



PATENTE DE INVENCION

---

---

Ref: L 54932.

---

344946

*Memoria Descriptiva.*

*sobre*

"PROCEDIMIENTO PARA LA FUNDICION CONTINUA DE  
PLANCHAS DE ACERO".

---

*Solicitante:* UNITED STATES STEEL CORPORATION, entidad norteamericana, residente en: 525 William Penn Place, PITTSBURG, Estado de Pensilvania, EE.UU. de A.

---

Esta invención se relaciona con un procedimiento de fundición de acero y con los productos de tal procedimiento, y más particularmente con un procedimiento de desoxidación en vacío y fundición continua de planchas de grado de lámina y de hojalata,

5.

344<sup>-2</sup>46



y con planchas de acero de nueva composición que son desoxidadas y fundidas de la manera indicada.

- Las planchas de acero para aplicaciones en láminas y hojalata se producen generalmente a partir
5. de lingotes de acero contorneados y rematados, formados en un molde convencional para lingotes. Los lingotes de acero contorneados, de los que deriva en su mayor parte el acero usado en la producción de láminas y hojalata, se caracterizan por una superficie limpia, libre de ampollas, de un contenido en carbono relativamente bajo, y por un interior dotado de una estructura vesicular y un superior contenido en carbono respecto a la superficie. Como es bien sabido en el arte, la obtención de la deseada estructura vesicular es esencial para producir acero contorneado de buena calidad. Los lingotes de acero contorneado contienen generalmente del 0,03 al 0,15% en peso de carbono, del 0,2 al 0,6% en peso de manganeso, aproximadamente, y menos del 0,02% y preferiblemente no
  10. más del 0,01% en peso de silicio. El acero líquido para tales lingotes tiene un contenido en oxígeno relativamente elevado, pero preciso, que proporciona la deseada acción contorneadora en el molde. Tal acero es pasado desde un horno de producción del mismo
  15. a un crisol de colada, con un contenido en oxígeno superior al requerido en el molde para los lingotes. Ordinariamente se añade un desoxidante metálico al crisol de colada a fin de reducir el contenido en oxígeno al nivel deseado antes de verter el acero en
  20. el molde para el lingote. El aluminio es el desoxi-
  - 25.
  - 30.



344446

- dante preferido y forma alumina, la mayor parte de la cual flota en la parte superior del acero contenido en el crisol, formando una espuma. La cantidad de alúmina retenida en el lingote como inclusiones es pequeña y no tiene ningún apreciable efecto adverso sobre la calidad del acero. El silicio se evita como desoxidante para aceros contorneados, porque forma inclusiones de sílice que tienen un efecto nocivo sobre la calidad del acero. Un silicio residual superior al 0,02%, considerado generalmente como la cantidad máxima permisible en los aceros contorneados, tiene por resultado la formación de excesivas inclusiones, debido al contenido relativamente elevado en oxígeno del acero.
- 5.
- 10.
15. Se han producido aceros reposados de acuerdo con la práctica del arte anterior, cuando se ha precisado acero libre de ampollas. Tal acero contiene menos de 50 partes por millón, aproximadamente, de oxígeno. Estos aceros se producen ordinariamente usando grandes cantidades de aluminio como desoxidante y se funden en moldes convencionales para lingotes.
- 20.
25. Las ampollas pueden evitarse también manteniendo el contenido en carbono del acero por debajo del 0,02%, aproximadamente, en peso. A estos bajos niveles en carbono, no se forma monóxido de carbono, independientemente del contenido en oxígeno del acero, no formándose por consiguiente ampollas. Sin embargo, los aceros de tan bajos contenidos en carbono son comparativamente débiles y frecuentemente se desean unos superiores contenidos en carbono.
- 30.

- 4 -  
344446



- Se ha considerado deseable durante mucho tiempo producir acero mediante fundición continua, porque se precisan menos operaciones en la producción de acero de fundición continua que en la producción de planchas de acero a partir de lingotes convencionales. Sin embargo, hasta ahora no se ha conseguido ninguna práctica satisfactoria en la producción de acero capaz de producir planchas adecuadas para usos en láminas y en hojalata. Las prácticas usadas en la producción de aceros contorneados y rematados en moldes para lingotes convencionales no son en absoluto adecuadas para la producción de acero mediante fundición continua. Las planchas continuamente fundidas han de estar libres de ampollas. La presencia de éstas en las planchas de fundición continua es extraordinariamente perjudicial, porque las ampollas situadas en la superficie de la plancha estropean la calidad superficial, requiriendo un considerable acondicionamiento y frecuente raspado de la plancha y las ampollas internas reducen sustancialmente la conductividad térmica de la plancha, haciendo necesario operar a bajas velocidades de fundición. La necesidad de eliminar las ampollas en las planchas continuamente fundidas requiere un acero de contenido en oxígeno inferior al usado en la producción de lingotes de acero contorneados y rematados. Sin embargo, el uso de desoxidantes metálicos convencionales, es decir, aluminio y silicio, en las cantidades necesarias para alcanzar este bajo nivel en oxígeno, no puede tolerarse, puesto que resultan excesivas cantidades
- 5.
  - 10.
  - 15.
  - 20.
  - 25.
  - 30.

344446



- de óxidos. Cuando el aluminio añadido al crisol de colada constituye el único desoxidante, se forma una gran cantidad de espuma de alúmina y gran parte de esta espuma queda atrapada en las superficies de
5. la plancha al formarse en el molde, produciéndose una plancha de deficiente calidad superficial, que ha de acondicionarse considerablemente mediante rebajado. El uso de silicio solamente como desoxidante en el acero de fundición continua ha resultado ser
10. también pernicioso. La cantidad requerida para la desoxidación produce un acero dotado de una dureza inaceptablemente elevada. Además, la adición de silicio forma inclusiones de sílice que estropean, tanto la estructura superficial, como la calidad interna de la
15. plancha. La presencia de inclusiones de sílice es nociva, especialmente en planchas laminadas en caliente.
- La desoxidación en vacío del acero para reducir su contenido en oxígeno antes de la fundición continua, ha sido sugerida también. Sin embargo, el
20. contenido en oxígeno que puede conseguirse cuando se opera a un ritmo comercialmente factible es demasiado elevado para evitar la formación de ampollas siempre que la cantidad de carbono en el acero sea superior al 0,02% en peso aproximadamente. Por consiguiente,
25. la desoxidación en vacío no puede usarse sola para reducir el contenido en oxígeno al nivel requerido.
- Como los procedimientos actualmente conocidos de desoxidación del acero no pueden proporcionar una plancha continuamente fundida de buena calidad
30. para aplicaciones en láminas y hojalata, se requiere

- 6 -  
344446



un nuevo procedimiento que proporcione planchas libres de ampollas que posean un bajo contenido en oxígeno y sólo una pequeña cantidad de inclusiones no metálicas.

5. En consecuencia, la presente invención proporciona un procedimiento para fundir de modo continuo planchas de acero libres de ampollas y de bajo contenido en inclusiones, que comprende la introducción de acero fundido dotado de un contenido en carbono del 0,04% en peso, aproximadamente, por lo menos, y dotado de un contenido en oxígeno disuelto, sustancialmente superior al indicado por la ecuación:
- 10.

$$\text{ppm de O}_2 = \frac{8.7}{(\%C)0.75}$$

15. en una zona de desgasificación en vacío; la reacción del carbono y el oxígeno contenidos en dicho acero bajo vacío en la citada zona de desgasificación, hasta que el contenido en oxígeno sea sustancialmente inferior al indicado por la ecuación:

20.

$$\text{ppm de O}_2 = \frac{8.7}{(\%C)0.75}$$

- la desoxidación del acero desgasificado con un desoxidante metálico para reducir más su contenido en oxígeno disuelto; el vertido continuo del acero desgasificado y desoxidado en un molde de fundición continua; el enfriamiento del acero parcialmente solidificado en dicho molde y la retirada continua de una plancha parcialmente solidificada del citado molde, conteniendo
- 25.
30. dicha plancha aproximadamente del 0,02 al 0,15% en

- 7 -  
344446



peso de carbono, no más del 0,1%, aproximadamente, en peso de silicio y no más del 0,015% en peso, aproximadamente, de aluminio.

- La invención proporciona además una plancha
5. de acero continuamente desgasificado y fundido, que consta esencialmente del 0,02 al 0,15% en peso de carbono, del 0,1 al 1,0% en peso, aproximadamente, de manganeso, no más del 0,1%, aproximadamente, en peso de silicio, no más del 0,15% en peso, aproximadamente,
10. de aluminio, no más de 150 partes por millón aproximadamente, de oxígeno y el resto hierro e impurezas incidentales, conteniendo dicho acero un peso combinado no superior a 150 partes por millón, aproximadamente, de sílice e inclusiones de alúmina.
15. Se ha observado, de acuerdo con la invención, que pueden formarse planchas continuamente fundidas, limpias y libres de ampollas, mediante desoxidación con carbono al vacío, seguido de desoxidación con uno o más desoxidantes metálicos, aun cuando ninguna de
20. estas prácticas de desoxidación, por sí sola, produzca tales planchas.
- De acuerdo con el procedimiento de esta invención, el acero es desoxidado con carbono al vacío, para eliminar una porción sustancial de su contenido
25. en oxígeno y el acero desgasificado es luego adicionalmente desoxidado con uno o más desoxidantes metálicos a fin de reducir adicionalmente el contenido en oxígeno disuelto, antes de fundir el acero. El acero desoxidado es luego vertido en un molde de fundición
30. continua enfriado con agua, retirándose del mismo

344446



una plancha parcialmente solidificada.

- Las planchas de acero desgasificado y continuamente fundido de esta invención se caracterizan por un bajo contenido en oxígeno, una buena superficie libre de contaminación con espuma de alúmina y unas bajas cantidades de inclusiones de alúmina y sílice. El contenido total en oxígeno de las planchas de esta invención, es inferior a 150 partes por millón aproximadamente y la cantidad de oxígeno no combinada con silicio, aluminio o manganeso no es superior a 20 partes por millón aproximadamente. La cantidad combinada de inclusiones de alúmina y sílice no es superior a 150 partes por millón.
- Seguidamente se describirá la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:
- La figura 1, es un gráfico que muestra el contenido en oxígeno natural o disuelto del acero en presencia de varios desoxidantes bajo las condiciones encontradas en esta invención; y
- La figura 2 es un diagrama esquemático del aparato usado en la práctica de esta invención.
- A fin de obtener acero libre de ampollas, es necesario reducir el contenido en carbono del mismo a menos del 0,02% aproximadamente, antes de su solidificación, o reducir el contenido en oxígeno a un bajo nivel al que no se formen ampollas. El exacto contenido de carbono del acero, al que no se formarán ampollas, variará ligeramente del 0,02%, pues, es afectado por variables tales como el contenido en manganeso del acero. Esta invención se relaciona con un pro-
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



- 10 -  
344446



5. en peso de carbono, después de la desoxidación con carbono al vacío. La cantidad de carbono es controlada de acuerdo con el uso deseado en el acero producto. Como el contenido en carbono se reduce en una proporción que puede variar entre el 0,01 y el 0,05% del peso del acero, ordinariamente del 0,02 al 0,03%, el acero retirado del horno contendrá aproximadamente del 0,04 al 0,17% en peso de carbono.

10. El contenido en oxígeno del acero al retirarse del horno 10, puede variar entre un máximo superior a 600 partes por millón, cuando el contenido en carbono es del 0,04% en peso, hasta 120 partes por millón, aproximadamente, cuando el contenido en carbono es del 0,17% en peso aproximadamente. La cantidad de oxígeno presente en el acero retirado del horno es

15. indicada aproximadamente por la curva B, que muestra la cantidad de oxígeno disuelto en equilibrio con carbono disuelto a presión atmosférica y a 1649°C.

20. También pueden hallarse presentes en el acero retirado del horno 10 pequeñas cantidades de metales, por ejemplo, hasta el 1,0% en peso de manganeso, no más del 0,1% en peso de silicio y hasta el 0,002%, aproximadamente en peso de aluminio.

25. Con referencia a la figura 2, después de que el acero fundido es pasado desde el horno 10 al crisol de colada 11, éste es transportado a lo largo de una trayectoria 12 hasta la parte superior de una torre de fundición continua 13, que incluye un recipiente de desgasificación continua en línea 14, un

30. molde de fundición continua 15 tubular, de extremos

344446

25



abiertos y enfriado con agua, una serie de rodillos de guía 16 y los rodillos prendedores 17.

- En el crisol de colada 11 pueden efectuarse adiciones de desoxidantes metálicos de elementos aleadores. Desde el punto de vista de la limpieza del acero, sería preferible omitir los desoxidantes absolutamente en el crisol de colada. Sin embargo, la adición de desoxidantes metálicos al crisol de colada es deseable porque reduce al mínimo la producción de cargas incontroladas, es decir, cargas que tienen una excesiva concentración en oxígeno en el crisol de colada 11, y porque permite el tratamiento de una mayor cantidad de acero transfiriendo parte de la carga de desoxidación del desgasificador 14 al crisol de colada 11. Como el uso de desoxidantes en el crisol de colada 11 incrementa las inclusiones y la formación de espuma, sólo se añaden cantidades limitadas de desoxidantes al crisol 11. La cantidad de oxígeno que permanece en el acero al verterse desde el crisol 11 en el desgasificador 14 es sustancialmente mayor que la indicada por la curva C en la figura 1, que indica los niveles alcanzables de oxígeno mediante desoxidación con carbono y vacío a ritmos comercialmente interesantes.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

- El silicio es el desoxidante preferido para su adición al crisol de colada 11. El silicio es un desoxidante suave y puede añadirse en cantidades que no incrementen el contenido del mismo por encima del 0,10% en peso del silicio total (libre y combinado). Es generalmente deseable añadir suficiente silicio para elevar su contenido en el acero al 0,02% en peso,
- 25.
- 30.

344446



- por lo menos, a fin de asegurar una adecuada desoxidación. Se evitan superiores contenidos en silicio debido a la elevada dureza y deficientes cualidades de estirado del acero resultante. Puede añadirse hasta 1,8 Kgs. aproximadamente, por tonelada de silicio al crisol de colada, sin rebasar el 0,10% del mismo en el producto. La aparente discrepancia entre la cantidad de silicio añadida y el contenido resultante, en el mismo, del acero se explica por el hecho de que parte de la sílice formada flota en la superficie del acero contenido en el crisol 11 y no se considera en los subsiguientes análisis. El silicio puede añadirse al acero en el crisol de colada 11, en forma de aleación, tal como ferrosilicio o silicomanganeso.
5. La adición de silicio al crisol 11 reduce el contenido en oxígeno a un nivel indicado aproximadamente por la curva D en la figura 1. La curva D muestra el contenido en oxígeno disuelto, en equilibrio, del acero, a varias concentraciones de silicio disuelto (elemental), del orden del 0,01 al 0,16% en peso, aproximadamente, a 1600°C, en acero que contiene un 0,4% en peso de manganeso. Este contenido en manganeso y la citada temperatura representan unas condiciones típicas en el crisol de colada. La cantidad de oxígeno disuelto disminuye al incrementarse la cantidad de silicio añadida. En estado de equilibrio, el contenido en oxígeno del acero es inferior al que presentaba en el momento de su retirada del horno de producción, pero es sustancialmente superior al contenido en oxígeno después de la desgasificación, quedando en solución
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



344446

25 AGO. 1931

5. una cantidad sustancial de silicio elemental. Como el silicio pasa a constituir un agente desoxidante progresivamente más potente al descender la temperatura del acero, este silicio disuelto es utilizable para la ulterior desoxidación del acero después de haber sido desgasificado y mientras es enfriado. Más adelante se insistirá sobre este punto.

10. El aluminio es un poderoso desoxidante que puede añadirse en pequeñas cantidades, de hasta 0,34 Kgs, aproximadamente, por tonelada de acero, en el crisol de colada 11. Se evitan mayores cantidades por que se forma una excesiva cantidad de alúmina. Las adiciones de aluminio al crisol en cualesquiera cantidades son indeseables desde el punto de vista de la limpieza del acero. Aunque la alúmina formada tiende a flotar encima del crisol, parte de la alúmina pasa a través del proceso con el acero y finalmente al molde, donde estropea la superficie de la fundición. Además, el aluminio en el crisol es ineficiente y de efectos impredecibles como desoxidante. Gran parte del mismo es consumido, por oxidación por aire, por ejemplo, sin reducir el contenido en oxígeno disuelto del acero.

15. La práctica más deseada desde el punto de vista de la limpieza del acero consiste en no añadir ningún desoxidante al crisol 11. Esta práctica reduce al mínimo la cantidad de inclusiones de alúmina y sílice. Sin embargo, es deseable algún desoxidante en el crisol a fin de evitar cargas incontroladas, es decir, cargas que contengan demasiado oxígeno disuelto

20.

25.

30.

344446



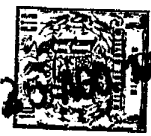
en el acero.

5. Generalmente se añade manganeso al crisol 11 en proporciones que den un contenido en el mismo del 0,1 al 1,0% en peso, en la plancha producto. El manganeso se añade en forma de aleación, tal como de ferromanganeso o silicomanganeso. Una porción del manganeso añadido se oxida a óxido manganeso, MnO.

10. El acero es vertido continuamente desde el crisol 11 en el recipiente de desgasificación 14. Esto se realiza después de la adición de desoxidantes y elementos aleadores al crisol 11, cuando se efectúan tales adiciones. El acero, tal como es vertido desde el crisol 11 en el recipiente de desgasificación 14, contiene aproximadamente del 0,04 al 0,17% en peso de carbono, del 0,1 al 1,0% en peso de manganeso, menos del 0,005% en peso de aluminio, no más del 0,10% en peso de silicio y de 120 a 600 partes por millón de oxígeno, aproximadamente. Tanto si se usan como si no se emplean los desoxidantes en el crisol, el contenido en oxígeno disuelto del acero, al verterse en el desgasificador 14, ha de ser sustancialmente superior a la cantidad de oxígeno indicada por la curva C en la figura 1, de manera que el desgasificador se utilizará eficazmente y la cantidad de inclusiones formadas por el uso de desoxidantes metálicos se mantendrá en el mínimo.
- 15.
- 20.
- 25.

30. El descenso de temperatura del acero en el crisol de colada 11 deberá ser tan reducido como sea posible. Este descenso de temperatura es de 37,8°C, aproximadamente, por término medio, aunque esta can-

344446



5. tidad puede variar ampliamente. En una operación típica, el acero se retira del horno 10 a 1649°C, aproximadamente, o a una temperatura ligeramente superior, y se vierte en el desgasificador 14 a 1593°C aproximadamente.

10. El desgasificador 14, funciona a una presión máxima de 50 mm de mercurio absolutos aproximadamente, y preferiblemente a unos 3 mm de mercurio absolutos. El alto vacío reinante en el desgasificador 14 separa cantidades sustanciales de oxígeno del acero, junto con alguna cantidad de carbono, produciendo un acero fundido desgasificado, cuyo contenido en oxígeno es aproximadamente igual al indicado por la curva C en la figura 1. Esta curva puede representarse por la ecuación:

15.

$$\text{ppm de oxígeno} = \frac{8.7}{(\%C)0.75}$$

20. Esta ecuación es típica de un contenido en oxígeno de hecho obtenible en un desgasificador en línea que funcione a un ritmo razonable. La concentración de equilibrio de oxígeno bajo gran vacío, a la temperatura de desgasificación del acero, se encuentra por debajo de la curva C, pero esta concentración de equilibrio no es de importancia práctica, porque el equilibrio puede alcanzarse solamente a unos ritmos de desgasificación muy lentos, que no serían prácticos en una operación comercial.

25.

30. Un desgasificador preferido para su uso en el presente procedimiento es un desgasificador continuo

344446 25 AGO



- en línea provisto de una abertura de entrada superior 21 para metal sin desgasificar, una abertura de descarga inferior 22 controlada por una válvula de compuerta deslizante 23 accionada por un cilindro hidráulico 24, una abertura 25 en la pared lateral del desgasificador 14 para permitir la introducción de desoxidantes metálicos en la masa 26 de acero desgasificado que se recoge en el desgasificador 14, y medios 27 de alimentación de desoxidante. Una versión preferida de medio 27 de alimentación de desoxidante incluye un carrito 28 para alimentar aluminio en forma de alambre, un tubo 29 extendido hacia el exterior desde la abertura 25 y en acoplamiento hermético a los flujos con ella, y un cierre hermético 30 en el extremo exterior del tubo 29, que permite la alimentación de alambre de aluminio al desgasificador 14, mientras se mantiene un cierre hermético al vacío. El desgasificador presenta los conductos 31 y 32, que comunican con los lados opuestos de un deflector 33 y que están conectados a una fuente de alto vacío. El desgasificador continuo en línea 14 mostrado en la figura 2 es preferible debido a la baja pérdida de temperatura en el acero que tiene lugar en este tipo de desgasificador. Generalmente, el descenso de temperatura en el desgasificador 14 es solamente de unos 5,6°C. En lugar de este desgasificador, pueden emplearse otros tipos, tales como el desgasificador de cargas del tipo de crisol, conocido. Tales desgasificadores pueden conseguir frecuentemente comparables resultados en cuanto a desgasificación, pero generalmente acusan una pérdida de
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

344446



temperatura mucho mayor en el acero, por ejemplo, de 37,82C o más.

- La desgasificación en el recipiente 14 tiene por resultado una reducción del contenido en carbono en el acero del 0,01 al 0,05% en peso, ordinariamente del 0,02 al 0,03% en peso, basado en el peso total del acero, y una correspondiente reducción de oxígeno de 130 partes por millón aproximadamente, por cada 0,01% en peso de reducción en el contenido en carbono. La reducción en el contenido en oxígeno se debe a la reacción entre oxígeno y carbono para formar monóxido de carbono. Así, cuando el contenido en carbono se reduce en un 0,02%, el contenido en oxígeno desciende aproximadamente en 260 partes por millón. El acero, después de su desgasificación, contiene del 0,02 al 0,15% en peso aproximadamente de carbono. El contenido en oxígeno disuelto del acero desgasificado se indica por la curva C en la figura 1.
- 5.
- 10.
- 15.

- La cantidad de oxígeno que permanece disuelta en el acero después de haber sido desgasificado es todavía tan elevada que puede formar ampollas en la plancha fundida, de manera que el metal ha de ser adicionalmente desoxidado antes de solidificarse. Una característica esencial de esta invención es la desoxidación del acero fundido desgasificado, con uno o más desoxidantes metálicos, a fin de reducir el contenido en oxígeno disuelto.
- 20.
- 25.

- Los preferidos desoxidantes para el acero desgasificado son el aluminio y el silicio, aunque también son utilizables otros desoxidantes metálicos
- 30.

- 18 -  
344446



25 AGO. 1966

tales como el boro.

- El aluminio es el desoxidante preferido para el metal desgasificado. Como el aluminio es el desoxidante más potente compatible con el acero, el uso de aluminio como tal desoxidante produce acero del más bajo contenido posible en oxígeno disuelto. Además, el uso de aluminio en lugar de silicio tiene por resultado un acero dotado de una dureza muy deseable y unas mínimas inclusiones de sílice. Puede añadirse al acero desgasificado bajo vacío en el desgasificador 14, como anteriormente se indica, o puede añadirse encima del molde 15. En cualquier caso, el alambre es una forma preferida de aluminio para su adición al metal desgasificado. Como la totalidad del aluminio añadido al crisol de colada 11 es oxidado en éste, ha de suministrarse aluminio adicional al metal desgasificado cuando se desea la desoxidación de dicho metal con aluminio. Este se utiliza mucho más eficientemente en el desgasificador 14 o en el molde 15 que en el crisol 11. Aunque gran parte del aluminio del crisol se pierde como desecho, la mayor parte del aluminio añadido al desgasificador 14 o al molde 15 se usa para desoxidar al acero y sólo una pequeña cantidad es oxidada por oxígeno extraño, tal como el absorbido de la atmósfera al pasarse desde el desgasificador 14 al molde 15.
- 5.
  - 10.
  - 15.
  - 20.
  - 25.
  - 30.

El aluminio añadido al desgasificador 14 reducirá el contenido en oxígeno del acero a un nivel muy bajo, indicado aproximadamente por la curva E en la figura 1, que muestra la concentración de oxígeno



344446

25 MAR 1957

- en equilibrio en función de la cantidad de aluminio disuelto (es decir, soluble en ácidos) en el acero. Esto reposa efectivamente al acero, siempre que se use suficiente aluminio, evitando la formación de ampollas en la plancha fundida.
5. También puede emplearse silicio para desoxidar el metal desgasificado. El silicio destinado a este fin puede ser silicio disuelto residual, que se añadió al acero en el crisol de colada, o bien puede ser silicio añadido al metal desgasificado, ya sea en el desgasificador 14 o encima del molde 15. En cualquier caso, se usan aleaciones convencionales de silicio, tales como ferrosilicio y silicomanganeso. El silicio añadido al metal desgasificado es bastante más eficientemente utilizado que el silicio añadido en el crisol de colada 11.
10. El silicio pasa a constituir un agente desoxidante más potente al disminuir la temperatura, como anteriormente se ha indicado. Al enfriarse el acero y solidificarse gradualmente en el molde 15 y por debajo de él, tiene lugar una ulterior reacción entre el silicio y el oxígeno, reduciendo el contenido en oxígeno por debajo del alcanzado en el desgasificador 14 (mostrado por la curva C), a un nivel aceptable al que no se formarán ampollas.
15. La cantidad total de silicio añadido al crisol 11 y al desgasificador 14 no ha de proporcionar un contenido en el mismo superior al 0,10% en peso en la plancha fundida. El contenido máximo tolerable de silicio disminuye al incrementarse el contenido en
- 20.
- 25.
- 30.

344446



carbono, de acuerdo con la ecuación:

$$\% \text{ Si} + 0.5\% \text{ C} = .11$$

- Así, un acero que contenga un 0,02% de carbono, puede contener el máximo 0,1% de silicio. Un acero que contenga un 0,06% de carbono, no deberá contener más del 0,08% en peso de silicio y un acero que contenga el 0,15% en peso de carbono no deberá contener más del 0,03% en peso de silicio.
- 5.

- El contenido en oxígeno disuelto alcanzado con el silicio es superior al conseguido con aluminio, pero no obstante es suficientemente bajo para evitar la formación de ampollas, siempre que se observen las velocidades de fundición más adelante descritas. Aunque el contenido final en oxígeno se encuentra frecuentemente en la zona reposada situada por debajo de la curva A (figura 1) cuando se usa aluminio, el contenido final en oxígeno es más susceptible de encontrarse ligeramente por encima de la curva A cuando se usa solamente silicio, de manera que han de mantenerse unas velocidades mínimas de fundición a fin de evitar la formación de ampollas.
- 10.
- 15.
- 20.

- El acero desgasificado es pasado continuamente desde el recipiente de desgasificación 14 al molde 15. El ritmo de flujo desde el desgasificador 14 es igual al ritmo de entrada en una operación estable. El molde 15 es un molde de fundición convencional de extremos abiertos y refrigerado con agua. En el molde 15 se forma una costra solidificada de metal que resulta progresivamente más espesa al descender la plancha fundida por debajo del molde,
- 25.
- 30.

344446



hasta que la citada plancha queda completamente solidificada.

25 AGO. 1951

5. Cuando el silicio es el único desoxidante metálico para el metal desgasificado, el enfriamiento y solidificación gradual de la plancha causa una ulterior reacción entre el silicio anteriormente añadido y el oxígeno disuelto en el acero, reduciéndose el contenido en oxígeno a un nivel al que no se forman ampollas, siempre que la velocidad de fundición no se deje descender por debajo de un valor mínimo crítico, que depende del contenido en oxígeno disuelto del acero.
10. La limitación sobre las cantidades de aluminio y silicio que pueden emplearse como desoxidantes sin rebasar el máximo del 0,1% en peso de silicio y el 0,15% en peso de aluminio puede tener por resultado unas cargas dotadas de contenido en oxígeno disuelto suficientemente elevado para que no pueda garantizarse la falta de ampollas. Sin embargo, se ha observado que tales cargas estarán libres de ampollas siempre que se mantenga una cierta velocidad mínima de fundición, que depende del contenido en oxígeno disuelto del acero. Por esta razón, son preferibles unas altas velocidades de fundición a unas bajas velocidades.
15. Por ejemplo, en una carga que contenga aproximadamente 20 partes por millón de oxígeno químicamente no combinado con aluminio, silicio o manganeso, se asegura la falta de ampollas si la velocidad de fundición es, por lo menos, de 1,25 metros por minuto. Cuando la cantidad de oxígeno químicamente no combinado es inferior
- 20.
- 25.
- 30.

3444 426 AGO 1941



20 partes por millón, la velocidad mínima de fundición que ha de mantenerse es proporcionalmente menor.

- La plancha fundida, una vez solidificada, contiene aproximadamente del 0,02 al 0,15% en peso de carbono, no más del 0,10% en peso de silicio, del 0,1 al 1,0% en peso de manganeso y no más del 0,015% en peso de aluminio. El contenido total en oxígeno es inferior a 150 partes por millón aproximadamente y preferiblemente inferior a 100 partes por millón. La cantidad de oxígeno químicamente no combinado con aluminio, silicio y manganeso se halla presente en una proporción no superior a 20 partes por millón y preferiblemente inferior a 10 partes por millón, aproximadamente. La cantidad combinada de inclusiones de alúmina y sílice no es superior a 150 partes por millón. La cantidad de inclusiones de sílice será inferior a 100 partes por millón cuando se utilice la práctica preferida de desoxidación, usando aluminio en el desgasificador.
- El acero de esta invención es idealmente adecuado para la formación de láminas y hojalata, que puede efectuarse por métodos conocidos. Las propiedades mecánicas, por ejemplo, resistencia tensil, dureza y alargamiento, son excelentes para la formación de láminas y hojalata. El acero de esta invención posee excelentes cualidades de estirado.

Seguidamente se describirá la invención de modo adicional con referencia a los siguientes ejemplos.

EJEMPLO I -

- Se retiró acero fundido de un horno 10 de

344446



- tratamiento con oxígeno básico, a un crisol de colada
11. El contenido en carbono en el momento de retirarse el acero del horno era del 0,038% en peso, el contenido en manganeso residual era del 0,27% y la temperatura del acero en el momento de su retirada del horno era de 1677°C. Se efectuaron adiciones de 5,5 Kgs por tonelada de aleación de ferromanganeso de contenido medio en carbono y 0,63 Kgs por tonelada de aluminio, en el crisol de colada. Esto corresponde al 0,50% en peso de manganeso, el 0,01% en peso de carbono, el 0,07% en peso de aluminio y 0,01% en peso de silicio. El contenido en carbono del acero después de las adiciones realizadas en el crisol era del 0,043% en peso y el contenido en oxígeno era de 217 partes por millón.
5. La carga fue desgasificada en el recipiente desgasificador 14. Este recipiente se mantuvo a una presión absoluta de 3 mm de mercurio aproximadamente. Se introdujo continuamente alambre de aluminio en la masa del metal desgasificado en el desgasificador 14, a un ritmo inicial de 0,12 Kgs por tonelada, que se redujo a 0,05 Kgs por tonelada a lo largo de la desgasificación.
10. El acero desgasificado fue vertido continuamente desde el desgasificador 14 en un molde de fundición continua 15. Este molde era tubular, de extremos abiertos y refrigerado con agua. El metal fundido empezó a solidificarse hacia el interior desde las paredes del molde. La plancha fundida y parcialmente solidificada fue retirada del molde 15 a una velocidad de 2 metros por minuto aproximadamente. Al descender
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

- 24 -  
344446



la plancha por debajo del molde, fue enfriada adicionalmente con agua y solidificada gradualmente. Las planchas fueron cortadas en segmentos, que se examinaron para determinar su calidad superficial y estructura interna. Las superficies eran de buena calidad, requiriendo poco o ningún rebajado. La estructura interna estaba libre de ampollas.

5.

El análisis de la plancha fundida mostró un 0,030% en peso de carbono, un 0,50% en peso de manganeso, un 0,022% en peso de silicio, un 0,005% en peso de aluminio y 118 partes por millón de oxígeno. Estos análisis elementales incluyen formas libres y combinadas de los elementos. El contenido en oxígeno se determinó mediante análisis por fusión en vacío.

10.

15.

El análisis de la inclusión mediante la técnica de extracción con halógeno éster mostró 67 partes por millón de sílice, 57 partes por millón de alúmina y 152 partes por millón de manganeso-óxido. El oxígeno combinado total incluido en estos tres óxidos es de 98 partes por millón.

20.

La plancha producto tenía un límite elástico de 1659 Kg/cm<sup>2</sup>, una resistencia tensil de 3234 Kg/cm<sup>2</sup>, un alargamiento (50 mm) del 39,6% y una dureza Rockwell B de 35,8%.

25.

EJEMPLO II -

Se retiró acero fundido de un horno de oxígeno básico 10 al crisol de colada 11. El contenido en carbono de la carga en el momento de su retirada era del 0,043%, el manganeso residual era del 0,27% y la temperatura durante la retirada del acero del

30.



horno era de 1660°C. **344446**

5. Las adiciones al crisol de colada fueron de 4,1 Kgs por tonelada de ferromanganeso de elevado contenido en carbono, 1,2 Kgs por tonelada de ferrosilicio al 50% y 0,64 Kgs por tonelada de aluminio. Esto corresponde al 0,36% en peso de manganeso, 0,03% en peso de carbono, 0,07% en peso de aluminio y 0,07% en peso de silicio. Las adiciones efectuadas al crisol incrementaron el contenido en carbono del acero al 0,071%. El contenido en oxígeno del acero después de las adiciones efectuadas al crisol y antes de la desgasificación, era de 217 partes por millón.

10. La carga fue desgasificada en el desgasificador en línea 14 a 3 mm de mercurio, durante cuya operación el contenido en carbono del acero disminuyó al 0,057%. No se introdujo ningún aluminio en el sistema al vacío durante la operación de desgasificación. El acero fue fundido como se describe en el Ejemplo I, a 2,25 metros por minuto.

15. El análisis del producto, en porcentajes en peso, fue el siguiente: C, 0,055; Mn, 0,41; P, 0,010; S, 0,011; Si, 0,05; O, 0,0065. Las inclusiones en el acero, determinadas mediante la técnica de extracción con halógeno éster y en partes por millón, fueron las siguientes: SiO<sub>2</sub>, 63; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 79 y MnO, 61. La cantidad de oxígeno en la sílice, alúmina y óxido de manganeso fue de 98 partes por millón.

EJEMPLO III -

20. Se siguió el procedimiento del Ejemplo II, con la excepción de que las adiciones al crisol fueron

344446



- como sigue: 3,7 Kgs por tonelada de ferromanganeso de elevado contenido en carbono, 2,5 Kgs por tonelada de ferrosilicio al 50% y 0,35 Kgs por tonelada de aluminio. Esto corresponde al 0,32% en peso de manganeso, 0,03% en peso de carbono, 0,07% en peso de aluminio y 0,13% en peso de silicio. El contenido en carbono en el momento de la retirada del horno era del 0,035% y después de las adiciones efectuadas en el crisol, del 0,065%.
- 5.
10. El análisis del producto, en porcentajes en peso, era el siguiente: C, 0,035%; Mn, 0,44; P, 0,010; S, 0,010; Si, 0,080; Al (total), 0,002; O, 0,0087. Las inclusiones en el acero, determinadas mediante la técnica de extracción con halógeno éster, eran: SiO<sub>2</sub>, 120; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 27; y MnO, 92. La cantidad de oxígeno químicamente combinado en estos óxidos era de 99 partes por millón.
- 15.
20. Aunque se ha descrito esta invención respecto a versiones específicas de la misma, se entiende que éstas son de carácter ilustrativo y no limitativo.
- N O T A -
25. 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 solicitud de patente presentada en Norteamérica, con fecha 25 de agosto de 1966, bajo
30. el N° 574.997, acogiéndose por lo tanto, a los bene-



ficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención, por 20 años en España: "PROCEDIMIENTO PARA LA FUNDICION CONTINUA DE PLANCHAS DE ACERO";

5. caracterizándose por lo siguiente:

10. 1ª.- Procedimiento para la fundición continua de planchas de acero, libres de ampollas y de bajo contenido en inclusiones, caracterizado porque, en una primera etapa y en una zona de desgasificación a vacío, se introduce acero fundido con un contenido en carbono de, por lo menos, 0,04% en peso, aproximadamente, y con un contenido en oxígeno disuelto sustancialmente superior a 290 partes por millón;

15. en una segunda etapa, se hacen reaccionar el carbono y el oxígeno, contenidos en dicho acero, bajo vacío, en la citada zona de desgasificación, hasta que el contenido en oxígeno sea sustancialmente inferior a 290 partes por millón; en una tercera etapa, el acero desgasificado se desoxida con un desoxidante metálico,

20. de forma que se reduzca su contenido en oxígeno disuelto; en una cuarta etapa, el acero desgasificado y desoxidado se pasa continuamente a un molde de fundición continua; en una quinta etapa, se enfría el acero parcialmente solidificado en el citado molde y,

25. en una sexta y última etapa, se retira continuamente la plancha, parcialmente solidificada, del citado molde.

30. 2ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se añade un desoxidante metálico al citado acero antes de su introducción en

344446



dicha zona de desgasificación a vacío.

3ª.- Procedimiento, según la reivindicación 2ª, caracterizado porque como desoxidante metálico se emplea silicio.

5. 4ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se añade un desoxidante metálico al acero desgasificado.

10. 5ª.- Procedimiento, según la reivindicación 4ª, caracterizado porque como desoxidante metálico se emplea aluminio.

6ª.- Procedimiento, según la reivindicación 4ª, caracterizado porque dicho desoxidante metálico se añade al citado acero mientras éste se encuentra bajo vacío.

15. 7ª.- Procedimiento, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque la citada plancha, parcialmente solidificada, constituida de un 0,02 a un 0,15% en peso de carbono, de un 0,1 a un 1,0% en peso de manganeso, no más del 0,1%, preferentemente de un 0,02 a un 0,1% en peso de silicio, no más del 0,015%, preferentemente de un 0,002 a un 0,015% en peso de aluminio, no más de 150 partes por millón de oxígeno, aproximadamente, siendo el resto hierro e impurezas incidentales, y conteniendo dicho

20. acero un peso combinado inferior a 150 partes por millón de inclusiones de alúmina y sílice, se retira del citado molde a una velocidad superior a 1,25 metros por minuto, aproximadamente.

25.

30. 8ª.- Procedimiento para la fundición continua de planchas de acero; tal y como queda subs-

344446<sup>29</sup><sup>25</sup>



tancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos que se acompañan.

Esta Memoria consta de veintinueve hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

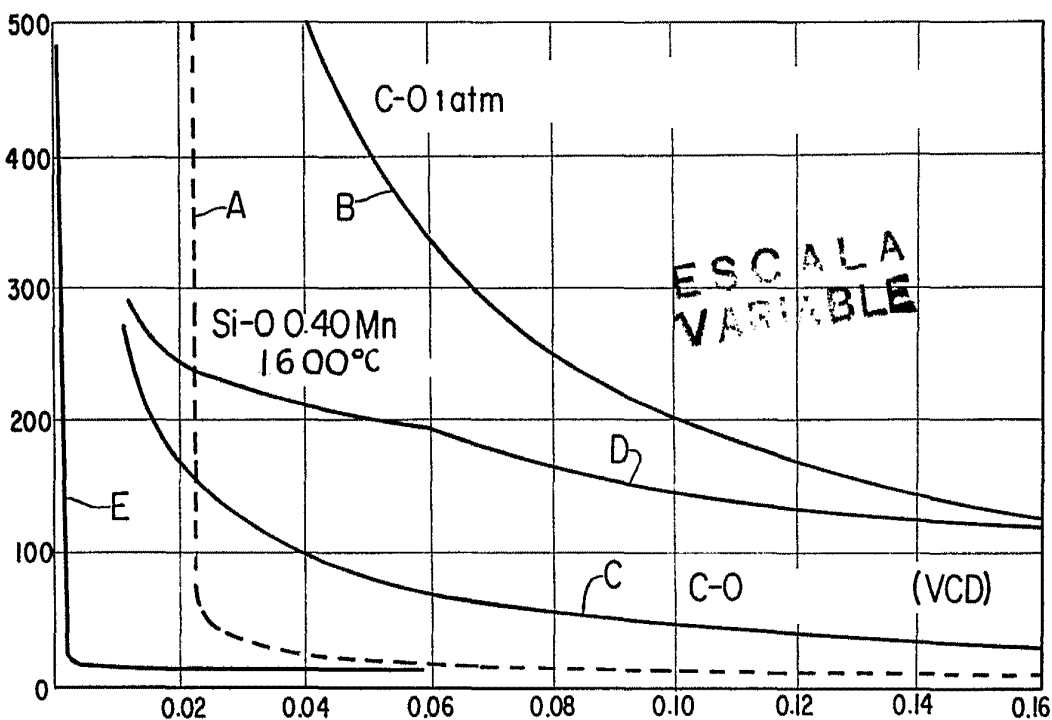
25 AGO. 1951  
UNITED STATES STEEL CORPORATION,

J. GOMEZ ACEBO Y MODEL  
Firmador / A. GARCIA BRAVO

344446



FIG. 1



~~CONFIDENTIAL~~

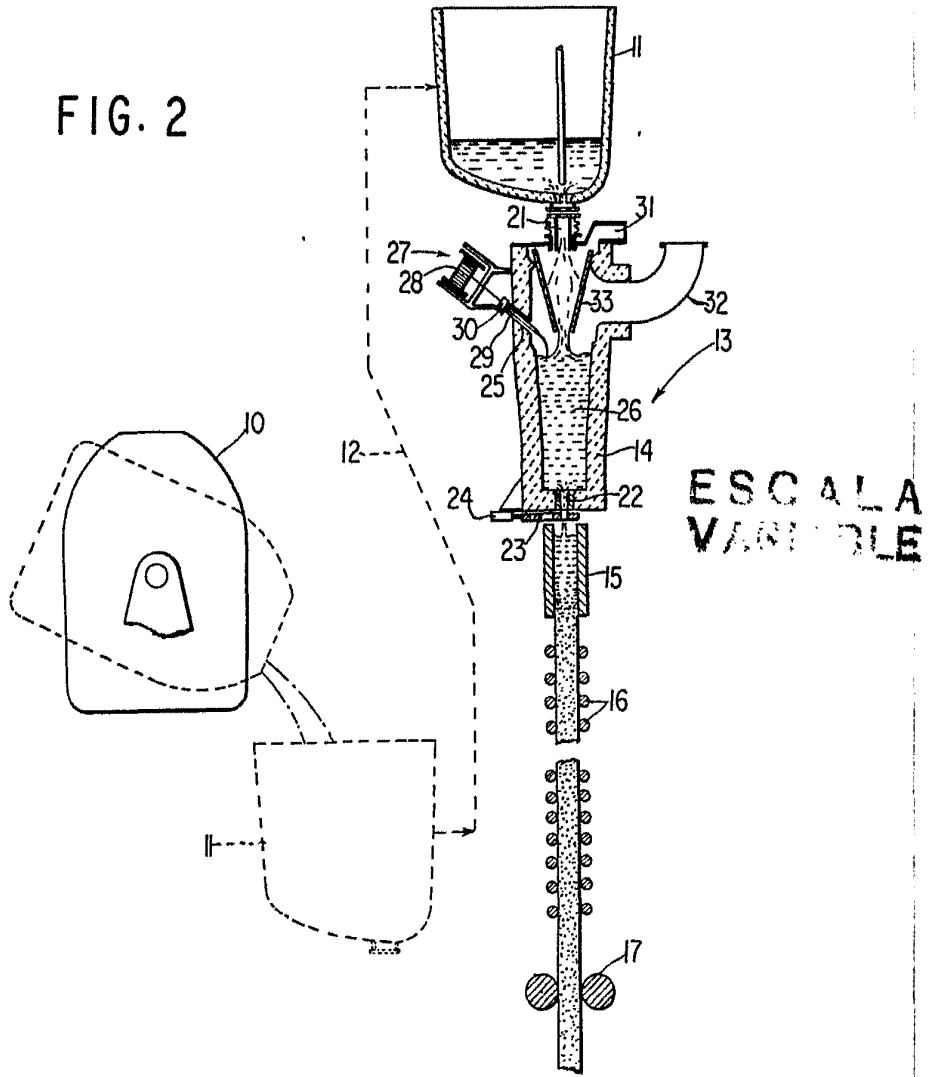
J. GÓMEZ ARIAS Y MODET  
P. R. Firmado en SANTIAGO DE CHILE



25 AGO 1907

344446

FIG. 2



ESCALA  
VARIABLE

Madrid

25 AGO 1907

E. GOMEZ INT. S. MOYER  
per. Escudo de España