calor dentro del rango deseado, excepto los caldos metálicos 1110 y 1125. En el caldo metálico 1110, los niveles de oxígeno libre generalmente fueron bajos, de aproximadamente 10 ppm, y en el caldo metálico 1125, se produjeron problemas mecánicos en el equipo de fundición.

Más recientemente, se han fabricado caldos metálicos adicionales con bajo contenido de nitrógeno y bajo contenido de hidrógeno que tienen las composiciones mostradas en la tabla 2. El nivel de nitrógeno varía de 42 a 118 ppm y los niveles de hidrógeno varían de 3,0 a 6,9 ppm. Sin embargo, el nivel de hidrógeno de 6,9 ppm es con una cabeza ferrostática de más de 1 atmósfera de presión, a saber, aproximadamente 1,15 atmósferas, tal como se muestra en la curva de la derecha de la figura 3.

ES 2 714 167 T3

TABLA 2

SEC_ID	CALDO METÁLICO_ID	C	MN	N	S	Si	P	Al	H, ppm
1734	248991	0,0502	0,5653	0,0042	0,0079	0,2615	0,0124	0,0006	4,6
1705	248296	0,048	0,5767	0,0054	0,0087	0,3154	0,017	0,0019	4,6
1701	142523	0,0461	0,5798	0,0053	0,0051	0,2729	0,0112	0,0008	5,1
1696	248237	0,0513	0,5793	0,0055	0,0052	0,2902	0,0112	0,0014	5
1695	248227	0,0559	0,5701	0,0066	0,0039	0,2436	0,0115	0,0006	6
1694	248207	0,0487	0,5763	0,0059	0,0081	0,2643	0,0172	0,0007	4,3
1691	248031	0,0481	0,5851	0,0063	0,0063	0,2605	0,0119	0,0006	4,4
1690	142250	0,0507	0,5928	0,0058	0,007	0,2582	0,0138	0,0009	3,2
1690,	142248	0,0554	0,5859	0,0079	0,0057	0,2583	0,017	0,001	4,3
1689	248008	0,0473	0,5747	0,0051	0,0049	0,2631	0,014	0,0011	2,9
1689	248007	0,0538	0,575	0,0056	0,0055	0,2611	0,0127	0,0007	3,6
1688	248005	0,0493	0,5802	0,0053	0,0038	0,2629	0,0127	0,0008	4,6
1687	247994	0,0467	0,5974	0,0055	0,0045	0,2653	0,0129	0,001	3,8
1687	247992	0,0497	0,5791	0,0049	0,0056	0,2541	0,0114	0,0009	3,7
1684	247975	0,0498	0,5839	0,0061	0,0064	0,248	0,012	0,0007	3,7
1684	247973	0,051	0,5716	0,0052	0,0031	0,2743	0,0122	0,0007	4,5
1683	247968	0,0488	0,5782	0,0062	0,0067	0,2774	0,0173	0,0008	3,9
1683	247965	0,0533	0,5753	0,0069	0,0081	0,2744	0,0183	0,0008	5
1681	247954	0,0532	0,5354	0,0058	0,0061	0,2432	0,0152	0,0017	4,1
1680	247934	0,0528	0,5861	0,0051	0,0049	0,2506	0,0106	0,0008	4,4
1679	247927	0,0524	0,5325	0,0063	0,0074	0,2521	0,0139	0,0007	4
1679	247925	0,0496	0,5266	0,0063	0,0065	0,2388	0,0121	0,0007	3,3
1679	247923	0,0549	0,5395	0,0063	0,0044	0,2354	0,0126	0,0007	4,5
1678	247917	0,0562	0,572	0,0052	0,0064	0,27	0,0156	0,0029	2,7
1678	247915	0,0499	0,6139	0,0052	0,0073	0,2789	0,0134	0,0009	3,3
1677	247910	0,0543	0,5721	0,0055	0,0088	0,2444	0,0163	0,0008	3,3
1677	247907	0,0491	0,5727	0,0076	0,008	0,2383	0,0214	0,0004	4,6
1676	142129	0,0505	0,5408	0,0061	0,0077	0,2374	0,0161	0,0005	3,9
1676	247898	0,0449	0,535	0,0052	0,0072	0,2589	0,0156	0,0008	3,9
1676	247896	0,0521	0,54	0,0071	0,0051	0,2273	0,0139	0,0005	5,1
1675	247894	0,0474	0,5398	0,006	0,0082	0,2442	0,0173	0,0005	3,3
1675	247892	0,0476	0,5845	0,0062	0,0092	0,2641	0,0215	0,0007	4,1
1674	247886	0,0518	0,6002	0,0061	0,0087	0,2544	0,0178	0,0022	3,3
1674	247884	0,0538	0,5682	0,0062	0,0081	0,2553	0,0164	0,0015	4
1673	142103	0,0471	0,5582	0,007	0,0063	0,2293	0,0207	0,003	4,1
1673	247874	0,0516	0,5262	0,0062	0,0049	0,2469	0,0161	0,0007	5,4
1672	247871	0,0533	0,5458	0,007	0,0057	0,2457	0,0216	0,0009	4,4
1672	247869	0,0478	0,554	0,0063	0,0059	0,2095	0,0242	0,0012	5,2
1671	247859	0,049	0,5848	0,0059	0,0051	0,2666	0,0108	0,0005	5
1670	247848	0,0505	0,5728	0,0064	0,0062	0,2402	0,0207	0,0007	4,7
1667	247817	0,0468	0,5921	0,0052	0,0059	0,268	0,0141	0,0013	3,5
1662	247612	0,0495	0,5773	0,0072	0,0075	0,2548	0,018	0,001	5,6

ES 2 714 167 T3

SEC_ID	CALDO METÁLICO_ID	C	MN	N	S	Si	P	Al	H, ppm
1657	247525	0,048	0,57	0,0068	0,004	0,257	0,019	0	4,8
1657	247524	0,051	0,58	0,0077	0,004	0,246	0,016	0	5,8
1656	247515	0,0491	0,5768	0,0052	0,0076	0,2457	0,0115	0,0007	3,3
1656	247513	0,0496	0,5965	0,0053	0,0064	0,2916	0,0092	0,0008	4,2
1655	247507	0,0463	0,5777	0,0058	0,0093	0,2608	0,0117	0,0005	4,3
1655	247505	0,0503	0,5691	0,0053	0,0061	0,2403	0,0173	0,0008	6,9
1654	247490	0,0541	0,5753	0,0065	0,0064	0,2533	0,0094	0,001	4,2
1652	247484	0,0496	0,5877	0,0064	0,0064	0,251	0,0139	0,0009	5,3
1651	141683	0,0566	0,6004	0,0058	0,0061	0,2698	0,0094	0,0008	4,7
1650	247461	0,0467	0,5729	0,006	0,0038	0,2663	0,0095	0,001	4,2
1650	141675	0,0519	0,5787	0,006	0,0052	0,2629	0,0098	0,0013	5
1649	141666	0,0546	0,6045	0,0056	0,0065	0,2755	0,0108	0,0009	4,2
1648	247441	0,0502	0,5949	0,0057	0,0049	0,2708	0,0097	0,0008	3,4
1648	247439	0,0493	0,5818	0,0047	0,0079	0,2588	0,012	0,0008	4,2
1647	247430	0,0483	0,5972	0,006	0,0037	0,2643	0,0069	0,0012	4,2
1646	141641	0,0497	0,5954	0,0044	0,0054	0,3043	0,0062	0,0011	3,6
1645	247410	0,0482	0,5731	0,0051	0,008	0,2456	0,0083	0,0007	3,8
1644	247403	0,05	0,6043	0,0065	0,0053	0,2547	0,0073	0,0007	4,2
1643	247399	0,0536	0,5801	0,0081	0,0054	0,2433	0,0075	0,0012	4,9
1642	247392	0,0531	0,5978	0,005	0,0056	0,2651	0,009	0,001	3,5
1642	247390	0,0499	0,5788	0,005	0,0066	0,2669	0,0077	0,0008	3,1
1640	247377	0,0519	0,5601	0,0055	0,0085	0,2511	0,0099	0,0026	3,7
1639	247362	0,0507	0,5192	0,0069	0,0054	0,2132	0,0096	0,0005	3,7
1639	247360	0,0492	0,5146	0,006	0,0058	0,1896	0,0094	0,0004	4,5
1638	247352	0,0492	0,587	0,0065	0,0084	0,2734	0,009	0,0006	3,7
1638	141578	0,0517	0,5727	0,0067	0,0111	0,2632	0,0155	0,0006	4,5
1637	247337	0,0484	0,5415	0,0059	0,0069	0,2201	0,0115	0,0006	4,4
1637	247335	0,0531	0,5491	0,0068	0,0076	0,2374	0,0102	0,0009	4,5
1636	141557	0,0504	0,5592	0,0076	0,0087	0,2491	0,0114	0,0005	4,4
1634	247319	0,049	0,5424	0,0071	0,007	0,2094	0,0111	0,0003	4,6
1633	247310	0,0486	0,59	0,006	0,0089	0,2655	0,0098	0,0002	4,1
1632	247133	0,0519	0,5795	0,0067	0,005	0,2511	0,0093	0,0006	3,9
1632	247130	0,0461	0,5733	0,0058	0,0043	0,2421	0,0091	0,0004	4
1631	141348	0,0505	0,575	0,0057	0,0047	0,2434	0,0087	0,0007	3,5
1631	141347	0,0463	0,5886	0,0056	0,0065	0,2798	0,0098	0,0006	3,9
1630	341342	0,0521	0,5775	0,0075	0,0077	0,2387	0,0133	0,0005	4,6
1624	141300	0,0456	0,5921	0,005	0,0068	0,2586	0,0086	0,0006	4
1623	141288	0,051	0,5978	0,0055	0,0064	0,2766	0,0107	0,0012	3,5
1621	247048	0,047	0,5613	0,0043	0,0066	0,2423	0,0112	0,0005	3,5
1621	247046	0,0499	0,553	0,0048	0,0062	0,2546	0,0105	0,0006	3,9
1620	247036	0,0531	0,5953	0,0053	0,0087	0,2463	0,0104	0,0008	3,5
1619	141253	0,0506	0,5932	0,005	0,007	0,2589	0,0152	0,0011	3,6
1619	141252	0,0485	0,5782	0,0064	0,0085	0,2363	0,0133	0,001	3,9

ES 2 714 167 T3

SEC_ID	CALDO METÁLICO_ID	C	MN	N	S	Si	P	Al	H, ppm
1618	247018	0,0532	0,589	0,0057	0,0077	0,2359	0,0104	0,0004	4,3
1617	247011	0,0457	0,5767	0,0051	0,0053	0,2647	0,0105	0,001	3,3
1616	246997	0,0521	0,6192	0,0118	0,0044	0,2344	0,0072	0,0007	3,3
1611	246957	0,0533	0,574	0,0076	0,0078	0,2251	0,0151	0,0004	4,2
1610	246942	0,0469	0,5853	0,0063	0,0085	0,2698	0,011	0,0007	3,3
1610	246940	0,0535	0,5926	0,0063	0,0081	0,2533	0,0093	0,0006	4
1609	141146	0,0529	0,5733	0,0054	0,0073	0,223	0,0101	0,0007	3,4
1609	141141	0,0547	0,5534	0,0069	0,009	0,2169	0,0093	0,0005	4
1608	246915	0,0489	0,5895	0,006	0,007	0,2751	0,0093	0,0008	3,4
1607	141117	0,0537	0,5756	0,007	0,0077	0,2419	0,0122	0,0007	3,4
1606	141097	0,0512	0,5936	0,0057	0,0065	0,2582	0,0115	0,0005	3,6
1605	246877	0,0527	0,6154	0,0078	0,0056	0,2507	0,0092	0,0009	3,5
1605	246879	0,0497	0,5939	0,0055	0,0072	0,2418	0,0124	0,0009	3,1
1604	246862	0,0483	0,6336	0,0053	0,006	0,2694	0,0088	0,001	4,6
1603	246854	0,0522	0,6157	0,0058	0,0069	0,2587	0,0103	0,0011	3,2
1603	246852	0,0536	0,5455	0,005	0,0057	0,2468	0,01	0,0011	3,8
1602	246836	0,0468	0,6049	0,0044	0,0062	0,2748	0,0109	0,001	4,6
1601	246824	0,052	0,5846	0,0044	0,0103	0,2392	0,0126	0,0004	4,8
1598	246806	0,0459	0,5803	0,0041	0,006	0,2684	0,0088	0,0006	4,4
1598	246804	0,0499	0,5795	0,0053	0,0077	0,2609	0,011	0,0005	5,2
1597	141011	0,044	0,5661	0,0061	0,0063	0,2635	0,0125	0,0006	5,3
1596	246777	0,0492	0,5378	0,0072	0,0052	0,2417	0,0115	0,0003	4,5
1595	140990	0,0428	0,5817	0,0053	0,0036	0,2529	0,0131	0,0009	4,3
1595	140988	0,0494	0,5583	0,0072	0,0071	0,2074	0,0107	0,0004	4,6
1594	246759	0,048	0,5355	0,0064	0,009	0,2218	0,0094	0,0005	5,1
1594	140978	0,0479	0,5645	0,0065	0,0068	0,228	0,0157	0,0005	5,6
1593	140976	0,0541	0,5799	0,0066	0,0074	0,2485	0,0143	0,001	4,5
1592	246741	0,047	0,5652	0,0053	0,0055	0,2348	0,0127	0,0009	4,9
1591	246739	0,0549	0,5755	0,0075	0,0041	0,2343	0,016	0,001	4,6
1590	246725	0,0404	0,575	0,0045	0,0079	0,2505	0,0109	0,0002	4
1589	140941	0,0524	0,5793	0,0053	0,0057	0,2414	0,0127	0,0011	4,9
1588	246565	0,0477	0,6328	0,0078	0,0065	0,2361	0,0166	0,0012	4
1587	246559	0,0457	0,5635	0,0055	0,0055	0,2446	0,0218	0,0002	3,8
1586	246546	0,0573	0,5793	0,0059	0,0094	0,2237	0,0134	0,0003	3,4
1585	246544	0,0601	0,5434	0,007	0,0067	0,2672	0,0198	0,001	3,5
1584	246536	0,0538	0,5664	0,0064	0,0061	0,2087	0,0161	0,0008	3,8
1584	246528	0,0488	0,559	0,0061	0,0051	0,2251	0,0166	0,0009	4,8
1583	246527	0,0519	0,5723	0,0067	0,0082	0,2173	0,0123	0,0007	4
1582	246520	0,0485	0,582	0,0058	0,0108	0,2435	0,0137	0,0008	3,6
1582	246518	0,052	0,5639	0,0068	0,0104	0,2441	0,0121	0,0005	3,8
1579	246481	0,0514	0,5968	0,0063	0,0058	0,2555	0,0135	0,0007	3,3
1577	246459	0,0496	0,5945	0,0055	0,0056	0,2538	0,017	0,0005	3,1
1577	246457	0,0488	0,5943	0,006	0,0044	0,249	0,0158	0,0007	3,4

ES 2 714 167 T3

SEC_ID	CALDO METÁLICO_ID	C	MN	N	S	Si	P	Al	H, ppm
1576	246445	0,0446	0,549	0,0054	0,0031	0,2429	0,0105	0,0003	3,1
1575	246439	0,0498	0,5975	0,0049	0,0054	0,2644	0,0142	0,0006	3,2
1573	246414	0,0514	0,606	0,0047	0,0081	0,2639	0,0108	0,0005	3,2
1573	246412	0,0475	0,5915	0,0043	0,006	0,2657	0,0144	0,0006	3,8
1572	246393	0,0475	0,5955	0,0061	0,0072	0,2398	0,0113	0,0005	4,3
1570	246382	0,0501	0,5498	0,006	0,0071	0,2495	0,0122	0,0005	4,3
1569	246367	0,0563	0,5763	0,006	0,0064	0,2326	0,0108	0,0006	3,4
1569	246365	0,0501	0,5745	0,006	0,0063	0,229	0,0127	0,0003	3,6
1568	246356	0,0486	0,5478	0,0058	0,0082	0,2374	0,0129	0,0026	3
1568	246354	0,0499	0,5564	0,0062	0,0078	0,2437	0,013	0,0013	3,3
1567	246341	0,0489	0,5659	0,006	0,0083	0,2291	0,0153	0,0002	3,3
1567	140568	0,0469	0,539	0,0061	0,0069	0,2159	0,0137	0,0004	3,5
1566	246331	0,0452	0,5614	0,0051	0,0086	0,2491	0,0129	0	2,7
1566	246329	0,0433	0,5522	0,0054	0,0072	0,2514	0,0124	0,0006	3,4
1565	246318	0,0504	0,5674	0,0047	0,0068	0,241	0,0115	0	3,8
1564	246304	0,0483	0,5708	0,0038	0,0077	0,2519	0,0119	0	3,1
1564	246302	0,0502	0,5742	0,005	0,0073	0,2563	0,0121	0,0002	3,5
1563	140529	0,0537	0,582	0,0066	0,0061	0,2574	0,0131	0	3,6
1561	140516	0,0546	0,5888	0,0048	0,006	0,2504	0,014	0	3,7
1561	246272	0,0495	0,5774	0,0051	0,0051	0,2423	0,0142	0	3,9
1560	140502	0,0497	0,5865	0,005	0,0061	0,2626	0,0122	0,0004	3,2
1560	140500	0,0494	0,5902	0,0051	0,0037	0,2591	0,0154	0,0001	3,9
1558	246242	0,0479	0,6095	0,005	0,005	0,2586	0,0127	0,0006	3,9
1558	246240	0,0472	0,5867	0,0052	0,008	0,245	0,0107	0,0004	4,5
1556	246020	0,0522	0,607	0,0062	0,0077	0,2674	0,0085	0,0006	3,6
1555	140256	0,0554	0,5559	0,0061	0,0059	0,2504	0,0107	0,0003	4,3
1551	245974	0,0539	0,5876	0,0077	0,0064	0,2776	0,0128	0	4
1550	245965	0,0556	0,5781	0,0078	0,0054	0,2545	0,0127	0	3,9
1550	245963	0,0513	0,5759	0,0074	0,0057	0,2686	0,0131	0	4
1549	245948	0,0549	0,5936	0,0075	0,0069	0,2493	0,0118	0,0002	3,6
1548	245938	0,0528	0,6059	0,0064	0,0059	0,273	0,0142	0,0002	3,7
1548	245936	0,0525	0,602	0,0067	0,0051	0,2828	0,0145	0,0001	3,7
1547	245925	0,0516	0,685	0,0069	0,0061	0,2543	0,0163	0,0003	3,4
1547	445923	0,0593	0,5902	0,0087	0,0087	0,244	0,0195	0,0004	3,6
1545	245912	0,0509	0,567	0,0061	0,0076	0,2583	0,0171	0,0004	3,9
1544	245900	0,0535	0,5995	0,0055	0,0085	0,2546	0,0124	0,0007	3,4
1544	245898	0,0468	0,5968	0,0058	0,0086	0,2499	0,0143	0,001	3,4
1543	140119	0,0492	0,5673	0,0062	0,0081	0,2386	0,0093	0	4,9
1540	245864	0,0518	0,5756	0,0054	0,009	0,2595	0,0163	0,0004	3,6
1540	245863	0,0499	0,569	0,0055	0,0087	0,2646	0,015	0,0002	3,9
1539	245850	0,0544	0,5864	0,005	0,0082	0,2566	0,0125	0,0005	3,7
1538	245837	0,0542	0,5554	0,0057	0,007	0,2291	0,012	0,0002	4
1537	245825	0,0522	0,5892	0,0052	0,0051	0,2694	0,0098	0,0005	2,9

ES 2 714 167 T3

SEC_ID	CALDO METÁLICO_ID	C	MN	N	S	Si	P	Al	H, ppm
1537	245824	0,0505	0,5761	0,006	0,0065	0,2778	0,0134	0,0004	3,4
1536	140056	0,0512	0,5926	0,0065	0,0087	0,2416	0,0125	0,0002	3,5
1536	245814	0,0578	0,5835	0,0064	0,0098	0,2492	0,0121	0,0002	3,7
1535	140039	0,0492	0,5748	0,0072	0,0088	0,2393	0,012	0,0003	3,8
1535	245797	0,0507	0,5567	0,0075	0,0087	0,2404	0,0113	0,0003	4,1
1534	245789	0,0504	0,5519	0,0047	0,0068	0,2903	0,017	0,0007	2,9
1534	245788	0,0521	0,5839	0,0062	0,0048	0,2573	0,0152	0,0007	3,9
1533	245772	0,0539	0,5858	0,0067	0,0087	0,2602	0,014	0,0004	3,2
1533	245771	0,0557	0,5708	0,0069	0,0085	0,258	0,0143	0,0008	4,1
1532	245769	0,0483	0,5726	0,0055	0,0073	0,2318	0,0143	0,0001	3,6
1532	245767	0,0571	0,5644	0,0052	0,0059	0,2327	0,0137	0	3,8
1530	245559	0,0488	0,562	0,005	0,0043	0,2397	0,0191	0,0005	3,2
1529	245553	0,0541	0,6186	0,0072	0,009	0,2555	0,019	0,0004	3,7
1528	245541	0,0507	0,5565	0,0066	0,0102	0,2477	0,0177	0,0003	3
1528	245539	0,048	0,5393	0,0068	0,0096	0,2412	0,0178	0,0003	4,2
1527	245525	0,0557	0,5628	0,0062	0,0058	0,2499	0,0141	0,0004	3,6
1527	149763	0,0526	0,5941	0,0081	0,0072	0,2513	0,0154	0,0005	4,4
1522	245462	0,0456	0,6022	0,005	0,0068	0,2665	0,0143	0,0006	2,9
1522	245461	0,0501	0,5844	0,0058	0,0077	0,2664	0,0153	0,0003	3,3
1521	149689	0,0478	0,6002	0,0054	0,0089	0,2797	0,0123	0,0005	3,6
1520	245443	0,0478	0,5367	0,0063	0,0064	0,2345	0,0173	0,0004	3,6
1517	245424	0,0541	0,5914	0,0071	0,0062	0,2368	0,0115	0,0003	3,7
1515	149635	0,051	0,6088	0,0064	0,0076	0,2751	0,0119	0,0004	3,5
1515	149634	0,0549	0,6079	0,0065	0,0033	0,2653	0,0116	0,0004	3,5
1514	245403	0,0491	0,5964	0,0071	0,0085	0,2261	0,0097	0,0001	3,5
1514	245400	0,051	0,5616	0,0064	0,0087	0,2517	0,0109	0,0001	3,9
1513	149612	0,0448	0,5826	0,0057	0,0068	0,2585	0,0147	0,0004	3,2
1513	149610	0,0537	0,5647	0,0066	0,0082	0,2466	0,0136	0	3,5
1512	245373	0,051	0,5857	0,0058	0,0086	0,2512	0,0117	0,0005	2,8
1512	245371	0,0507	0,5571	0,0071	0,0075	0,2447	0,0117	0	4
1511	245353	0,0498	0,5823	0,0065	0,0063	0,2387	0,0109	0,0001	3,5
1510	245352	0,0532	0,5931	0,0065	0,0063	0,2623	0,0112	0,0001	3,8
1509	245339	0,0504	0,564	0,0074	0,0089	0,2599	0,0137	0,0003	2,9
1508	245333	0,0561	0,591	0,0071	0,0073	0,2541	0,0119	0,0003	3,6
1507	245308	0,0514	0,5784	0,0053	0,0046	0,2385	0,0118	0,0001	3,6
1506	245295	0,0456	0,5876	0,0053	0,005	0,2488	0,0095	0,0004	3,6
1506	245294	0,0521	0,6418	0,006	0,0063	0,2718	0,0116	0,0005	2,9
1504	245287	0,0524	0,5863	0,0055	0,0042	0,2609	0,0127	0,0012	3,6
1503	245274	0,044	0,5684	0,0053	0,0068	0,2509	0,0096	0,0002	3,1
1503	149504	0,0485	0,5695	0,0057	0,0066	0,2449	0,0097	0,0002	3,5
1502	245262	0,0512	0,5974	0,004	0,0088	0,269	0,0091	0,0002	2,8
1502	245261	0,0475	0,579	0,0045	0,0068	0,256	0,0107	0,0008	4
1500	245082	0,052	0,5876	0,0062	0,0106	0,2418	0,0107	0,0003	2,7

5 A partir de los caldos metálicos expuestas en la tabla 2, se observa que los niveles de nitrógeno pueden ser de hasta 120 ppm, y los niveles de hidrógeno se encuentran entre 1,0, 2,0 o 3,0 y 6,5 ppm a presión atmosférica. Además, el nivel de hidrógeno de 6,9 ppm en el caldo metálico 1655 es con una cabeza ferrostática de más de 1 atmósfera de presión, es decir, aproximadamente 1,15 atmósferas, tal como se muestra en la figura 3

10 El nitrógeno libre se determinó mediante análisis con espectrometría de emisión óptica ("OES") calibrada según el procedimiento de conductividad térmica ("CT") de forma programada. El procedimiento preferido para determinar la composición química de las muestras metálicas es espectrometría de emisión óptica (OES) utilizando excitación por arco y chispa. Este proceso se utiliza ampliamente en las industrias de fabricación de metales, incluidos los productores primarios, las fundiciones, equipos de fundición de molde y la fabricación. Debido a su rápido tiempo de análisis y precisión inherente, los sistemas OES de arco/chispa son los más eficaces para controlar el procesamiento de aleaciones. Estos espectrómetros pueden utilizarse para muchos aspectos del ciclo de producción, incluida la inspección de materiales de partida, el procesamiento de metales, el control de calidad de productos semiacabados y acabados y muchas otras aplicaciones en las que se requiere una composición química del material metálico.

20 El procedimiento de conductividad térmica (CT), utilizado para calibrar la OES, emplea generalmente un instrumento controlado por software basado en un microprocesador que puede medir nitrógeno, así como oxígeno, en una amplia diversidad de metales, materiales refractarios y otros materiales inorgánicos. El procedimiento de CT emplea el principio de fusión de gas inerte. Una muestra pesada, dispuesta en un crisol de grafito de alta pureza, se fusiona bajo una corriente de gas helio fluida a temperaturas suficientes como para liberar oxígeno, nitrógeno e hidrógeno. El oxígeno de la muestra, en todas las formas presentes, se combina con el carbono del crisol para formar monóxido de carbono. El nitrógeno presente en la muestra se libera como nitrógeno molecular y el hidrógeno, en cualquier forma, se libera como hidrógeno gaseoso.

30 En el procedimiento de CT, el oxígeno se mide por absorción infrarroja (IR). Los gases de muestra penetran en primer lugar en el módulo IR y pasan a través de detectores de CO y CO₂. El oxígeno presente, ya sea CO o CO₂, se detecta. Tras esta operación, el gas de muestra se hace pasar a través de óxido de cobre y tierras raras calentado para convertir CO en CO₂ y el hidrógeno, en cualquier forma, en agua. Los gases vuelven a penetrar en el módulo IR y pasan a través de un detector de CO₂ separado para la medición de oxígeno total. Esta configuración maximiza el rendimiento y la precisión tanto para un rango bajo como un rango alto.

35 En el procedimiento de CT, el nitrógeno se mide haciendo pasar gases de muestra que se medirán a través del óxido de cobre y tierras raras calentado que convierte el CO en CO₂ y el hidrógeno en agua. El CO₂ y el agua se eliminan después para evitar su detección por la celda de CT. El flujo de gas pasa después a través de la celda de CT para la detección de nitrógeno.

40 Como se ha expuesto anteriormente, el hidrógeno libre se mide mediante una unidad del sistema sumergido de lectura directa de hidrógeno ("Hydris"), fabricada por Hereaus Electronite. Se cree que esta unidad se describe en las patentes de Estados Unidos referenciadas siguientes: patentes de Estados Unidos N° 4.998.432; 5.518.931 y 5.820.745.

45 Aunque la invención se haya ilustrado y descrito en detalle en los dibujos y la descripción anteriores, la misma debe considerarse como de carácter ilustrativo y no restrictivo, entendiéndose que solo se han mostrado y descrito formas de realización ilustrativas de la misma y que se desean proteger todos los cambios y todas las modificaciones que se presentan con la invención. Para los expertos en la técnica se harán evidentes características adicionales de la invención al considerar la descripción. Se pueden realizar modificaciones sin apartarse del alcance de la invención.

50

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fundición de una banda de acero que comprende:

- 5 introducir acero ordinario al carbono fundido sobre las superficies de fundición de un par de rodillos de fundición que presentan una zona de contacto entre los mismos y cierres de extremo de confinamiento adyacentes a los extremos de los rodillos de fundición, teniendo el acero fundido un contenido de nitrógeno libre inferior a aproximadamente 120 ppm y un contenido de hidrógeno libre inferior a aproximadamente 6,5 ppm medidos a presión atmosférica, no
10 siendo la suma de la presión parcial de nitrógeno y la presión parcial de hidrógeno superior a una atmósfera,
formar una balsa de fundición sobre los rodillos de fundición, con los cierres de extremo confinando la balsa, los rodillos de fundición;
15 hacer girar en contrarrotación los rodillos de fundición,
solidificar el acero fundido para formar conchas metálicas sobre los rodillos de fundición que tienen niveles de nitrógeno e hidrógeno reflejados por el contenido de los mismos en el acero fundido y formar una banda de acero estrecha solidificada a través de la zona de contacto entre los rodillos de fundición que se proporciona hacia abajo desde la zona de contacto.
20
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el contenido de hidrógeno libre se encuentra entre 1,0 y 6,5 ppm a presión atmosférica.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el contenido de nitrógeno libre es inferior a aproximadamente 100 ppm.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el contenido de nitrógeno libre es inferior a aproximadamente 85 ppm.
- 30 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor de la banda es inferior a 2 mm.
- 35 6. Procedimiento de cualquier reivindicación anterior en el que el contenido de hidrógeno libre se encuentra entre 3 y 6,5 ppm a presión atmosférica.

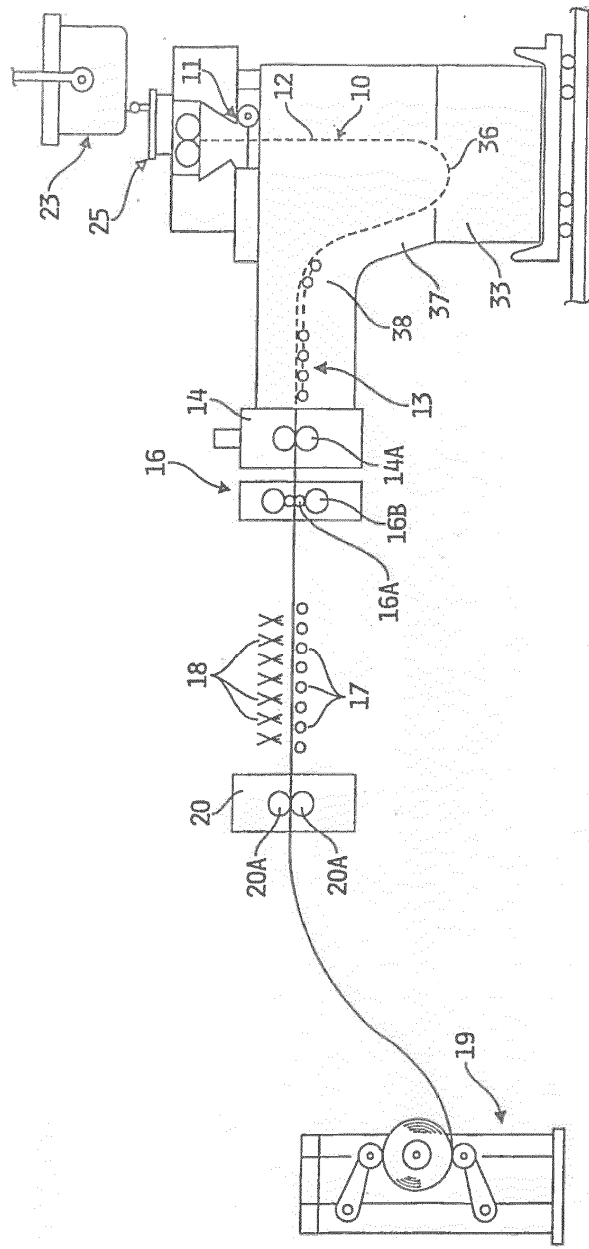


FIG. 1

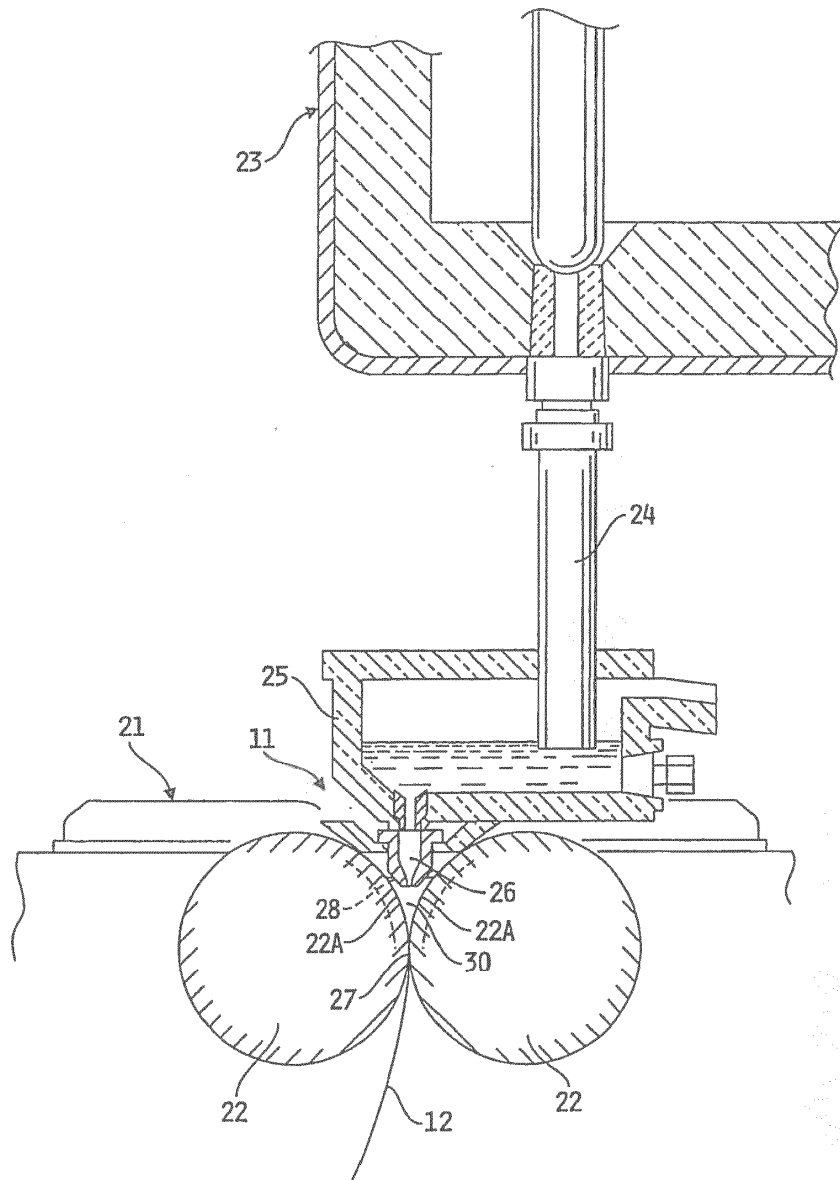


FIG. 2

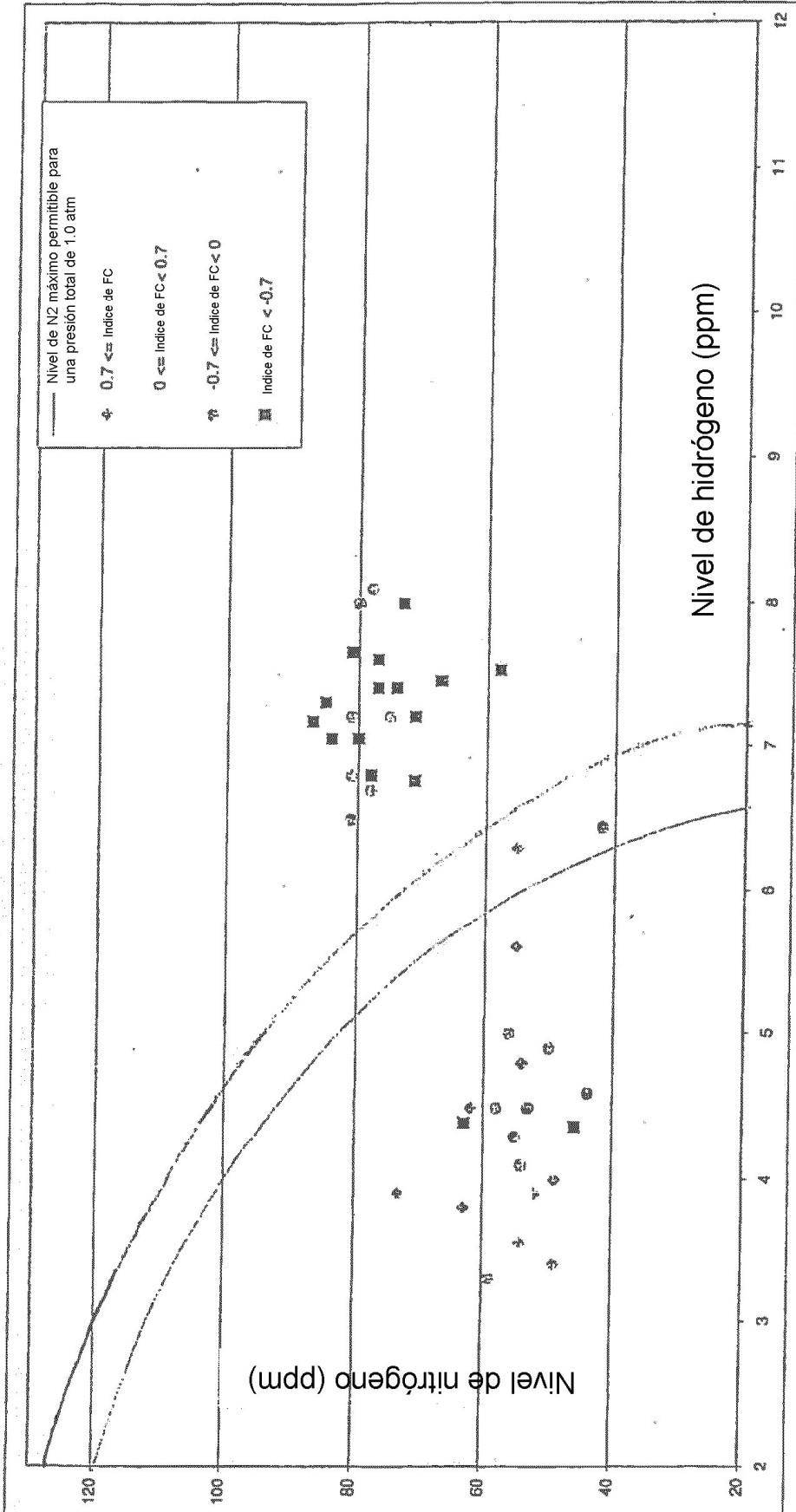


FIG. 3