



1969

**372999**

NUMERO 372.999

SECCION TECNICA	
CLASIFICACION	
CLASE <u>C-21</u>	
SUBCLASE <u>D</u>	

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: ALLEGHENY LUDLUM STEEL CORPORATION

Residencia: 2000 Oliver Bldg., PITTSBURGH,  
Pennsylvania, USA.

Enunciado: "UN METODO PARA DESCARBURAR ACERO  
FUNDIDO".

Prioridad: de la solicitud de patente estadouni-  
dense n.º. 771.752 del 30 de octubre 1968.



1969

372999

Este invento se refiere a la descarburación del acero. Más particularmente se relaciona con una mejora introducida en el método de descarburación de acero fundido en el cual se introduce en éste material de oxidación haciéndole reaccionar con el carbono contenido en el mismo. Aún más particularmente, la mejora de acuerdo con el invento comprende un método dinámico para controlar la descarburación del acero fundido midiendo las proporciones del carbono extraído del acero fundido y del consumo de oxidante y manteniendo en forma continua un equilibrio entre ambas proporciones ajustando el grado de reacción carbono-oxígeno y/o grado de consumo de oxidante en respuesta a proporciones medidas. El término "equilibrio" aquí utilizado significa ajustar la relación entre las proporciones de carbono extraído del acero y consumo de oxidante para lograr cualquier resultado deseado. Por ejemplo, se logra evitar la oxidación de costosos materiales de aleación manteniendo un equilibrio de tal forma que la proporción de consumo de oxidante no sea nunca mayor que la proporción de carbono extraído.

La descarburación es una parte esencial en las prácticas actuales de fabricación de acero y se realiza cada vez mas comúnmente insuflando oxígeno puro en la mezcla contenida en una vasija u horno, por ejemplo horno eléctrico, horno de solera abierta, horno de oxígeno básico (BOF), etc. La denominada "fabricación de acero al oxígeno" se practica actualmente en la manufactura de acero de carbono ordinario y acero de aleación. El efecto útil del oxígeno para procesos de descarburación del tipo descrito puede definirse como sigue:

$$\% \text{ efecto útil oxígeno} = (\text{oxígeno a la reacción de descarburación} \div \text{oxígeno neto al sistema}) \times 100.$$

Esta cifra de efecto útil puede utilizarse para comprobar el grado



372999

de efectividad del oxígeno utilizado para extraer el carbono. Si bien el fin primordial del oxígeno es la extracción del carbono, oxidará asimismo el silicio, los fósforos y, si no se controla debidamente, otros valores metálicos. Es evidente que para sacar el mejor partido del oxígeno, es necesario el control de los factores que afectan el efecto útil respectivo.

El presente invento, que es útil en la descarburación por vacío y presión atmosférica y para acero de aleación así como acero de carbono ordinario, implica equilibrar dinámicamente la proporción de consumo de oxígeno y la proporción de carbono extraído y ajustar la proporción de carbono extraído y/c la proporción de consumo de oxígeno para lograr cualquier efecto útil máximo del oxígeno particular y cualquier otro resultado deseado. Así por ejemplo practicando el invento es posible ajustar el consumo de oxígeno para poder conseguir la oxidación normal preferente del carbono sin pérdida de valores metálicos más valiosos tales como cromo y otros elementos de aleación. Esto se logra asegurándose de que el oxígeno total disponible durante la descarburación no exceda del necesario para la extracción del carbono.

La proporción de carbono extraído puede determinarse por cualquiera de varios modos. Así por ejemplo pueden extraerse y analizarse muestras en forma continua de la composición del baño en lo que se refiere a carbono para determinar la cantidad correspondiente extraída por unidad de tiempo. Otro método actualmente preferido es controlar la salida de gases de la vasija de reacción y medir el flujo total y las cantidades de monóxido de carbono y dióxido de carbono en la corriente de gas de salida mediante las técnicas que se describen a continuación. Los análisis de la composición del gas de salida y medida de flujo pueden usarse para determinar la proporción de carbono extraído casi instantáneamente.



372999

5

Esta proporción de carbono extraído, que puede expresarse convenientemente en libras por minuto, es igual al volumen de monóxido de carbono y dióxido de carbono que sale del horno en cualquier momento determinado multiplicado por un factor de conversión. Expuesto en forma de ecuación, esta relación se expresa como sigue:

10

Lbs. de carbono extraído/min. = (volumen % CO + volumen % CO<sub>2</sub> en el gas de salida) X velocidad flujo gas de salida (pies cúbicos standard/min.) x 12 → (12 = peso atómico carbono, 359 = factor de conversión basado en el hecho de que 359 pies de un gas contiene un mol. de gas).

15

De modo similar, puede obtenerse el volumen de oxígeno equivalente que ha reaccionado con este carbono en cualquier momento durante el proceso mediante la ecuación siguiente que facilita la proporción en la cual el oxígeno es consumido por el carbono. Para fines prácticos esta proporción de consumo se expresa en pies cúbicos por minuto, que corresponde a la velocidad de flujo de los gases de salida.

20

Proporción en la cual el oxígeno es consumido por el carbono (Pies cúbicos standard/min.) =  $1/2 / ((\text{vol. \% CO en gas de salida}) + \text{vol. \% CO}_2 \text{ en gas de salida}) / \text{X velocidad flujo de gas de salida (pies cúbicos standard/min.)}$ .

25

Si el oxígeno suministrado a la vasija para descarburación es consumido por el carbono en la mezcla o si son oxidados elementos metálicos puede determinarse observando si el grado de oxígeno consumido por el carbono es mayor, igual o menor que el grado de carga nominal del oxígeno. El ajuste de la carga nominal de oxígeno puede efectuarse en respuesta a las proporciones medidas de carbono extraído y consumo de oxígeno. Ajustando continuamente las variantes responsables de la reacción carbono-oxígeno y/o

30

372999



1969

la velocidad de flujo del oxígeno a la vasija de reacción puede equilibrarse la reacción de descarburación de forma continua, es decir, dinámica.

5 Pueden variarse los grados de carga nominal de oxígeno y/o de carbono extraído en razón de las proporciones medidas de extracción de carbono y consumo de oxígeno haciendo variar el efecto útil del oxígeno lo que equivale a alterar la proporción de la reacción carbono-oxígeno. Esto puede variarse de diversos modos, tales como:

10 1. Cambiando el grado de carga nominal del oxígeno, incluyendo por ejemplo un gas diluyente o aumentando la proporción de gas diluyente mezclado con el oxígeno introducido en la vasija de reacción;

2. cambiando la presión en la vasija;

15 3. cambiando la temperatura de reacción; y

4. cambiando el área superficial de reacción, o sea agitando o aumentando la mezcla de oxígeno y acero.

20 El cambio en la carga nominal del oxígeno puede efectuarse reduciendo simplemente el grado de flujo del oxígeno cuando se usa oxígeno puro. De este modo, se reduce la mezcla provocada por la entrada del gas reduciéndose asimismo el grado de consumo de oxígeno. No obstante, si se mantiene el grado de flujo total del gas y se sustituye el oxígeno por un gas no reactivo, por ejemplo un diluyente, no se reduce el grado de reacción del oxígeno con el carbono. Por lo tanto, puede variarse la carga nominal del oxígeno incluyendo en el mismo un gas diluyente, pero manteniendo el mismo grado de flujo total del gas, sin reducir el grado de reacción del oxígeno con el carbono. Los gases diluyentes que pueden utilizarse además de los gases inertes son, por ejemplo, hidrógeno y monóxido de carbono así como vapor o dióxido de carbono.

25

30

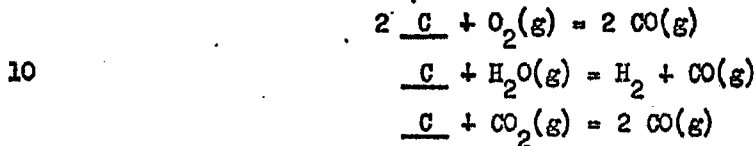


DEC. 1969

372009

El dióxido de carbono y el monóxido de carbono no desplazan en modo alguno el equilibrio de la reacción carbono-oxígeno.

La cantidad de material oxidante necesaria para extraer el carbono en una corriente de gas de entrada puede calcularse utilizando la composición gaseosa, el grado de flujo de masa y la estequiometría de las reacciones dentro de la mezcla fundida del acero. La reacción de estos gases de oxidación con el carbono en la mezcla fundida puede determinarse como sigue:



15

Es evidente por cuanto antecede que el mismo volumen de dióxido de carbono y vapor puede combinarse con solamente la mitad de carbono que oxígeno puro. Así pues el material de oxidación total, es decir, la carga gaseosa, en términos de equivalente de oxígeno, puede calcularse mediante la ecuación siguiente:

20

Coefficiente flujo volumétrico de oxidante (expresado en volúmenes de  $\text{O}_2$  por unidad de tiempo) = Coeficiente flujo volumétrico de oxígeno en gas de entrada +  $1/2$  (suma de los coeficientes de flujo volumétrico de dióxido de carbono y vapor en gas de entrada).

25

Debe corregirse la proporción de carbono extraído con respecto a la entrada de carbono al sistema. Esta corrección puede obtenerse midiendo el grado volumétrico al cual se alimenta el carbono al sistema como monóxido de carbono o dióxido de carbono. La entrada de carbono en términos de equivalente de oxígeno puede expresarse como sigue:

30

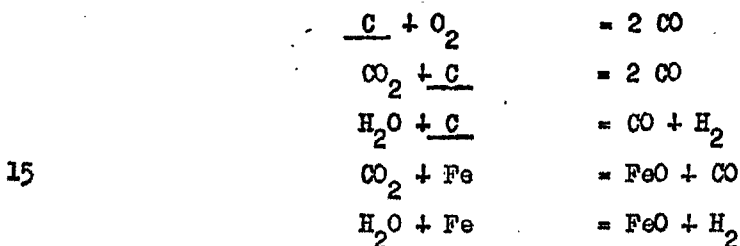
Entrada de carbono (grado volumétrico en unidades de oxígeno equivalentes) =  $1/2$  (suma coeficiente flujo volumétrico monóxido y dióxido de carbono en gas entrada)



IC. 1969

372999

Para completar el equilibrio dinámico debe estimarse específicamente la cantidad de material oxidante combinada con el carbono en la mezcla fundida. Una técnica de las muchas que pueden utilizarse consiste en determinar la composición de los gases de escape y el coeficiente de flujo respectivo. Puede asumirse que los gases de escape contienen la totalidad de los gases inertes o diluentes y los productos gaseosos de reacción con la mezcla fundida. Además los gases de escape incluirán también las partes no reaccionadas del gas de entrada y los otros gases que penetran en el sistema. Los productos de reacción pueden estimarse como sigue:



(Nota: En lugar de hierro, puede combinarse cualquier otro elemento metálico con el vapor o dióxido de carbono para formar H<sub>2</sub> o CO.)

La cantidad de oxígeno necesaria para la descarbonación puede calcularse a partir de la composición y coeficiente de flujo del gas de escape. El coeficiente de flujo del gas de escape puede estimarse bien por medio de una plancha de orificios calibrados o utilizando una técnica de elemento trazador correspondiente. En el último caso, un gas trazador a un grado de flujo conocido puede mezclarse completamente con el gas de escape y puede calcularse el coeficiente de flujo respectivo. Siempre que se use un gas inerte tal como argón en mezclas gaseosas con oxígeno, el gas inerte, esto es, el argón, puede utilizarse como gas trazador y obtenerse el coeficiente de flujo volumétrico como sigue:

$$\text{Coeficiente flujo volumétrico gas de escape} = \frac{100 \times \text{coef. flujo vol. argón entrada}}{\text{Volumen \% argón en corriente salida}}$$

372999



C. 1969

La presencia de escapes de aire afectará la determinación del coeficiente de flujo volumétrico cuando se utiliza argón toda vez que el aire contiene del orden de 0,94% de argón en volumen. Puede efectuarse una corrección cuando se interrumpa la concentración de argón añadido por el aire.

Estimación corregida coeficiente flujo volumétrico gas de escape =  $\frac{100 \times \text{coef. flujo volumétrico oxígeno entrada}}{\text{Volumen \% argón en gas escape} - \left[ \frac{0,94 \times (\text{volumen \% N}_2 \text{ en gas escape})}{78,08} \right]}$

Quando se usan mezclas de vapor y oxígeno, puede utilizarse la parte de hidrógeno del vapor como trazador y el coeficiente de flujo volumétrico del gas de escape puede determinarse como sigue:

Coef. flujo vol. gas escape =  $\frac{\text{Coef. flujo volumétrico de vapor} \times 100}{\text{Suma porcentajes de hidrógeno y vapor en gases de escape}}$

Tras determinar el coeficiente de flujo de los gases de escape puede medirse la proporción de carbono extraído. Esto puede hacerse sobre una base de equivalente de oxígeno mediante la ecuación siguiente:

Proporción carbono extraído (coeficiente flujo volumétrico en unidades O<sub>2</sub> equivalentes) =  $\frac{1}{2} \times \text{coeficiente flujo volumétrico gases de escape} \times (\text{suma de volumen \% de CO y CO}_2) - \text{entrada carbono}$

Para actualizar y corregir la determinación de oxígeno necesario para la extracción del carbono, puede ser necesario considerar pequeñas cantidades de oxígeno o vapor no reaccionados que abandonen el sistema junto con otros productos de reacciones no completadas. Para facilitar tal corrección, puede utilizarse la relación siguiente:



DIC. 1969

372999

Coefficiente corregido de oxígeno necesario para la extracción del carbono =  $\frac{\text{proporción carbono extraído} + \text{coeficiente volumétrico gas de salida} \times (1/2 \text{ volumen } \% \text{ H}_2\text{O} + 1/2 \text{ volumen } \% \text{ CO}_2 + \text{volumen } \% \text{ O}_2 \text{ en los gases de escape})}{100.0}$

5

El equilibrio dinámico entre el coeficiente real de consumo de oxígeno total y el coeficiente corregido de oxígeno necesario para la extracción del carbono puede realizarse comparando los coeficientes de entrada y salida. El de entrada puede determinarse según la expresión siguiente:

10

Coefficiente total entrada oxígeno (unidades flujo volumétrico) =  $\frac{\text{flujo volumétrico entrada oxidante} + \left[ \text{coef. flujo gases escape} \times \left( \frac{20.95}{78.08} \times \frac{\% \text{ volumétrico N}_2 \text{ en gas escape}}{100.0} \right) \right]}{100.0}$

15

Como puede verse, el coeficiente de consumo de oxígeno debe responder del oxígeno de entrada pensado así como de las fuentes accidentales e incidentales tales como los escapes de aire o agua. Solo se determinan las dos variantes, el coeficiente total de entrada de oxidante y el coeficiente corregido de oxígeno necesario para la extracción del carbono. Pueden compararse estos valores para determinar si se mantiene el equilibrio deseado.

20

25

En la descarburación de acero inoxidable, los elementos tales como silicio y aluminio, si se hallan presentes, deben ser oxidados antes de que pueda reducirse el nivel del carbono a valores bajos. En tales casos, puede medirse el grado de oxidación de silicio, aluminio, etc. e incluir tal medida en la determinación del coeficiente de entrada del oxígeno a fin de proporcionar suficiente cantidad de éste para llevar a cabo la descarburación en la proporción deseada, así como la oxidación de los elementos, por ejemplo silicio, aluminio, asimismo susceptibles de ser extraídos. En tal proceso puede estimarse el grado de pérdida del

30



372999

5 silicio observando la diferencia entre el coeficiente de entrada del material oxidante y el coeficiente de oxígeno corregido necesario para la extracción del carbono. Para determinar si se produce la oxidación metálica, puede compararse el coeficiente total de entrada de material oxidante con el oxígeno estimado necesario para la extracción del carbono. Si el coeficiente de entrada de oxígeno es superior al requerido para la extracción del carbono, puede llegarse a la conclusión de que se está efectuando la oxidación metálica. Para restaurar el equilibrio dinámico y evitar  
10 la oxidación metálica, puede utilizarse una o una combinación de las siguientes prácticas.

1. Reducir el contenido de material oxidante en la corriente de entrada en tanto se mantiene su flujo total aumentando el volumen del diluyente (el diluyente podría estar constituido por uno o más de los gases inertes tales como argón, vapor, monóxido de carbono o dióxido de carbono).  
15

2. Reducir la velocidad de flujo del gas en los sistemas en los cuales no es necesario mantener la presión (esta técnica no será normalmente efectiva si se mantiene la presión en el sistema toda vez que se reducirá también la proporción de carbono extraído. Esta podría permanecer igual incluso con un coeficiente de flujo reducido de gases de entrada ya que la presión del sistema podría resultar menor y traducirse en un aumento en la fuerza impulsora para la reacción de extracción del carbono).  
20

3. Aumentar la proporción de extracción del carbono aumentando la temperatura del sistema.  
25

La restauración del equilibrio en la descarburación de aceros de carbono ordinarios puede asimismo efectuarse según se describe anteriormente. La esencial diferencia entre descarburar aceros de aleación y descarburar aceros de carbono bajo reside  
30



1969

372999

5 en el hecho de que la formación de óxido de hierro en la escoria del acero de carbono ordinario es deseable para la extracción de fósforo. El efecto útil de la extracción del carbono puede ser deseablemente bajo al comienzo y mejorar después a medida que se reduce el contenido de carbono. Solamente casi al final del proceso resultaría particularmente deseable la eliminación de pérdida de hierro. El efecto útil de extracción del carbono puede controlarse haciendo variar la altura de lanza o regulando la proporción de adiciones de cal, mineral, etc. Casi al final de la descarbonación puede preferirse el uso de monóxido de carbono y oxígeno o incluso dióxido de carbono y oxígeno.

15 Otra técnica para determinar si se produce la oxidación metálica es mediante la relación de gases inertes a gases con contenido de carbono en la corriente de escape. Por ejemplo, en los casos en que se utilizan mezclas de argón y oxígeno para la descarbonación, puede considerarse que la totalidad del oxígeno de entrada reaccionará con el carbono y la relación estimada de argón a gases contentivos de carbono será la siguiente:

20

$$\text{Relación estimada } \text{Ar}/(\text{CO} + \text{CO}_2) = \frac{\% \text{ argón en gas entrada}}{2 (100 - \% \text{ Ar en gas entrada})}$$
$$\text{Relación real} = \frac{\% \text{ argón en corriente escape}}{\% \text{ CO} + 2 \times \% \text{ CO}_2 \text{ corriente escape}}$$

25 Si la relación estimada es superior a la relación real se estará produciendo la oxidación metálica. Pueden efectuarse asimismo correcciones a la relación en lo que respecta a escapes de aire y si se usa dióxido de carbono o monóxido de carbono en la corriente de entrada, pueden también incluirse en la relación ajustes para estos componentes. Un programa similar puede ser establecido para mezclas de vapor y oxígeno o hidrógeno y vapor.

30 Varias patentes recientes tratan del uso de una mezcla de gas inerte y oxígeno, en especial con referencia a fundición de acero inoxidable. Entre éstas se encuentran la patente U.S.A. núm.



1969

372999

3,003.865 que describe el uso de gas inerte y oxigeno para descarburar acero inoxidable y las patentes núms. 3,046.107 y 3,252.770 que describen cómo puede utilizarse el argón u otros gases inertes para ejercer algún grado de control del proceso de descarburación. Estas patentes describen ciertas relaciones teóricas, basadas en equilibrios termodinámicos, que son aplicables a la descarburación controlada a aceros inoxidables y de aleación utilizando mezclas de oxigeno y gas inerte. Así en la patente U.S.A. num. 3,046.107 el contenido máximo de oxigeno de una mezcla que puede emplearse para descarburación, con insignificante pérdida de cromo, se expresa como sigue:

$$\text{Porcentaje oxígeno} = \left( \frac{13.000}{\left( \frac{\text{Porcentaje Cr}}{\text{Porcentaje C}} \right)^{1/2} \text{ Antilog} \left( \frac{13.800}{T} - 8.46 \right)} - 1 \right)^{1/2}$$

donde Cr y C representan las concentraciones de cromo fundido y carbono respectivamente y T es la temperatura de fusión en grados Kelvin. En la patente U.S.A. 3,252.770 se facilita un refinamiento de la anterior relación:

$$\text{Porcentaje carbono} = \left[ \frac{1}{K_t} (\% \text{ Cr})^3 \right]^{1/4} P$$

donde  $K_t$  es el equilibrio termodinámico constante derivado de las actividades de carbono y cromo a la temperatura de fusión, y P es la presión que circunda la mezcla fundida.

Aplicando las relaciones expuestas, pueden derivarse un programa teórico de suministro de gas y un esquema de descarburación que impliquen una reducción por fases o al ser posible continua de la proporción de oxigeno en la corriente de gas inyectada cuando se reduce el contenido de carbono del baño. Una ilustración de la aplicación de esta técnica es el siguiente ejemplo de un proceso térmico de 15 toneladas usando las relaciones mencionadas.



C. 1969

372999

La composición química de la mezcla fundida antes de la descarburación era la siguiente:

C = 0,95%; Mn= 0,93%; S = 0,012%; Si = 0,82%; Cr = 18,42%; Ni=12,17;

5 Fue inyectada una mezcla de oxígeno (68,1% en volumen) y argón  
via subsuperficie en el interior de la mezcla fundida durante  
cuarenta (40) minutos, y al final de esta fase el contenido de  
carbono y cromo era de 0,17% y 17,32% respectivamente. Posterior-  
mente, se inyectó una mezcla de 38,5% de oxígeno-argón durante  
10 otros diez y siete (17) minutos, al cabo de cuyo periodo los nive-  
les de carbono y cromo habían descendido a 0,045% y 16,65% respec-  
tivamente. Durante el proceso, la temperatura de fusión se elevó  
desde un valor inicial de 2820°F (1549°C) a 3140°F (1727°C), y  
1,77% de cromo fue perdido por oxidación.

15 Conviene hacer observar que según las provisiones de  
las ecuaciones presentadas anteriormente, el contenido de carbono  
en equilibrio con el cromo inicial en el baño (asumiendo una tem-  
peratura de fusión media de 3000°F - 1649°C) cuando se emplea una  
mezcla de 68,1% de oxígeno-argón es de 0,259%. Durante la descar-  
buración desde el nivel inicial de 0,95% a este valor de equili-  
20 brio, el carbono fue preferentemente oxidado. Pero dado que la  
inyección de gas con la mezcla de oxígeno al 68,1% tuvo lugar an-  
tes de este punto, el carbono y el cromo fueron oxidados simultá-  
neamente tan pronto como el carbono descendió por debajo de 0,259%  
y por ende la pérdida de cromo observada (a 17,32%). Como quiera  
25 que, según la práctica descrita en la patente U.S.A. 3,046.107,  
para una mezcla al 38,5% de oxígeno-gas inerte, y para un conteni-  
do de cromo de 17,32%, el carbono en equilibrio a 3000°F (1649°C)  
es de 0,105%, la oxidación preferencial del carbono fue reanudado  
durante la segunda fase. No obstante, cuando prosiguió la descar-  
30 buración más allá de 0,105% de carbono, comenzó de nuevo la oxi-



1969

372999

5 dación del cromo y al término del proceso este elemento había sido reducido a 16,65%. Así pues, la práctica de las formas de realización de las patentes previamente citadas no garantiza una pérdida "insignificante" de cromo. Esto se debe en parte a la incapacidad para reconocer el comienzo de la oxidación del cromo y para ajustar de conformidad la insuflación del gas.

10 Las formas de realización del presente invento, basadas en el mantenimiento de un equilibrio dinámico entre el oxígeno de entrada y los gases de salida del proceso de descarbonización, aportan técnicas para la realización de la descarbonización sin pérdida de cromo. La aplicación del invento requiere una estrecha regulación de, entre otros, los parámetros siguientes:

- 15 (a) Composición del gas de entrada y arrastre  
(b) Presión ambiente en torno a la mezcla fundida  
(c) Temperatura de fusión  
(d) Área de contacto gas-metal

20 Además, deben disponerse medios para medir y alterar cada una de las cantidades citadas anteriormente. Más adelante se dan a conocer diversos medios para lograr estos objetivos con ejemplos que se acompañan. En todos los casos, se aportan medios para inyectar y medir el grado de flujo del gas o gases de descarbonización en la vasija de reacción. Los dispositivos de inyección de gas apropiados son toberas, eyectores de superficie, eyectores sumergidos,  
25 etc. Los coeficientes de flujo de gas de entrada pueden determinarse por medios tales como indicadores de flujo, planchas de orificios, etc. La composición de los gases de entrada puede obtenerse generalmente con dispositivos analizadores de gas tales como un espectrómetro de masa. Del mismo modo, existen técnicas para  
30 determinar las composiciones del gas de salida. Una de dichas



C. 1969

372999

técnicas, que genera un análisis continuo, es el objeto de varias patentes francesas Núms. 1,309.212 (Octubre 8, 1962); 1,325.024 (Marzo 18, 1963). El método ha sido publicado en el Journal of Metals, Junio 1964, p. 508, y es en general familiar para los artesanos en la fabricación de acero. Implica la determinación continua de los contenidos de monóxido de carbono y dióxido de carbono de los gases efluentes de la vasija de refinado. Tales determinaciones sirven después como indicación del contenido de carbono y grado de descarburación de la mezcla fundida. Los análisis de gas de entrada y de salida, usados como carga nominal para un dispositivo computador propiamente calibrado, facilitan una indicación instantánea de los procesos que tienen lugar en la mezcla fundida. La toma de muestras de los gases de salida es difícil ya que el aire atmosférico que circula en la boca de la vasija de reacción se traduce en una combustión inmediata de los gases de salida. No obstante, pueden obtenerse muestras satisfactorias adaptando medidas precautorias, tales como la descrita por M. Allard et al en el Journal of Metals, Junio 1961, p. 421. Controlando la presión entre la caperuza de evacuación y la boca de la vasija de reacción, se crea una zona de combustión estacionaria para los gases de salida, y dado que la condición de presión impide una corriente de aire en la zona de la boca de la vasija virtualmente todos los gases desprendidos pueden escapar en su forma pura al interior de la caperuza donde pueden tomarse muestras y analizarse.

En la forma de realización preferida, el proceso del presente invento emplea un análisis continuo de gas de entrada y de salida para el fin de indicar el efecto útil de consumo de oxígeno por el carbono de la mezcla fundida. La reacción carbono-oxígeno se produce con preferencia respecto de la oxidación metá-

372999



C. 1969

lica si el carbono del baño es igual a o superior al nivel de equilibrio para el sistema en cuestión, y si el carbono disponible para oxidación es al menos estequiométricamente equilibrado por los oxidantes inyectados. Con ayuda de un analizador de gas continuo tal como el que se describe anteriormente, se compara el equivalente de oxígeno de los gases efluentes (en que el equivalente de oxígeno es facilitado por la suma de oxígeno no reaccionado y el contenido de oxígeno de CO y CO<sub>2</sub> desprendidos) con el oxígeno gaseoso inyectado y arrastrado. Un valor inferior en la corriente efluente (y por consiguiente un efecto útil inferior a un 100%) implica que una proporción de los oxidantes suministrados es consumida para oxidación metálica, reaccionando solamente una fracción con el carbono de la mezcla para producir los óxidos de carbono analizados. En todas y cada una de las fases de descarburación cualquier desequilibrio es inmediatamente detectado y puede ser corregido alterando uno o más de los factores enunciados anteriormente en forma que se da a conocer en la descripción siguiente.

(a) Gases mezclados utilizando control dinámico:

Como quiera que el contenido de carbono que puede ser alcanzado sin oxidación metálica (por ejemplo cromo) durante la descarburación a una temperatura determinada es una función de la presión parcial de monóxido de carbono en las burbujas de gas desprendido, es evidente que puede variarse la presión parcial de CO incorporando en la corriente de gas inyectado un componente inerte que no entra en ninguna reacción química. Los gases inertes así como el hidrógeno y el nitrógeno pueden servir útilmente para este fin durante la descarburación. Los gases de oxidación activos que generalmente se emplean para la extracción de carbono son el oxígeno, el vapor y el dióxido de carbono. Mediante un ajuste ade-

372999



C. 1969

de las proporciones de estos gases en la corriente de entrada, puede generarse CO a una presión parcial determinada.

5 El proceso de descarburación de aceros con mezcla de gas dinámicamente controlada puede convenientemente llevarse a cabo en un reactor tal como un BOF u otro recipiente equipado con un dispositivo para medidas de gas de entrada y gas de salida. El acero fundido es introducido en esta vasija y mantenido a una temperatura conocida. La fig. 1 es una ilustración de un proceso típico en el que se emplean gases mezclados. Antes de su entrada en la vasija, el gas es medido en cuanto a velocidad de flujo y analizado para lograr una lectura instantánea de su composición. Simultáneamente, se analiza una muestra del producto de reacción gaseosa según se describe anteriormente, y se determina su equivalente de oxígeno. Asumiendo un efecto útil de la reacción carbono-oxígeno de un 100%, así como una temperatura de fusión constante de 3000°F (1649°C), se obtienen los resultados de la fig. 1 para la descarburación oxígeno-argón de un baño de acero al cromo al 18%. Si, por ejemplo, a la hora t, se analiza el gas de entrada con más de un 40% de oxígeno, continuará la descarburación según se muestra en el gráfico, pero además se aplicará el oxígeno excedente hacia la oxidación metálica. Esta condición será inmediatamente indicada por un descenso en la eficacia de la reacción carbono-oxígeno a un valor por debajo del 100%, y ello a su vez exigirá un aumento en la proporción del componente inerte de la corriente de gas de entrada. Cuando el equilibrio haya sido restaurado, la eficacia del procedimiento volverá al 100%. El proceso ilustrado adopta un coeficiente de flujo de gas total constante y una constante temperatura. La desviación de estas condiciones ideales no altera los conceptos básicos descritos. En uno u otro caso, el análisis del gas de entrada y salida sirve a

10

15

20

25

30



modo de indicador de la eficacia de la reacción.

El ejemplo ilustrado A muestra un proceso que implica graduales reducciones en el contenido de oxígeno de la corriente de gas inyectada. Adoptando fases infinitesimalmente pequeñas, se obtiene una curva continua. Tal curva es adaptable a dispositivos de control apropiados para suministrar gases mezclados de acuerdo con el programa especificado. El procedimiento según este programa es el más eficaz ya que comprende el uso de la cantidad mínima de gases inertes para la cantidad de carbono extraída, y se traduce asimismo en el tiempo mínimo de proceso.

(b) Control dinámico a través de variaciones de presión ambiente:

La presión parcial del monóxido de carbono en las correspondientes burbujas de gas y por consiguiente el nivel de carbono alcanzable en equilibrio con una determinada temperatura de baño de cromo pueden variarse por medio de la presión ambiente en torno a la mezcla fundida. Un proceso de control de presión requiere los dispositivos de inyección de gas, medida y análisis descritos en (a) anteriormente. Pero además la vasija de reacción se halla equipada con una tapa que facilita su evacuación. Los dispositivos de evacuación pueden ser bombas, eyectores o cualquiera de tales equipos generadores de vacío. A diferencia de la descarburación con mezcla de gases, el proceso de descarburación puede realizarse utilizando ya sea oxígeno solo o mezclas de oxígeno-gas inerte.

El ejemplo gráfico B ilustra una secuencia de reducción de presión junto con la trayectoria de descarburación a 3000°F (1649°C), para un baño de una tonelada de acero al cromo al 18% empleando 30 scfm de oxígeno. El esquema ilustrado asume que la capacidad de bombeo del gas del equipo de evacuación es ilimitada en todos los límites de presión. Si la capacidad de bombeo del sistema respec-



1969

372999

tivo desciende a medida que desciende la presión en el interior de la cámara de vacío, se requiere una reducción continua del grado de flujo del gas descarburante de acuerdo con la capacidad de las bombas.

5

Como en el ejemplo (a), un aumento de la presión ambiente de la mezcla fundida se traduce en la oxidación del cromo y en la reducción del efecto útil de la reacción. Tal situación es inmediatamente detectada por el análisis del gas de salida y compensada mediante la cantidad proporcionada de reducción de presión hasta que se establece de nuevo la óptima eficacia. También como en el ejemplo (a), la reducción de presión, cuando se hace suavemente continua, en lugar de por fases, aumenta aun más la eficacia del proceso y reduce el tiempo respectivo.

10

(c) Control dinámico por medio de variación de temperatura:

15

La aplicación de esta técnica se basa en el hecho de que a una determinada presión parcial de monóxido de carbono y contenido de cromo en el baño, puede lograrse un menor contenido de carbono en un baño a temperaturas más elevadas. La variación dinámica de temperatura emplea los mismos dispositivos de inyección de gas, medida y análisis que se describen anteriormente. Pueden emplearse oxígeno o mezclas oxígeno-gas diluyente. Las variaciones de temperatura se logran por uno o más de los siguientes medios: caldeo por inducción del baño, caldeo por gas con combustibles carbonáceos tales como los que se emplean en los hornos de solera abierta, caldeo por plasma, caldeo por rayo electrónico, inyección de oxígeno en el baño para que reaccione exotérmicamente con un elemento tal como silicio que es más fácil de oxidar que el carbono, o por cualquier otro medio apropiado. La temperatura del baño puede ser regulada continuamente con ayuda de dispositivos tales como pares termoeléctricos o pirómetros ópticos.

20

25

30

372909



1969

5 En aquellos casos en que se usan combustibles carbonáceos, el análisis de gas de salida comprende los óxidos de carbono adicionales debido a la fuente de calor. La proporción de este componente en los gases de salida es computada a partir de un conocimiento del coeficiente de combustión en el baño.

10 El Ejemplo gráfico C ilustra un proceso de descarbonación para un baño de cromo de una tonelada al 18%, descarbonado con oxígeno a 30 sofm, y que emplea el concepto de control dinámico por medio de variaciones de temperatura. Como en las ilustraciones anteriores, un desequilibrio entre el oxígeno de entrada y salida es indicado por los dispositivos de análisis del gas. Tal desequilibrio, denotado por una eficacia de utilización de oxígeno inferior al 100%, es compensado a continuación por un aumento en la temperatura de la mezcla fundida conseguida por uno o más de los dispositivos indicados anteriormente.

15 La aplicación del equilibrio dinámico mediante el control de temperatura en la descarbonación, como en el Ejemplo gráfico C quiere un reactor que posea un revestimiento capaz de soportar las temperaturas relativamente altas indicadas. En la práctica no obstante cuanto menores son los límites de temperaturas correspondientes mas económico resulta el procedimiento y menores temperaturas son posibles utilizando una combinación de controles de temperatura, presión ambiente y mezcla de gases.

20 (d) Control dinámico a través de variaciones de área de superficie gas-metal:

25 Se sabe comúnmente que la reacción carbono-oxígeno se produce en la interfase metal-gas. Además, el grado de descarbonación en los aceros es directamente proporcional al área de superficie gas-metal. Por consiguiente, puede controlarse la eficacia de consumo de oxígeno variando el área de contacto gas-metal dis-

30



372999

ponible.

Los dispositivos de análisis del gas y determinación de eficacia empleados en la aplicación de esta forma de realización son los mismos descritos anteriormente. Además, los medios para hacer variar el área de contacto gas-metal incluyen (1) inyección de gas de sub-superficie que se traduce en la generación de pequeñas burbujas de gas que proporcionan una gran área de superficie, (2) agitación (2) mecánica o (3) por inducción para exponer continuamente la nueva superficie de metal a los gases de descarbonación, etc.

Es evidente por cuanto antecede que son posibles diversos cambios y modificaciones en la práctica del invento. Así por ejemplo, en ocasiones puede ser deseable, generalmente en la fabricación de acero al carbono ordinario, permitir alguna oxidación del metal. En la fabricación de acero de aleación, es generalmente deseable evitar la oxidación de costosos elementos de aleación. Una técnica conveniente para medir el efecto útil en la extracción del carbono es mediante la determinación siguiente:

$$\text{Eficacia extracción } \frac{\% \text{ carbono}}{=} \frac{\text{Coeficiente consumo oxígeno por carbono} \times 100}{\text{Coeficiente oxígeno entrada total}}$$

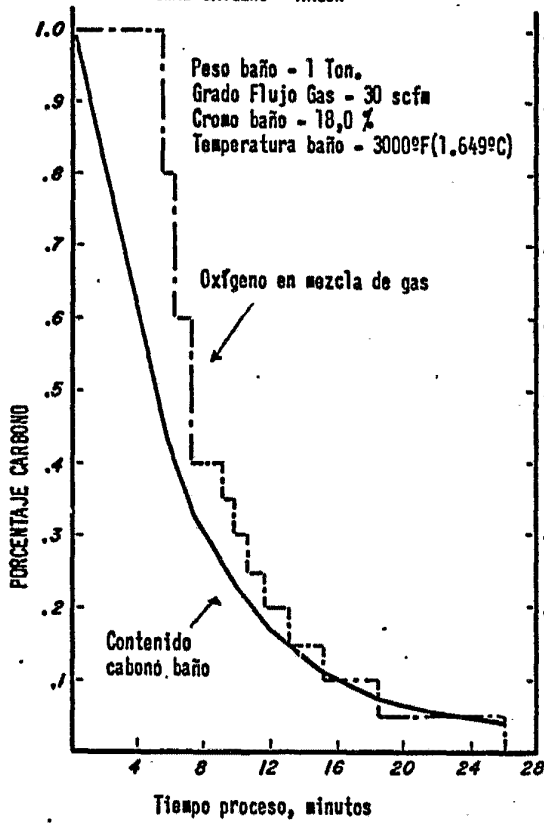
Para evitar cualquier pérdida metálica, la eficacia de extracción del carbono debe ser igual o superior al 100%. Si es tolerable alguna pequeña pérdida de metal, entonces este factor puede ser algún valor inferior predeterminado, tal como 75 - 85%.

5  
10  
15  
20  
25  
30

EJEMPLO GRAFICO

A

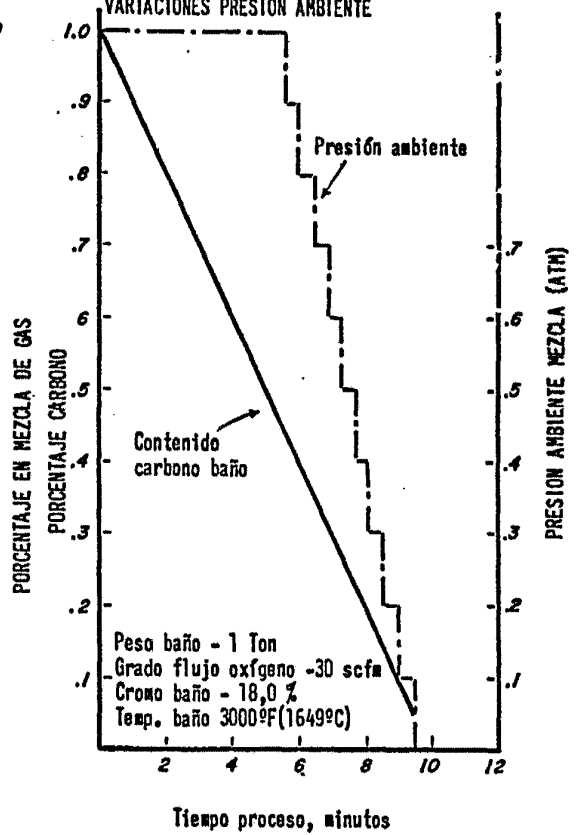
DESCARBURACION DINAMICAMENTE CONTROLADA  
CON MEZCLAS OXIGENO - ARGON



EJEMPLO GRAFICO

B

DESCARBURACION DINAMICAMENTE CONTROLADA MEDIANTE  
VARIACIONES PRESION AMBIENTE





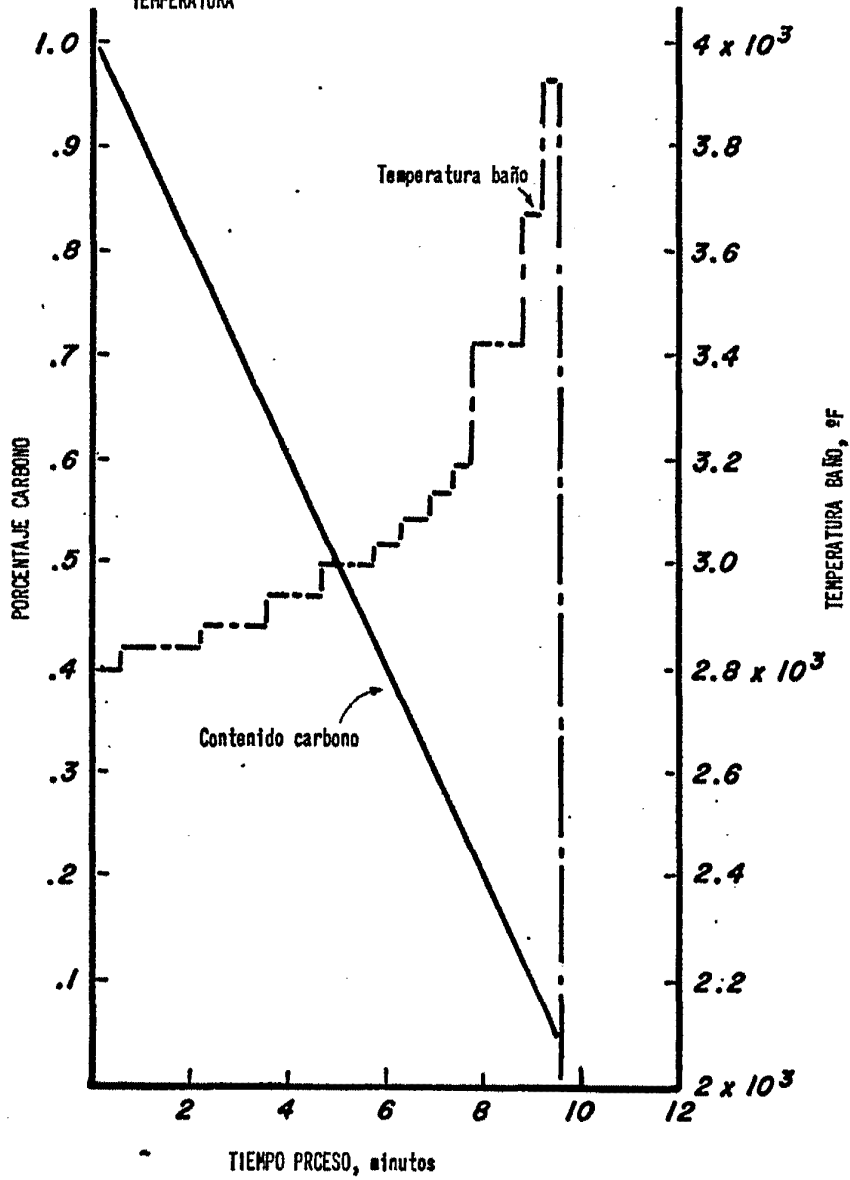
1969

372999

EJEMPLO GRÁFICO

C

DESCARBURACION DINÁMICAMENTE CONTROLADA POR MEDIO VARIACION TEMPERATURA



372009



REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para descarburar acero fundido, en el cual se introduce material oxidante en el acero haciendo que reaccione con el carbono contenido en el mismo, que comprenden: medir la proporción de carbono extraído del acero fundido; medir la proporción de consumo de oxidante; y mantener de forma continua un equilibrio entre ambas proporciones.
- 10 2. El método según la reivindicación 1, en el cual se mantiene el equilibrio entre la proporción de carbono extraído y la proporción de consumo de oxidante ajustando la carga nominal de éste con respecto al acero fundido.
- 15 3. El método según las reivindicaciones 1 o 2, en el cual se utiliza oxígeno como material oxidante, y en el cual se ajusta el consumo del oxígeno variando el grado de flujo respectivo.
- 20 4. El método según la reivindicación 3, en el cual se ajusta el consumo de oxígeno incluyendo en el mismo un gas diluyente y haciendo variar las proporciones de oxígeno y gas diluyente.
- 25 5. El método según la reivindicación 4, en el cual el gas diluyente es seleccionado del grupo compuesto por gases inertes, hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y vapor.
- 30 6. El método según la reivindicación 1, en el cual se mantiene el equilibrio entre la proporción de carbono extraído y la proporción de consumo de oxidante cambiando la presión ambiente.
7. El método según la reivindicación 1, en el cual se mantiene el equilibrio entre la proporción de carbono extraído y la proporción de consumo de oxígeno cambiando la temperatura de reacción.
8. El método según la reivindicación 1, en el cual se



mantiene el equilibrio entre la proporción de carbono extraído y la proporción de consumo de oxidante cambiando el area de superficie de reacción.

5 9. El método según la reivindicación 1, en el cual se introduce oxígeno en el acero haciendo que reaccione con el carbono contenido en el mismo, que comprende: medir la composición y grado de flujo de los gases de entrada; medir la composición y grado de flujo de los gases de salida para establecer la proporción de carbono extraído del acero; y mantener continuamente un equilibrio entre las proporciones de consumo de oxígeno y extracción de carbono en respuesta a las medidas mencionadas anteriormente.

10 10. El método según la reivindicación 9, que comprende analizar continuamente los gases de entrada y de salida para indicar el efecto útil del consumo de oxígeno por el carbono contenido en el acero, y mantener continuamente un equilibrio de la proporción de carbono extraído y la proporción de consumo de oxígeno para excluir la oxidación de los valores de metal contenidos en el acero.

15 20 11. El método según la reivindicación 9, en el cual se mantiene el equilibrio incorporando un gas diluyente al oxígeno introducido en el acero y variando las proporciones respectivas en respuesta a dichos grados medidos.

25 12. El método según la reivindicación 11, en el cual se aumenta la proporción de gas diluyente en respuesta a una indicación de un descenso en el efecto útil del consumo de oxígeno por el carbono a un valor inferior al 100%.

30 13. El método según la reivindicación 6, en el cual se disminuye la presión ambiente en respuesta a una indicación de un descenso en el efecto útil del consumo de oxígeno por el carbono a

372999



1969

un valor inferior al 100%.

5

14. El método según la reivindicación 9, en el cual se introduce el oxígeno por debajo de la superficie del acero fundido lo cual se traduce en la generación de burbujas de gas de tamaño controlado, y en el cual se mantiene el equilibrio cambiando el área de contacto gas-metal.

10

15. El método según la reivindicación 14, en el cual se aumenta el área de contacto gas-metal disminuyendo el tamaño de las burbujas de gas.

16. El método según la reivindicación 14, en el cual se aumenta el área de contacto gas-metal mediante agitación del baño de acero para exponer continuamente la superficie de metal puro al gas.

15

17. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "UN METODO PARA DESCARBURAR ACERO FUNDIDO".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente Memoria descriptiva, que consta de veintiséis páginas mecanografiadas :

20

Madrid, 29 de octubre 1969

BERNARDO UNGRIA

P.P.

25

30