

312230

P.- 29.048

24 .III 1965

P.I.D. 64/54

24



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 24 de Abril de 1965, con el Núm. 312.230

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

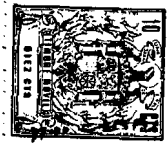
a nombre de SOCIETE METALLURGIQUE D'IMPBY, sociedad anónima francesa, establecida en 84, rue de Lille, Paris, Francia, por: "UNA INSTALACION Y UN PROCEDIMIENTO PARA LA REDUCCION DE OXIDOS DIFICILES DE REDUCIR"

El invento concierne a la reducción directa de óxidos difíciles de reducir y por ejemplo de minerales ya reducidos previamente o no, de metales utilizados en la fabricación de aceros.

5 Hasta ahora se han utilizado diferentes procedimientos para efectuar la reducción directa de minerales.

Por ejemplo, la reducción del mineral de cromo se ha efectuado hasta ahora en hornos eléctricos de arco, y estos hornos se han utilizado ya para la obtención de otros metales necesarios para la fabricación de aceros y cuya energía libre de com-

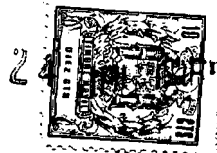
10



binación con el oxígeno es, en valor absoluto, al menos igual a la del hierro. Esta forma de proceder tiene como razón principal la comodidad que aporta el horno eléctrico para la realización de temperaturas que rebasan los 1800°C, necesarias en la mayor parte de estas reducciones. Sin embargo, el tratamiento en el horno eléctrico presenta un cierto número de inconvenientes y no es utilizable para todos los metales. Por otra parte, el arco eléctrico que brota del electrodo de carbono mantiene en una parte del horno una atmósfera carburada útil para la reducción de los óxidos metálicos, pero que es sin embargo un obstáculo para la realización de aleaciones o de metales con bajo contenido en carbono. La utilización del horno eléctrico precisa pues, generalmente, una segunda operación para la disminución de los contenidos en carbono obtenidos en el curso de la reducción inicial del mineral. Esta segunda operación aumenta el precio del procedimiento, tanto mas cuanto que determina una pérdida de una parte del metal primitivamente reducido.

Los trabajos que han conducido al invento han permitido determinar la combinación de los medios necesarios para tratar los óxidos difíciles de reducir, en condiciones tales que la operación sea económica, realicen la reducción sin dificultad, y permitan obtener de una forma muy flexible las composiciones deseadas de aceros o de aleaciones con los contenidos en carbono deseados, gracias al empleo de una llama de temperatura elevada, en un horno rotativo y en condiciones de reducción particularmente interesantes y que no destruyen la guarnición del horno.

Según el invento, la instalación de reducción comprende, en combinación, un horno rotativo de eje de rotación sensible-



mente horizontal, estando abierto este horno en sus dos extre-
mos, medios, situados en un extremo del horno, de producción
de una llama oxidante cuya parte mas caliente está por lo me-
5 nos a 1900°C, siendo producida esta llama en una zona del hor-
no situado por encima de la zona reductora existente en la pro-
ximidad del baño metálico, y medios de evacuación de los humos
en el otro extremo del horno.

Se va a describir ahora el invento con referencia a modos
de realización de instalaciones dadas a título de ejemplos y re-
10 presentadas en los dibujos anejos, y con referencia a ejemplos
de realización del procedimiento según el invento.

La figura 1, es una sección longitudinal de una instala-
ción según el invento.

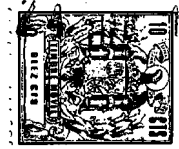
La figura 2, es una sección según II-II, fig. 1, estando
15 la puerta de carga del horno en la parte superior y estando la
carga en estado sólido.

La figura 3 es una sección según III-III, fig. 1. des-
pues de una cierta rotación del horno, y estando líquida la car-
ga.

20 La figura 4 es una sección vertical longitudinal de una
variante de la instalación de reducción, representándose ésta
solo parcialmente con partes separadas.

La figura 5 es una sección según V-V, fig. 4.

25 La instalación representada en las figs. 1 a 3, compren-
de un horno rotativo 1, de eje horizontal, solidario de guías
anulares 2 que reposan sobre rodillos 3. La rotación del horno
se puede obtener, bien por mando de una al menos de los rodi-
llos 3, bien por una corona dentada soportada por el horno, en
engrane con un piñón de mando. El horno comprende una puerta
30 de carga, 4, cerrada normalmente por un órgano de obturación



5, por la cual se efectúa la colada.

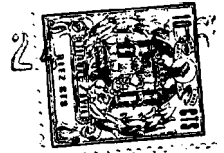
El horno está abierto en sus dos extremos troncoconicos 6 y 7, está guarnecido de ladrillos refractarios, por ejemplo de magnesia.

5 En su extremo 6, el horno recibe un gas combustible de un convertidor autotérmico 8 de gas natural o de un gasogéno de combustible líquido, cuyas características y funcionamiento se explicarán más adelante.

10 El gas es inflamado en la entrada 6 del horno por un chorro de oxígeno que proviene de una conducción 9. El chorro de oxígeno penetra en el horno con una inclinación que se puede regular en función de la operación metalúrgica a efectuar, está dirigido preferentemente hacia arriba y puede formar con la horizontal un ángulo de 20°. Siendo la velocidad de este chorro de oxígeno, en el momento en que penetra en el horno, considera-
15 blemente mayor que la de la corriente de gas combustible que proviene del convertidor 8, la llama 10 puede resultar así orientada hacia la parte superior del horno.

20 El horno 1 lleva una junta de estanqueidad 11 que está refrigerada, por ejemplo por una corriente de agua que proviene de una tubería 12 y que pasa por una ranura periférica de la junta. Esta junta está en contacto con una porción anular de la cara 13 del convertidor 8 contra la cual está en frotamiento suave.

25 El convertidor 8 está montado sobre un carro 14 desplazable con relación al horno para poder desprender la abertura del extremo 6. El desplazamiento del convertidor 8 puede ser paralelo al plano vertical que pasa por el eje de simetría longitudinal del horno 1, o bien oblicuo a este plano, o también
30 perpendicular.



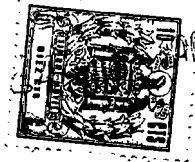
En el caso del modo de realización representado, el convertidor se desplaza paralelamente al eje longitudinal del horno, estando montado el carro 14 sobre ruedas 15 que ruedan sobre carriles.

5 El cuerpo del convertidor 8 está soportado por dos bielas 16 articuladas en sus partes inferiores sobre el carro 14, y en sus partes superiores, a cada lado del convertidor, sensiblemente sobre el eje horizontal, que pasa por el centro de gravedad del convertidor.

10 Las bielas 16 están inclinadas hacia el horno contra cuyo extremo se apoya el convertidor con una presión variable con la inclinación de las bielas 16. La regulación de esta inclinación por modificación de la posición del carro 14, permite así la regulación de la presión ejercida sobre la junta 11. Esta disposición asegura igualmente, durante la rotación del horno, la orientación automática del eje del convertidor perpendicularmente al plano de estanqueidad de la junta 11. Se obtiene pues una estanqueidad total conservando una presión débil sobre la cara de la junta 11.

20 El extremo 7 del horno desemboca, con una pequeña holgura, enfrente de la abertura de una cámara de humos 17 que conduce los gases de combustión hacia un conducto de humos 18 de una chimenea. Esta cámara de humos podría estar evidentemente montada, como el convertidor 8, sobre un carro y permitir desprender la salida 7 del horno, en la parada de éste.

25 El convertidor 8 comprende un quemador enfriado 19 que recibe gas natural constituido esencialmente por metano. Este quemador 19 está situado en el eje del convertidor, puede recibir por ejemplo, en volumen, la cuarta parte del gas necesario para el caldeo del horno y una corriente de oxígeno de al menos dos



volumenes por cada volumen de gas. La llana 20 del quemador 19 atraviesa una cámara anular 21 que tiene por ejemplo aproximadamente la forma de un toro, y que es alimentada con gas natural por una conducción 22 que desemboca tangencialmente en la periferia de la cámara 21.

La llama 20 desemboca en un venturi 23. Después de haber circulado turbulentamente al pie de la llama del quemador 19, el gas natural proporcionado por la conducción 22 y que representa, en volumen, aproximadamente tres veces el gas que alimenta el quemador 19, atraviesa el venturi 23 mezclándose con la llama 20, se calienta allí, y cesa su disociación, que una pequeña permanencia en una cámara de disociación 24 permite acabar prácticamente. Es pues gas disociado el que desemboca por el orificio 25 en la entrada del horno. Esta corriente de gas combustible encuentra entonces el chorro de oxígeno que desemboca de la conducción 9. La cantidad de oxígeno introducido por la conducción 9, es tal que en cualquier momento pueda asegurar la combustión de los gases que se encuentran en el horno 1, hayan sido introducidos estos gases por el orificio 25, o hayan sido formados en el horno propiamente dicho, que resultan por ejemplo de la reducción del mineral por el carbono.

Bien entendido, los gases enviados al horno son medidos exactamente por aparatos que aseguran una regulación de caudal prácticamente instantánea, en función de las indicaciones de un analizador continuo de los humos cuya toma, a la salida del horno, está asegurada por un tubo 26. Es así posible obtener sin dificultad, en todo momento, la composición de los humos juzgada mejor.

Una lanza 27 de insuflación de oxígeno está dispuesta a la salida de los humos, para introducir en el horno un chorro



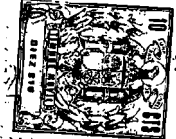
de oxígeno bajo la llama del quemador.

Se ha comprobado en efecto que el régimen de circulación de los humos en el horno conduce a una circulación del óxido de carbono que proviene del baño hacia el quemador, y pasando
5 bajo la llama. Esta circulación de óxido de carbono resulta de la aspiración creada por la impulsión del chorro gaseoso insuflado.

Se puede sacar provecho de esto quemando el óxido de carbono que proviene del baño por introducción de un chorro de oxígeno secundario en el mismo sentido que la circulación de este
10 óxido de carbono, siendo introducido este chorro por la lanza 27.

Las figuras 2 y 3, mostrando la primera la carga todavía no fundida y la segunda la carga fundida, indican como el chorro de oxígeno en la llama del horno evita el contacto de la
15 llama con la carga del horno y asegura una atmosfera oxidante en la parte superior, por encima de la atmosfera reductora que reina en la proximidad de la carga en el curso de la operación, asegurando la atmosfera oxidante superior una combustión
20 prácticamente completa de los gases, a la que se añade la combustión del óxido de carbono que se desprende del baño.

Se ha encontrado que la reducción de los óxidos de los metales cuya energía libre de combinación con el oxígeno es al menos igual a la del hierro, necesita, en la instalación
25 que se acaba de describir, una llama 10 cuya parte más caliente está al menos a 1900 °C. Esta alta temperatura se puede utilizar con una llama oxidante ya que la separación se realiza entre la zona superior oxidante y la zona inferior reductora, y la guarnición refractaria del horno está protegida contra los
30 efectos de las altas temperaturas practicadas por el hecho de



que las calorías aportadas a las paredes son recogidas por la carga del horno gracias al movimiento de rotación de éste, antes de que hayan tenido tiempo de difundirse profundamente en el espesor de la guarnición refractaria. Es igualmente posible
5 alcanzar en la superficie de la guarnición, con el impacto del chorro gaseoso, una temperatura próxima a la fusión de la guarnición sin que resulte de ello un inconveniente, y realizando un excelente rendimiento calorífico.

Por otra parte, se ha comprobado que con la instalación
10 según el invento en la que la parte más caliente de la llama está al menos a 1900°C, se determina un fenómeno especialmente interesante.

En efecto, la combustión del metano por el oxígeno conduce teóricamente a una temperatura de llama de 5000°C. Pero, en realidad, aunque el convertidor 8, descrito con referencia a las
15 figuras, proporciona en el orificio 25 un gas combustible precalentado a 1250°C, la parte más caliente de la llama, según las regulaciones, no rebasa sensiblemente una temperatura de 2.200 a 2300°C. Además, se ha comprobado que la superficie de
20 esta parte mas caliente de la llama es muy reducida, y no pasa aproximadamente de la treintaava parte de la superficie de las paredes de la guarnición que, con la temperatura de llama de 2.200°C a 2300°C que se acaba de indicar, permanece a una temperatura de 1900°C, cuando el horno está en funcionamiento.

25 A pesar de la pequeña diferencia de temperatura entre la llama y las paredes, y de la desproporción de las superficies de radiación, un flujo considerable de calor pasa al horno. Sin embargo, la radiación, incluso ayudada por la convección, no puede justificar la importancia de este flujo. En realidad
30 en la instalación según el invento, la temperatura de la llama

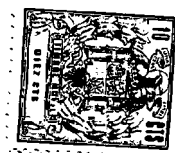


está limitada por la disociación de una parte de los humos producidos en átomos y radicales inestables, que van a reconstituirse en moléculas con el desprendimiento correspondiente de calor, en otros lugares del horno, alejados de la zona de reacción de la llama 10 del quemador, y especialmente en el encuentro con las paredes de la guarnición. Una parte importante del calor disponible es así transferida por un medio que no es ni la radiación ni la convección ordinarias que intervienen en los hornos habituales. Este medio se obtiene con una instalación según el invento cuya llama tiene una parte caliente al menos a 1900°C y cuyos humos contienen moléculas fácilmente disociables y principalmente moléculas de gas carbónico, de hidrógeno y de agua. Esta circunstancia permite tener una cantidad importante de calorías, repartida sobre la guarnición y en consecuencia sin riesgo de fusión de ésta en la proximidad de la llama.

El convertidor autotérmico 8 que se ha descrito, proporciona un gas combustible constituido esencialmente por óxido de carbono y por hidrógeno, partiendo de gas natural. Este último puede ser asimilado a metano puro y la conversión autotérmica realizada se puede representar esquemáticamente por la fórmula química:



En realidad se producen, naturalmente, algunos % de gas carbónico y de agua al mismo tiempo que queda una cantidad correspondiente de metano no disociado. Esto presenta poca importancia ya que casi la totalidad del gas está disociado mientras que el calor liberado por la reacción calienta los productos hacia 1250°C. El cuerpo del convertidor 8 puede estar



perfectamente calorifugado, y la transformación del gas bruto se puede efectuar así con un rendimiento calorífico muy próximo a la unidad.

5 Si, contrariamente a lo que ocurre en la instalación según el invento, el gas natural se utilizase frío y no disociado, la llama, incluso con oxígeno puro como comburente; sería mucho más larga y mucho menos activa, exigiendo la combustión del metano un tiempo relativamente importante y no efectuándose completamente en la longitud del horno.

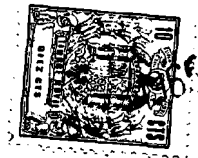
10 En la instalación según el invento, la combustión total se produce en un tiempo corto, con una llama corta, y se puede efectuar la regulación para tener una llama muy caliente que permita obtener un buen rendimiento calorífico y una alta temperatura en el conjunto del horno.

15 Se va a describir ahora el invento refiriéndose a diferentes ejemplos de realización del procedimiento.

Ejemplo 1: En una instalación según el invento con un horno rotativo cuyo diámetro útil es de 1,20 m. y cuya longitud, entre la junta rotativa y la entrada de la cámara de humos, es de 4 m. se han cargado 1200 kg. de mineral de cromo con la composición siguiente en peso:

25	Cr ₂ O ₃	55,9 %
	Fe O	14,4 %
	Si O ₂	6,0 %
	Mg O	12,5 %
	Al ₂ O ₃	10,3 %

30 Este mineral ha sido mezclado previamente con una cantidad de carbonato de cal o con una cantidad de cal viva correspondiente a 80 kg. de CaO. Se han añadido igualmente 300 kg.



de carbono. Todos los materiales utilizados estaban en forma de granos, de los cuales los mas gruesos no pasaban de 8 mm. de diámetro y los más pequeños tenían al menos 1 mm. de diámetro.

5 El carbono que se acaba de indicar puede ser aportado por finos de coque metalúrgico, o por grafito cuyo contenido en azufre es inferior a 0,2 %, presentando la utilización de este grafito la ventaja de que se puede obtener fácilmente en el metal un contenido en azufre muy pequeño, generalmente inferior a 0,01%.

Despues de la carga, el horno ha sido puesto en marcha con un consumo constante de gas natural de 135 m³ normales por hora. La temperatura de la parte mas caliente de la llama ha sido de 2.200°C.

15 El consumo de oxígeno ha sido de 295 m³ normales para la primera hora, y de 370 m³ seguidamente.

Al cabo de una hora y cuarto de oscilación del horno, la temperatura de la carga ha llegado a 1700°C, y se le han añadido 100 kg de carbono.

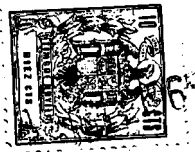
20 Tres cuartos de hora mas tarde, se han añadido 100 kg de carbono.

La carga ha alcanzado la temperatura de 1820°C y se ha formado un baño importante de metal bajo la escoria.

25 Se ha proseguido el caldeo durante una media hora y despues se han colado 503 kg. de metal con la composición siguiente en peso.

C	10,30 %
Cr	66,6 %
Mn	0,05 %

30



S y P inferior a 0,012% cuando se utiliza el grafito como carbono.

Fe el resto

5 La escoria (580 kg) tenía, en peso, la composición siguiente:

10	Cr ₂ O ₃	18,7 %
	Fe O	4,0 %
	Si O ₂	13,0 %
	Ca O	14,0 %
	Mg O	24,7 %
	Al ₂ O ₃	22,8 %

15 Esta escoria era bastante fluida para ser colada y encerraba algunas gotitas de metal que no habían podido desprenderse y unirse al baño de ferro-cromo.

20 Ejemplo 2: Con el fin de preparar un ferro-cromo de muy bajo contenido en carbono, se parte de la misma cantidad de mineral de cromo que en el ejemplo 1, con la misma composición, y la reducción se ha efectuado en la misma instalación.

A 1200 kg. de mineral de cromo se ha añadido una carga del orden de 150 a 300 kg. de cal viva.

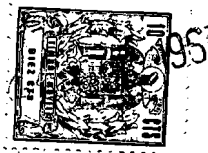
25 La regulación de los gases ha sido rigurosamente estequiométrica de 135 m³ normales de gas natural por 270 m³ normales de oxígeno por hora.

Al cabo de dos horas y cuarto, la temperatura del baño ha llegado a 1820°C y se ha interrumpido el caldeo.

Se han cargado 220 kg. de silicio al 98% y 150 kg. de cal viva.

30 Entonces el horno ha continuado girando durante 35 minutos.

312230



después de los cuales se han colado 538 Kg. de metal que tiene, en peso, la composición siguiente

	C	0,02 %
5	Cr	69,20 %
	Si	0,30 %
	Mn	0,05 %
	Fe	el resto

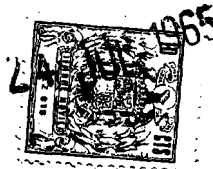
La escoria perfectamente fluida pesaba 1375 kg, (cuando la adición de cal era de 300 kg) y tenía la composición siguiente en peso:

	Cr ₂ O ₃	7,4 %
	Fe O	2,5 %
15	Si O ₂	34,7 %
	Ca O	32,6 %
	Mg O	13,0 %
	Al ₂ O ₃	9,5 %

Ejemplo 3: Una operación de aceria consistente en la fabricación de un acero inoxidable con bajo contenido en carbono, efectuada hasta ahora en el horno eléctrico con insuflación de oxígeno en el baño metálico, se ha realizado en la instalación según el invento, sin insuflación de oxígeno y ha dado un rendimiento en cromo superior al obtenido en el horno eléctrico.

En la instalación utilizada para los ejemplos 1 y 2, se han cargado 1000 kg. de chatarra de acero semi-duro ordinario y 500 kg. de ferro-cromo carburado de 65% en peso de cromo y 8,60% de carbono.

Al quedar un poco de escoria de una operación precedente en el horno, no se ha añadido a la carga ningún fundente.



Al cabo de una hora y media de caldeo, el baño estaba fundido y recubierto de una película de escoria delgada y seca; la temperatura del baño era de 1490°C. Una probeta tenía la composición siguiente en peso:

5	C	1,95%
	Cr	21,96 %
	Fe	el resto

Cuarenta minutos mas tarde, la temperatura había subido

10 a 1700°C y la composición en peso era:

	C	0,09 %
	Cr	12,85%
	Fe	el resto

15 Después de 20 minutos de caldeo suplementario, la temperatura del baño pasaba de 1800°C y la composición en peso era:

	C	0,02 %
	Cr	3,90 %
	Fe	el resto

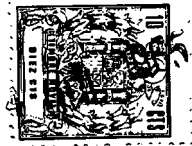
20

La escoria, mas abundante, pero siempre poco fluida, tenía como composición en peso:

	Cr ₂ O ₃	57 %
	Fe O	19,35 %
25	Ca O	7,08 %
	Mg O	9,07 %
	Si O ₂	4,00 %
	Al ₂ O ₃	1,80 %

30

El caldeo se ha interrumpido entonces y se enhornado rapi-



damente una mezcla, en forma de granos, de cal y de ferro-silicio al 98% que contiene 150 kg. de cal y 150 kg. de silicio.

El horno ha sido vuelto a cerrar y ha vuelto a tomar su movimiento de oscilación hasta la colada, 40 minutos mas tarde.

5 La temperatura antes de la colada había vuelto a descender a 1610°C.

El metal tenía la siguiente composición en peso:

	C	0,025 %
	Si	0,40 %
10	Mn	0,32 %
	Cr	20,70%
	Fe	el resto

15 La escoria, con un peso total de 690 kg. tenía la siguiente composición en peso:

	Cr ₂ O ₃	7,7 %
	Fe O	2,05 %
	Ca O	26,0 %
20	Mg O	13,08 %
	Si O ₂	49,20%
	Al ₂ O ₃	2,07 %

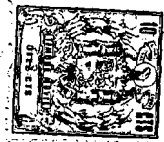
Esta escoria fluía fácilmente.

25 Ejemplo 4: La escoria flotante sobre el baño metálico del ejemplo 3, posee, al fin de la operación, una composición muy próxima a la de un mineral de cromo.

Se ha repetido la operación del ejemplo 3 reemplazando la introducción de ferro cromo carburado en la carga por mineral de cromo rico.

30 La reducción se efectúa de la misma manera, por la misma

312230



operación de silicotermia que en el ejemplo 3.

Ejemplo 5: En la instalación según el invento se han cargado 400 kg. de chatarra de acero dulce ordinario, 800 kg. de mineral de cromo (Cr₂O₃ 57%) y 170 kg. de grafito. La regulación del quemador era la misma que en el ejemplo 1.

El horno ha sido puesto en rotación, y después ha sido abierto al cabo de una hora y cuarto. Se ha comprobado la existencia de un baño fundido con un contenido en cromo de 1,2% aproximadamente, y un contenido en carbono de 5,5%. Por encima del baño existían gránulos de mineral de cromo no fundido. La temperatura del baño era entonces de 1720°C.

Se han cargado entonces en el horno 50 kg. suplementarios de grafito para permitir a la temperatura llegar a 1850°C.

El afino del baño se ha conducido finalmente por transferencia de oxígeno entre la llama y el baño. Este afino se puede efectuar también por inyección de oxígeno en el baño.

Veinte minutos después del comienzo de la transferencia de oxígeno entre la llama y el baño, éste último tenía un contenido en carbono de aproximadamente 0,10% y un contenido en cromo de 6%.

Una adición de 350 kg. de chatarra de acero extradulce, o de polvo de hierro, permitía seguidamente rebajar el contenido en carbono a 0,04%, continuando el horno siendo caldeado por la llama y girando. El contenido en cromo pasó entonces a 2,5% aproximadamente.

Se interrumpió entonces el caldeo y se enhornó rápidamente una mezcla, en granos, de cal y de ferrosilicio al 98% que contenía 150 kg. de cal y 150 kg. de silicio. Entonces el horno fué vuelto a cerrar y recobró su movimiento de oscilación que conservó hasta la colada, 40 minutos mas tarde. En este momento

312230

la temperatura había vuelto a descender a 1600°C.

El metal colado tenía, en peso, la composición siguiente:

	C	0,04 %
5	Si	0,40 %
	Cr	20,00 %
	Fe	el resto

La escoria, 1200 kg., tenía en peso la composición siguiente:

10	Cr ₂ O ₃	8,02 %
	Fe O	3,05 %
	Ca O	20,98 %
	Mg O	19,03 %
15	Si O ₂	36,97 %
	Al ₂ O ₃	11,95 %

La escoria era fluida y fluía rápidamente.

Ejemplo 6: Se ha producido fundición especular en la instalación según el invento. La operación se ha conducido de la manera siguiente:

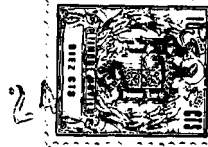
El horno ha recibido una carga de 250 kg. de mineral rico en manganeso (al 54% de manganeso), de 850 kg. de chatarra de acero extradulce, de 50 kg. de cal y de 210 kg. de granos de coque o de polvo de coque.

25 El horno ha sido puesto en rotación con una llama cuya parte más caliente tenía una temperatura del orden de 2.250°C.

El horno ha sido abierto al cabo de una hora y media, y el metal y la escoria, líquidas, han sido coladas.

30 El metal, con un peso de aproximadamente 1000 Kg. tenía la composición siguiente:

312230



Mn	12%
C	6%
Fe	el resto

5

Ejemplo 7: Se ha producido ferro-manganeso refinado de la manera siguiente:

El horno rotativo ha sido cargado con 1500 kg. de mineral de manganeso al 54% y con 250 kg. de cal viva. Se han añadido 300 kg. de granos de coque.

10

El horno ha sido puesto en marcha y abierto después al cabo de 2 horas. La temperatura del baño era de 1850°C.

15

El contenido en carbono ha sido rebajado entonces por transferencia directa de oxígeno a partir de la llama y después el horno ha sido abierto al cabo de 30 minutos. Entonces el carbono ha sido dosificado y se ha proseguido la insuflación de oxígeno durante algunos minutos. En este momento la temperatura del horno llegaba a 1850°C y el contenido en carbono del metal era 1%.

20

Seguidamente se añadieron 50 kg. de ferro-silicio al 75% 80 kg. de cal y 50 kg. de mineral de manganeso, y se condujo la operación de silicotermia como para el tratamiento de mineral de cromo descrito en los ejemplos precedentes.

El metal producido, con un peso de aproximadamente 1000 kg. tenía la composición siguiente en peso:

25

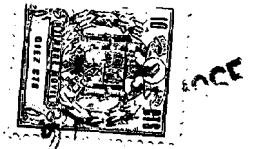
Mn	78 %
C	0,9%
Fe	el resto

30

Ejemplo 8: Se ha producido acero Hadfield en la instalación según el invento.

El horno rotativo ha sido cargado con 260 kg. de mineral

312230



de manganeso, con 850 kg. de chatarra de acero dulce, con 210 kg. de grafito y con 100 kg. de cal, y despues el horno ha sido puesto en marcha.

5 Al cabo de una hora y media, el horno ha sido abierto, despues de lo cual la adaptación del metal obtenido a la composición final deseada se ha efectuado por insuflación de oxígeno.

El metal obtenido con un peso de 1000 kg. aproximadamente, tenía la composición siguiente en peso:

10	Mn	13 %
	C	1,3%
	Fe	el resto

15 Ejemplo 9: Se ha utilizado la instalación segun el invento para producir aceros inoxidable al cromo-niquel por reducción directa de minerales silicatados de niquel.

El horno ha sido cargado con 400 kg. de chatarra de acero dulce, 800 kg. de mineral de cromo muy rico (57% de Cr₂O₃) y 600 kg. de mineral de silicato de niquel que contenía 3,20% del total del niquel y del cobalto.

20 A la carga se han añadido 220 kg. de grafito.

El horno ha sido puesto en marcha y abierto despues al cabo de 1 hora 40 minutos.

En este punto, el metal tenía la composición en peso siguiente:

25	C	5,02 %
	Cr	10,03 %
	Ni + Co	4,00 %

30 La escoria estaba parcialmente fundida y la temperatura del baño era de 1800°C.

312230



La descarburación del metal se ha conducido por insuflación de oxígeno hasta un contenido en carbono de aproximadamente 0,10%.

5 Seguidamente, una adición de 350 kg. de polvo de hierro, ha permitido reducir el contenido en carbono a 0,04 %.

El metal obtenido ha sido sometido entonces a una operación de silicotermia análoga a la descrita en el ejemplo 5.

El acero producido, con un peso de 1100 kg., tenía la composición siguiente:

10	C	0,04 %
	Cr	18,00%
	Ni	1,6 %
	Fe	el resto

15 Se ha aportado al crisol un complemento de níquel mediante un ferro-níquel.

La escoria era fluida, en cantidad considerable.

Se han podido obtener aceros de construcción al cromo-níquel por el procedimiento que se acaba de describir.

20 Ejemplo 10: Se ha utilizado la instalación según el invento para reducir óxido de cinc.

Esta reducción es particularmente difícil por los procedimientos habituales ya que el zinc tiene tendencia a oxidarse de nuevo desde el final de la reducción, siendo generalmente su temperatura de producción demasiado baja. Gracias al invento, 25 la reducción efectuada a alta temperatura permite una obtención del metal con un rendimiento muy elevado.

1000 kg. de un aglomerado de óxido de cinc procedente de la tostación de blenda han sido cargados en el horno con 210 kg. 30 de polvo de coque y 300 kg. de chatarra. Hay que hacer notar que



la adición de chatarra no es indispensable y se puede evitar.

La regulación de la llama se ha efectuado para tener una temperatura de la parte mas caliente de la llama del orden de 2.300°C, y una llama mas oxidante que en los ejemplos precedentes.

5

Se ha abierto el horno al cabo de una hora y media.

Los analisis del metal y de la escoria indicaron que el oxido de zinc habia sido enteramente reducido. El zinc, muy volátil, ha sido recuperado en los humos del horno por el procedimiento clasico. La operación de recuperación del zinc ha sido facilitada por el pequeño volumen de los humos producidos y el contenido elevado en zinc de estos humos. El rendimiento de la operación ha sido del orden de 90%.

10

El horno, que se ha descrito con referencia a las figuras 1 y 3 y el descrito con referencia a las figuras 4 y 5, se pueden utilizar igualmente para el tratamiento de minerales lateríticos complejos para la producción directa de aceros aleados, y entre otros de aceros de construcción y de aceros inoxidable.

15

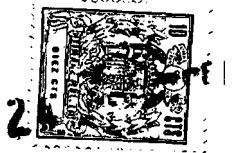
Existen en el mundo yacimientos muy importantes de lateritas cromíferas y níquelíferas que provienen de la alteración de rocas ultrabásicas, peridotitas o dunitas, tales como en particular, los yacimientos de Nueva Caledonia, los yacimientos de las Filipinas, de Indonesia, de Conakry en Guinea, de la República Dominicana, de Jamaica, de Cuba y de Madagascar. Finalmente, los yacimientos griegos en los que la laterita es fósil.

20

Estas lateritas constituyen un grupo de minerales bastante homogéneo, cuyos yacimientos tienen la estructura siguiente; debajo de una capa roja de alteración superficial que contiene hierro y cromo, existe una capa inferior formada por óxidos de hierro, de cromo y de níquel y por una ganga en proporción frecuen-

30

312230



temente pequeña, constituida principalmente por alumina. Estos minerales son ademas generalmente pulverulentos y muy húmedos.

En numerosos casos, las capas son considerables, regulares y con un grado pequeño de recubrimiento. Muchas están, además, en proximidad inmediata del mar y los minerales que provienen de ellas son fácilmente transportables y sin gastos excesivos.

A pesar de estas características muy favorables, estos minerales son poco utilizados ya que son impropios tanto para la producción de aceros corrientes, a causa de su contenido en cromo y en níquel, como para la producción de ferro-aleaciones corrientes a causa de su contenido en hierro.

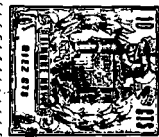
Estos minerales se pueden utilizar para la producción de acero y en particular de aceros aleados de construcción y de aceros inoxidable.

El interes del horno rotatorio según el invento que utiliza como fuente de energia la combustión con oxigeno puro o con aire fuertemente sobre-oxigenado, de un combustible gaseoso o líquido, al mismo tiempo que la del óxido de carbono desprendido por la reducción de los minerales, es el de permitir:

-alcanzar las muy altas temperaturas necesarias para la reducción de los óxidos de cromo con un rendimiento conveniente;

-transmitir el calor engendrado por la combustión en buenas condiciones de rendimiento utilizando las paredes del horno como agente intermediario de transmisión, estando estas paredes ademas enfriadas por el baño y pudiendo por lo tanto resistir convenientemente a la radiación de la llama;

-separar la atmosfera oxidante de las llamas necesarias para la obtención de altas temperaturas, del medio reductor cons-



tituido por el baño y la capa de escoria y de minerales en reacción.

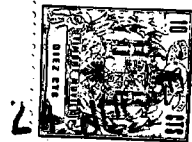
5 El aparato según el invento hace posible la reducción simultánea de los óxidos de hierro, de cromo y de níquel contenidos en las lateritas mencionadas; permite pues valorizarlas en condiciones ventajosas con operaciones de producción directa de aceros aleados.

10 El horno rotativo puede ser adaptado fácilmente para la utilización de combustibles líquidos reemplazando el convertidor de gas natural por un quemador de oxígeno y combustible, y por ejemplo por el quemador toroidal descrito en la revista Steel Times del 22 de Mayo de 1964, pag. 684. Los caudales de los quemadores de oxígeno-combustible están adaptados a la dimensión del horno de tratamiento. Por ejemplo, para un horno de 3,10 m. 15 de largo y 1,6 m. de diámetro exterior, el quemador está dimensionado para una producción máxima de 8.000 termias por hora.

20 El mineral laterítico es cargado después de haber sido secado y cribado hasta una dimensión conveniente (0,1 a 20 mm. de diámetro). Si las proporciones de los contenidos en cromo o en níquel, por una parte, y en hierro por la otra, son insuficientes, en las lateritas propiamente dichas, se añaden minerales oxidados de cromo y de níquel a los productos lateríticos, así como níquel bajo forma de metal o de ferro-níquel; igualmente, la carga puede comprender chatarras al cromo o al cromo-níquel, 25 adiciones de óxido de molibdeno, de óxido de columbio y de minerales ricos de manganeso.

La carga se introduce:

30 - bien en un aparato de caldeo previo y de pre-reducción en fase sólida, acoplado al horno y que utiliza los humos del horno en su totalidad o en parte como agente de caldeo y de re-



ducción. Este aparato puede ser del tipo clasico, horno rotativo, horno de cuba, o fluidificador de una o varias etapas. Puede servir ademas para el secado de la carga;

- bien directamente en el horno.

5 La carga tiene lugar en una sola vez en varias veces o, tambien, en forma continua. Esta segunda tecnica es util en el caso de tratamiento de caldeo previo. En este caso, el mineral precalentado y el combustible son añadidos al baño de manera tal que el regimen de temperatura alcanzado sea mantenido constante.

10 te.

La carga se ejecuta, por una puerta lateral en el caso del procedimiento discontinuo, o por el extremo del horno opuesto al quemador, en el caso del procedimiento continuo.

El agente reductor utilizado es carbono sólido de dimensiones comprendidas entre 0,5 y 10 mm. tal como está disponible bajo las formas comerciales usuales: carbon preferentemente antracitoso, polvo de coque, grafito, coque de petróleo, eventualmente residuos de negro de humo que provienen de las operaciones de fabricación de acetileno. Cuando se buscan aceros aleados muy puros, se recomienda la utilización de grafito.

15

20

Al fin del primer periodo de la operación, que será designado seguidamente bajo el nombre de carbotermia, puede ser ventajoso añadir carburo de calcio en trozos, a fin de completar la reducción de los óxidos de cromo y obtener una escoria de buena fluidez.

25

Otros agentes reductores - ferroaleaciones y aluminio - se utilizan durante el periodo de tratamiento bajo escoria reductora previsto para determinados productos.

El reductor es mezclado con el mineral antes de la carga en el aparato de reducción y de fusión; esta mezcla puede tener

30



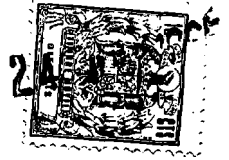
lugar antes de la etapa de pre-caldeo cuando el combustible es poco reactivo, o despues.

5 Cuando el funcionamiento es discontinuo; la carga compuesta de mineral y de reductor en proporciones convenientes es introducida en una o varias veces en el horno previamente caldeado y lleado a una temperatura interior al menos de 1000°C.

10 El horno es seguidamente puesto en rotación a una velocidad que se eleva progresivamente y llega normalmente a 10 vueltas por minuto en los hornos rotativos y a 3 semi-vueltas por minuto en los hornos oscilantes. Simultaneamente, el combustible y el comburente (aire fuertemente sobreoxigenado u oxigeno puro) son admitidos; la regulación de su proporción depende de la naturaleza de los productos introducidos con las lateritas.

15 Se calcula para obtener una temperatura de llama todo lo fuerte posible, sin traspaso excesivo de oxigeno a la carga y sin combustión excesiva del carbono sólido introducido con el mineral.

20 La operación comienza por una reducción de los óxidos de níquel, de hierro y de cromo con ayuda de carbono de la carga. Esta reducción es continuada en las cargas discontinuas hasta que la temperatura llega a 1900°C-1930°C. A estas temperaturas, el baño está carburado muy fuertemente y tiene encima una capa de escoria sobre la que reposa el agente reductor sólido. Según la naturaleza de los minerales, la escoria puede estar completamente o imperfectamente fundida, incluso a estos niveles
25 de temperaturas. En el caso de carga en continuo, la operación es conducida primeramente a un nivel de temperatura constante relativamente elevado. Este nivel llega a 1700°C en el caso de una mezcla de minerales ricos en cromo de ganga alumini-magnesi-
30 siana del tipo de los minerales sovieticos vendidos en Europa



Occidental y de lateritas con ganga aluminosa; la carga permanece en efecto al estado pulverulento hasta estos niveles.

5 Seguidamente, se interrumpe la adición de la carga, manteniéndose la carga de carbono. La temperatura sube hasta 1900-1930°C. La escoria resulta fluida y los oxidos de cromo son reducidos suficientemente para que la escoria puede ser sangrada.

10 La operación está seguida por un periodo de afino, es decir de reducción del contenido en carbono. El afino se conduce, por una parte, aumentando mas o menos fuertemente la proporción de oxigeno en la mezcla combustible y, por otra parte, al fin de la operación bien por inyección directa sobre el baño por intermedio de una lanza de fuerte impulsión colocada, bien en el aparato denominado convertidor y orientada hacia abajo o
15 introducida por la puerta en dirección del baño. La rotación del horno se utiliza para controlar la homogeneidad del baño después de la insuflación:

El afino es interrumpido al nivel deseado en carbono.

20 La adición de minerales de cromo ricos al comienzo de la operación se ha calculado para obtener directamente un contenido en cromo correcto al fin del afino cuando el contenido en carbono ha alcanzado el nivel deseado.

25 Cuando el acero es un acero con muy bajo contenido en carbono, el afino está seguido en el horno por una operación de metalotermia tal como una silicotermia o aluminotermia. Esta operación es conducida con un horno cerrado y en ausencia de llama.

30 Está precedida, en el caso en que la escoria de fin de carbotermia ha sido retirada, por una adición de cal en pedazos.



El muy alto nivel de temperatura alcanzado antes de, y durante la metalotermia permite la adición de cantidades notables de chatarras utilizadas como agente de enfriamiento y, si es preciso, como agente de dilución suplementario del carbono. Como agente de dilución se puede utilizar un hierro muy puro o un polvo de hierro fuertemente reducido.

Igualmente, se puede incorporar una proporción importante de chatarras de aceros inoxidable al cromo o al cromo-niquel.

En esta etapa, los productos introducidos, metal reductor, chatarras y cal, son secados previamente con cuidado. La metalotermia se puede practicar también por inyección simultánea de cal, de fundente, y de metal reductor en polvo, tal como es corriente en la práctica.

Si el producto buscado es un acero inoxidable de alta pureza, el agente de metalotermia se escoge con cuidado: puede ser silicio reducido al 96% o aluminio de primera fusión. Igualmente, el agente de dilución es hierro puro procedente de un mineral sin nueva fusión intermedia.

Una vez terminada la silicotermia, el metal es colado en crisol con sus adiciones requeridas; la insuflación de oxígeno al fin del periodo de afinado y los cuidados aportados al secado de las adiciones durante el periodo de reducción de la escoria permiten limitar el contenido en hidrógeno a niveles muy pequeños; el metal obtenido merma o rechupa correctamente en la lingotera.

La figura 4 muestra el horno en una de cuyas extremidades está situado el convertidor 8 de gas natural. Este convertidor desemboca en el horno por un orificio 25. Lleva una conducción de oxígeno 9 dirigida hacia la parte superior de la pared del horno 1.

312230



El convertidor lleva igualmente una conducción 28 que permite insuflar oxígeno sobre el baño en el momento del afinamiento.

5 Una tercera conducción de oxígeno 29 que envía dentro del horno 1 un chorro horizontal de oxígeno permite desviar, a voluntad, la llama hacia una parte de la guarnición del horno más próxima al nivel del baño.

10 En el extremo del horno opuesto al convertidor, la instalación lleva una conducción de oxígeno 27 que envía un chorro de oxígeno bajo la llama y que quema el óxido de carbono que se desprende del baño.

15 Finalmente, en el mismo extremo del horno se puede instalar una conducción 30 de introducción en continuo de la carga en el horno. Esta conducción 30 puede estar alimentada por un fluidificador 31 de la carga bajo forma pulverulenta, permitiendo la fluidificación una circulación fácil de los productos pulverulentos hacia el horno. La conducción 30 puede estar refrigerada por una circulación de aire.

20 Se va a describir ahora el invento con detalles de realización del procedimiento de minerales lateríticos.

Ejemplo 11: Elaboración de aceros inoxidables al molibdeno denominados aceros 18-8 (normas AFNOR 26 CND 18-10-3 y 23 CND 18-10-3; normas AISI 316 y 316 L)

25 Esta elaboración se ha llevado a cabo en un pequeño horno piloto del tipo anteriormente descrito. Sus dimensiones son las siguientes:

Diametro: 1,20 m.

Longitud: entre junta rotativa y chimenea: 4 m.

30 El horno está guarnecido de magnesia en forma de ladrillos. Está provisto de una puerta lateral de carga. La aporta-



ción de energía calorífica se efectúa conforme al invento; el combustible utilizado es gas natural de Lacq purificado con bajo contenido en azufre. El oxígeno es introducido en el horno con ayuda de tres lanzas, una de ellas la 9, cuyo chorro está dirigido hacia la parte alta del horno, la segunda 28 cuyo chorro, de muy alta impulsión, está dirigido hacia el baño y la tercera 29, cuyo chorro es horizontal.

Por otra parte, se introduce oxígeno, en el lado de la chimenea, por la lanza 27.

10 El horno posee dos movimientos:

- un movimiento alternativo cuya velocidad puede llegar a tres semi-vueltas por minuto;

- la otra, continua, cuya velocidad puede llegar a diez vueltas por minuto.

15 La operación descrita es del tipo de carga y descarga discontinua. No obstante, se podría conducir en continuo con un secado y un precaldeo de la carga en un horno rotativo o en el aparato de fluidificación 31 de dos o varias etapas.

La carga comprende, por tonelada de acero producido:

20 -1500 kg. de lateritas secadas de Surigao (Filipinas) cuyo contenido en níquel es de 1,6%, el contenido en cromo de 4% y el contenido en hierro de 47%.

-400 kg. de mineral de cromo soviético que contiene 56% de Cr_2O_3 .

25 -23 kg. de molibdeno bajo forma de óxidos,

-90 kg. de níquel bajo forma de óxidos,

-500 kg. de carbono al estado de grafito,

-60 kg. de cal viva,

-15 kg. de mineral de manganeso rico.

30 Se comienza la insuflación de oxígeno y de metano, en la



proporción de 2,18 m³ de oxígeno por m³ de metano. Solo funciona entonces el chorro 9 de oxígeno del convertidor dirigido hacia arriba y el de contra-corriente 27. El caudal de metano llega a 150 m³ normales por hora.

5 Al cabo de 1 hora 30 minutos, se cargan 100 kg. de carburo de calcio, alcanzando entonces la temperatura los 1750°C. Al cabo de 2 horas 30 minutos, la temperatura llegó a 1920°C para obtener una reducción todo lo completa posible de la escoria.

10 La escoria es entonces fluida. Es parcialmente sangrada. El análisis del metal es entonces el siguiente:

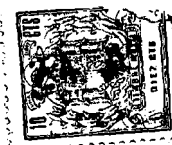
carbono 7,2%, cromo 18%, níquel 11,2%, molibdeno 2,1%, hierro el resto.

15 Seguidamente se conduce la operación de afino, primeramente en presencia de la llama de metano y de oxígeno. Cuando el contenido en carbono ha bajado a 2%, el quemador de metano es interrumpido y solo se mantiene el chorro de oxígeno dirigido hacia el baño.

20 Para los aceros 23 CN 18-10 (cuyos análisis se dan seguidamente) se introduce una lanza de oxígeno por la puerta y se dirige hacia el baño al fin de la operación, y el afino se termina con un contenido en carbono de 0,079% para la calidad 26 CND 18-10-3, y de 0,030% para la calidad 23 CND 18-10-3. Los contenidos en cromo son de 14% en el primer caso y de 8% en el segundo. La temperatura pasa de 1900°C.

25 Se interrumpe entonces la insuflación, mientras se mantiene el horno en rotación alternativa durante algunas vueltas a fin de asegurar la homogeneidad del metal.

30 Entonces comienza el periodo de silicotermia. Se efectúa con ferro-silicio al 75% de silicio.



El baño es enfriado hasta 1600°C por adiciones de polvo de hierro producido por reducción, con hidrógeno, de minerales ricos y totalmente desprovistos de carbono. Estas adiciones permiten disminuir el contenido en carbono a 0,06% en el primer caso y a 0,025% en el segundo caso.

El metal es colado entonces en crisol. Su composición química responde al análisis:

	<u>26 CND 18-10-3:</u>	<u>23 CND 18-10-3:</u>
10	C.....0,06 %	C.....0,025 %
	Si.....0,25%	Si.....0,30 %
	Mn.....0,7 %	Mn.....0,7 %
	S.....0,010%	S.....0,010 %
	P.....0,010%	P.....0,010 %
15	Cr.....18%	Cr.....18 %
	Ni.....11%	Ni.....11 %
	Mo.....2,2%	Mo.....2,2 %
	N.....0,001%	N.....0,001 %
	H.....0,0002%	H.....0,002 %
20	Cu, Sn: indosificables	Cu, Sn: indosificables
	Fe..... el resto	Fe..... el resto

El rendimiento del cromo ha alcanzado el 85%.

Ejemplo 12: Elaboración de acero de construcción al níquel -cromo con 1,4% de níquel del tipo definido por las normas AFNOR 35 NC 6.

La laterita utilizada en este caso proviene del yacimiento de Conakry en Guinea (capa C). Está caracterizada por los análisis siguientes sobre producto seco:

30 Fe 54% - Cr 1,1% - Ni 0,78%,



y se puede utilizar directamente sin adiciones.

El horno es un horno piloto con guarnición magnesiana, alimentado en forma discontinua. Sus dimensiones son las siguientes: diámetro interior: 1,70 m. longitud: 3,40 m.

5 La carga comprende:

-4,1 tn. de mineral de Conakry secado y puesto en forma de bolitas

-950 kg. de carbono bajo forma, bien de antracita, bien de grafito,

10 -40 kg. de mineral de manganeso rico.

-Una adición de cal, a fin de obtener una escoria bien fundida y desulfurante. La adición de cal es pequeña cuando se utiliza el grafito como agente reductor.

15 El horno es caldeado con metano. Ha sido provisto de medios de inyección de oxígeno, tal como se describe en el ejemplo 1, es decir:

-una inyección de oxígeno primario en el aparato denominado convertidor;

20 -una inyección de oxígeno por tres lanzas que pueden estar alimentadas o no, y cuyos chorros estan dirigidos hacia arriba, hacia el baño u horizontalmente;

-una inyección de oxígeno a contracorriente por una lanza 27 que atraviesa la chimenea y que penetra en el horno.

25

La carga es pre-calentada primeramente en el horno por contacto con una llama que proviene de la combustión del metano con aire. Un quemador correspondiente, de tipo usual, sustituye al convertidor durante este periodo de precaldeo cuya duración es de 75 minutos. La carga alcanza entonces la temperatura de

30



1000°C. El óxido hematitas Fe_2O_3 ha sido reducido enteramente al estado de Fe_3O_4 , y el óxido magnético Fe_3O_4 parcialmente reducido al estado de FeO . Este precaldeo somero puede ser reemplazado ventajosamente por un pre-caldeo en fluidificación o en un horno rotativo.

En una segunda fase, el convertidor es enlazado con el horno y comienza la etapa de reducción propiamente dicha. Dura aproximadamente 1 hora 30 minutos. Los caudales de metano y de oxígeno se regulan para mantener una relación de las presiones parciales $\frac{CO_2}{CO + CO_2}$ todo lo elevada posible y al menos de 80%. Para ésto, se modifican en el curso de la operación las regulaciones de los caudales de las diferentes lanzas de oxígeno, la del metano y la de la velocidad del horno.

Durante 20 minutos, es ventajoso insuflar el metano al ritmo de 200 m³ normales hora y el oxígeno al ritmo de 580 m³ normales. Solo funcionan la lanza 9 que mantiene el chorro hacia lo alto y la lanza a contracorriente 27. Seguidamente el caudal de metano es reducido a un nivel pequeño del orden de 40 m³ normales hora y el oxígeno vé llegar su caudal a los 400 m³ normales hora.

1 hora 10 minutos mas tarde el metal está fundido; tiene la composición siguiente:

C 3,6% -Ni 1,42% -Cr 1,9% -Mn 1% - Fe el resto

El afino se conduce haciendo funcionar la lanza 28 cuyo chorro está dirigido hacia el baño. Se mantiene una ligera cantidad de metano hasta 10 minutos antes del fin de la operación así como el chorro de oxígeno, por la lanza a contracorriente 27.

312230



El descenso del contenido en carbono es seguido con un analizador rápido.

5 El chorro de oxígeno 28 de la parte superior es moderado al fin de la descarburación, para controlar el contenido alcanzado en carbono.

El afino dura 30 minutos. La temperatura al fin del afino alcanza los 1660°C. El metal obtenido es dejado en espera algunos minutos, despues es colado y calmado en crisol. Su peso es de 2100 kg. Tiene el análisis siguiente:

10

C 0,35 %

Ni..... 1,4 %

Cr..... 1,0 %

Mn..... 0,75 %

15

S..... \angle 0,001 % (con empleo de grafito)

P..... \angle 0,020 %

Cu, Sn vestigios

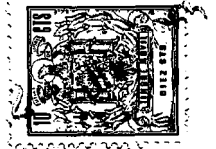
20

25

Los ejemplos 11 y 12 que anteceden conciernen a la reducción de minerales lateríticos, pero el invento concierne igualmente a la utilización del procedimiento anteriormente descrito para la producción de acero con 13% de cromo y 2% de carbono para trabajo en frio designado por la norma AFNOR Z 200 C 13 y los aceros derivados AFNOR Z 190 C D 12-1 ó ASM 11C, 11D2 y 11D3 por ejemplo, directamente a partir de una mezcla de minerales de cromo y de productos-minerales, polvos, chatarras, portadores de hierro.

30

El mineral de cromo, escogido todo lo rico posible, es cargado en un horno del tipo anteriormente descrito. El mineral de cromo ha sido mezclado previamente con un mineral de hierro a su vez pobre en ganga y en fosforo, y con polvo de hierro



que proviene de la reducción por gas y en medio sólido de un mineral de hierro o con chatarra todo lo pura posible.

5 La carga es mezclada con un agente reductor sólido como el grafito o un carbón magro o polvo de coque, después es en- hornada bien en una sola vez o en varias veces por la puerta lateral del horno, bien en continuo por el extremo del lado de la chimenea del aparato. Puede haber sido previamente pre- calentada o prereducida.

10 La granulometría de la carga es controlada para evitar un arrastre demasiado importante de productos acabados por los humos y una duración demasiado larga de la reducción de los productos mas gruesos.

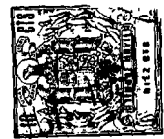
Practicamente se recomienda tener el 90% de la carga de minerales dentro de la porción granulométrica de 0,1-20 mm.

15 El caldeo está asegurado por la combustión del gas natural con oxígeno y la regulación de las proporciones de metano y de oxígeno se efectúa para obtener en el horno una temperatura todo lo elevada posible y para limitar el traspaso de oxígeno hacia el baño y la combustión de una cantidad demasiado
20 grande de combustible sólido.

En las operaciones discontinuas, la temperatura de la carga aumenta progresivamente; la reducción de los óxidos de cromo por el carbono se ceba desde 1400°C.

25 Una particularidad importante de la operación obtenida cuando los minerales de cromo son ricos y de ganga principal- mente alumino-magnésiana, es que los granos de mineral permanecen al estado sólido hasta temperaturas elevadas, sin que aparezcan fenómenos de aglomeración o de paso por el estado pastoso. El baño de metal tiene encima pues una masa sólida
30 en reacción que comprende granos de mineral y granos de carbono.

312230



Al fin de la operación, se añade una cierta cantidad de carburo de calcio a fin de completar la reducción de los óxidos de cromo.

5 La temperatura puede aumentar mas allá de 1900°C con este tipo de horno y para minerales cuya ganga es conveniente, en particular no demasiado rica en sílice. Este hecho constituye la razón esencial del éxito de la operación. Los óxidos de cromo son reducidos entonces muy completamente y la escoria es fluida. Es parcialmente sangrada. El metal está fuertemente carburado.

10 Esta etapa de reducción está seguida por un período de afinado con oxígeno.

15 A este efecto se modifican la dirección y la impulsión del chorro de oxígeno y la lanza 28 es utilizada de forma que los gases entren en contacto directo y violento con el baño. 15 a 20 minutos antes del fin de la operación, se corta la alimentación de metano y se conduce la descarburación con el chorro de oxígeno de la parte superior 28 solo: el horno es movido entonces a la velocidad máxima de rotación, o sea 10 20 vueltas por minuto. El descenso en contenido en carbono es seguido con ayuda de un analizador rápido; es controlado por perifericos de homogeneización durante los cuales el horno es mantenido en rotación, cortándose el oxígeno.

25 El afinado es interrumpido para contenidos en carbono próximos al máximo del límite impuesto. La temperatura del horno es todavía muy elevada y la reserva de entalpia correspondiente se utiliza para permitir si es necesario, ligeras correcciones en carbono con ayuda de chatarras poco carburadas o de polvo de hierro, la fusión nueva de recortes de aceros de la 30 calidad buscada, y adiciones de ferro-silicio y de cal.



Todas estas adiciones han sido previamente secadas cuidadosamente.

El metal es colado en crisol y la escoria final en una cuba colocada bajo el horno a este efecto; el metal merma convenientemente en lingoteras.

Ejemplo 13: El horno utilizado es un pequeño horno piloto con guarnición magnesiada del tipo anteriormente descrito cuyas dimensiones son las siguientes:

diámetro: 1,20 m:

longitud, entre juntas rotativas y chimenea: 4 m.

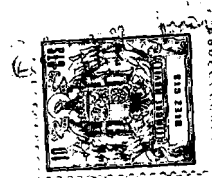
El horno está provisto de una puerta lateral de carga. Se efectúa la aportación de energía calorífica, siendo el combustible utilizado gas natural de Lacq purificado con bajo contenido en azufre.

El oxígeno es introducido en el convertidor, por el orificio de este convertidor en dirección al horno con ayuda de las dos lanzas, una de ellas, la 9 cuyo chorro está dirigido hacia lo alto del horno, y la otra 28 cuyo chorro de muy fuerte impulsión, está dirigido hacia el baño, y en el orificio del horno en el lado de la chimenea y en contracorriente con el movimiento del metano y del oxígeno primario, por la lanza 27.

El horno posee dos movimientos:

- un movimiento alternativo cuya velocidad puede llegar a 3 semi-vueltas por minuto,
- un movimiento continuo cuya velocidad puede llegar a 10 vueltas por minuto.

La operación descrita seguidamente es del tipo discontinuo con carga por la puerta.



La carga comprende:

1.- 550 kg. de mineral de cromo soviético cuya composición es la siguiente sobre producto seco:

5	Cr_2O_3	56,5 %
	Oxido de hierro.....	14,5 %
	SiO_2	6 %
	Al_2O_3	10 %
	MgO	2,5%
10	MnO	0,3%
	CaO	0,2%

2- 1000 kg. de polvo de hierro procedente de la reducción con hidrógeno de un mineral rico, cuya composición es la siguiente:

15	hierro metal	85%
	hierro oxidado	10,5%
	oxígeno	3%
	alúmina, sílice	1,5%

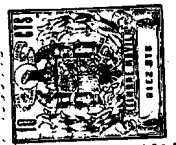
3- 450 kg. de grafito en granos de 0,5 a 20 mm.

Entonces el horno es encendido; se admite oxígeno en el convertidor y con la lanza es dirigido hacia lo alto del horno.

La proporción de oxígeno con relación al metano es de 2,18. El caudal de metano es de 145 m^3 normales hora.

25 El horno es abierto al cabo de 90 minutos a fin de permitir la adición de 50 kg. suplementarios de grafito y de 100 kg. de carburo de calcio en pedazos.

30 Al cabo de 120 minutos el baño aparece teniendo encima una capa de granos de minerales no aglomerados y de granos de grafito.



Al cabo de 180 minutos la temperatura de las paredes ha llegado a 1920°C.

El metal tiene la composición siguiente:

- 5 C..... 7 %
- Cr.....14,5%

La escoria es parcialmente sangrada. Tiene el análisis siguiente:

- 10 Cr₂O₃ 10 %
- CaO..... 26 %
- SiO₂..... 13 %
- Al₂O₃..... 19 %
- MgO..... 8 %
- 15 Oxido de hierro 4 %

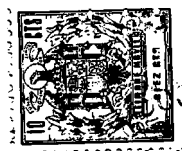
Entonces comienza el afino. Primeramente el metano es mantenido en su caudal inicial pero se aumenta la cantidad de oxígeno insuflado.

El contenido en carbono baja al ritmo de 5 % por hora.

- 20 La llama es cortada al cabo de 30 minutos para un contenido en carbono de 4,5% y el horno es vuelto a poner en rotación durante 30 minutos sin aportación exterior de calor ni de oxígeno. El contenido en carbono baja al nivel de 4%.

- 25 Seguidamente, se reanuda la insuflación de oxígeno solamente, durante 15 minutos, girando el horno a su velocidad máxima. El control del contenido en carbono se efectúa por interrupciones de insuflado y oscilaciones a horno cerrado de algunos minutos.

- 30 La interrupción se efectúa para un contenido en carbono de 2,10%. El baño tiene entonces la composición siguiente:



C..... 2,1 % S..... 0,010 %
 Cr..... 13 % P..... 0,012 %

La temperatura es de 1800°C. Antes de la colada se añaden:

- 5 -3 kg. de silicio al 96%
 -40 kg. de hierro de muy gran pureza que contiene menos de 0,005%
 de carbono.
 -50 kg. de chatarra del tipo Z 200 Cr 13.

10 El horno es vuelto a poner en rotación durante algunos minutos a fin de permitir la fusión de este producto.

El peso de metal colado en lingotera es de 1150 kg.

El análisis final obtenido es el siguiente:

15 C.....2,04 %
 Cr.....12,5 %
 Si..... 0,25 %
 P..... 0,015 %
 S..... 0,010 %
 Mn..... vestigios
 20 Ni..... vestigios

El rendimiento del cromo es de 72%.

Los consumos relativamente importantes de combustibles y de oxígeno provienen de las pequeñas dimensiones del horno piloto.

25 Ejemplo 14: Una cantidad de 150 kg. de chatarra Z 200 C 13 sustituye al polvo de hierro al comienzo de la operación. El peso de mineral de cromo se reduce de 550 kg. a 500 kg. La operación se conduce como en el ejemplo 3:

30 Ejemplo 15: 1000 kg. de mineral rico de Itabira que con-



tiene 67% de hierro sustituyen al polvo de hierro. El peso de mineral de cromo es reducido de 550 a 500 kg. El peso de grafito inicial es aumentado de 450 kg. a 650 kg. Simultáneamente se añaden a la carga 80 kg. de cal.

5 El periodo de reducción se conduce como precedentemente. Es mas largo, aproximadamente de 1 hora.

El afino se conduce con una escoria final mas oxidante para mantener el contenido en fósforo inferior a 0,025%.

El rendimiento del cromo es de 66%.

10 El invento se aplica igualmente al caso en que se busca la producción de aceros aleados y de aceros inoxidable con muy bajo contenido en carbono. Permite acelerar las reacciones de descarburación, cuando la operación de reducción de los minerales por carbotermia está terminado.

15 Cuando la operación de reducción por carbotermia está terminada y comienza el periodo de afino del baño, el horno puede ser puesto en rotación rápida a una velocidad al menos de 25 vueltas por minuto.

Además, es ventajoso, durante este periodo de rotación rápida, dirigir un chorro de oxígeno hacia el baño.

20 En la etapa del afino, no es en efecto ya deseable proteger el carbono contra la atmósfera oxidante de los humos y por el contrario hay que favorecer las reacciones de formación de óxido de carbono en detrimento del oxígeno de la atmósfera del horno y de los óxidos de los productos reducibles de la escoria.

25 Por el hecho del aumento de la velocidad de rotación del horno, se produce un desprendimiento importante de óxido de carbono, contra el cual es posible luchar por formación de gas carbónico gracias por ejemplo a una insuflación de oxígeno por una
30 lanza situada del lado de la salida de los humos.

312230



En estas condiciones, el baño guarda una temperatura muy elevada que puede pasar de 1950°C y las reacciones hacen evolucionar la carga hacia un equilibrio entre, por una parte, el carbono, el oxígeno y el metal de aleación en la fase metálica, y por otra parte, los óxidos y en particular el óxido del metal de aleación en la fase de la escoria.

A los niveles alcanzados de temperatura, este equilibrio corresponde a contenidos muy bajos en carbono de la fase metal sin que este resultado esté acompañado de una oxidación elevada del metal de aleación.

La velocidad de rotación del horno debe ser al menos de 25 vueltas por minuto. Preferentemente esta velocidad es de 30 a 35 vueltas por minuto para los hornos de grandes dimensiones, por ejemplo aquellos en que el diámetro interior es superior a 2,50 m, y esta velocidad puede pasar de 50 vueltas por minuto para los hornos de pequeñas dimensiones, cuyo diámetro interior es del orden de 1,50 metros.

Se van a dar ahora ejemplos para hacer comprender mejor el invento.

Ejemplo 16: Elaboración de aceros inoxidable al molibdeno denominados aceros 18-8 (normas AFNOR 26 CND 18-10-3 y AFNOR 23 CND 18-10-3, ó AISI 316 y 316 L).

La operación de reducción por carbotermia se conduce conforme al ejemplo 11, esta operación es interrumpida a una temperatura de 1920°C.

El afino se efectúa seguidamente en el horno utilizado para la carbotermia con una velocidad de rotación que vá creciendo hasta 40 vueltas por minuto cuando el contenido en carbono ha bajado a 2%.



En este momento un chorro de oxígeno dirigido hacia el baño sustituye al chorro de oxígeno que estaba dirigido hacia la boveda durante la operación de carbotermia.

5 Seguidamente la velocidad de rotación se aumenta hasta 45 vueltas por minuto.

El afino se termina a 1950°C con un rendimiento total en cromo que pasa de 65% antes de cualquier adición de ferro-silicio.

10 La adición de ferro-silicio se limita a un peso correspondiente a 30 kg. de silicio añadido.

El analisis del metal es el mismo que el dado en el ejemplo 11. El rendimiento global en cromo alcanza el 85%.

15 Ejemplo 17: Elaboración de una aleación hierro-manganeso con muy bajo contenido en carbono.

En un horno rotativo del tipo según el invento, se han cargado 300 kg. de mineral de manganeso de Moanda (Gabón) con el siguiente analisis en peso:

	Mn	Total	50,5 %
20	Fe	"	4,8 %
	CaO	"	0,35 %
	SiO ²	"	2,60%
	Al ² O ₃	"	5,4 %
	hidratos (pérdida al fuego)"		15,10 %

25 En el horno se han añadido igualmente 950 kg. de polvo de hierro que provienen de la reducción por hidrógeno de concentrados de hierro de Sierra-Leona, con el siguiente analisis en peso:

30

312230



Fe	Total	92,5 %
O ₂		6 %
SiO ₂		0,2 %
Al ₂ O ₃		0,6 %

5 El reductor utilizado era de 300 kg. de grafito.

Finalmente se han añadido 60 kg. de cal pura calcinada con gas.

La carga ha sido sometida primeramente a una operación reductora de carbotermia tal como se prevé anteriormente, elevándose la temperatura progresivamente hasta 1850°C y girando el
10 horno a 10 vueltas por minuto.

El baño tenia entonces el analisis siguiente en peso:

	Mn	14%	•••••
	C	6 %	•••
15	Fe	el resto	•••••

Entonces el periodo de afino ha comenzado por aceleración de la velocidad de rotación del horno hasta 45 vueltas por minuto y por puesta en servicio de una lanza de oxigeno cuyo chorro estaba dirigido hacia el baño.

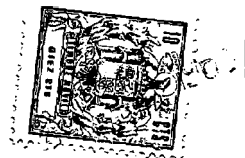
20 El afino ha terminado a 1950°C con un metal que tiene el analisis siguiente en peso:

	Mn	12 %
	C	0,015 %
	S	vestigios
25	P	vestigios
	N	0,001 %
	H	0,00015%

Este metal es muy puro.

Bien entendido, el invento no está limitado por los detalles de los modos de realización de las instalaciones que se han
30

312230



descrito, ni por los detalles de puesta en práctica del procedimiento que se han dado, pudiendo ser éstos modificados sin salirse del marco del invento.

5 Esta solicitud que corresponde a las presentadas en Francia el 30 de Abril de 1964, con el nº P.V. 973.121, 16 de Julio de 1964, con el núm. P.V. 981.930, 21 de Julio de 1964, con el núm. P.V. 982.484 y 25 de Febrero de 1965, con el núm. P.V. 6.961, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

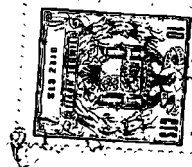
10

- N O T A -

15 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

20 1º.- Una instalación para la reducción de óxidos difíciles de reducir, caracterizada por el hecho de que comprende, en combinación, un horno rotativo de eje de rotación sensiblemente horizontal, estando abierto este horno en sus dos extremos, unos medios, situados en un extremo del horno, de producción de una llama oxidante, cuya parte más caliente está por lo menos a 1900
25 cina de la zona reductora existente en la proximidad del baño metálico, y unos medios de evacuación de los humos en el otro extremo del horno.

30 2º.- Una instalación según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que los medios de producción de una llama oxidante, cuya parte más caliente está por lo menos a 1.900°C,



comprenden un convertidor de gas natural que suministra un gas caliente resultante de la disociación del gas natural, y por lo menos un chorro de oxígeno sensiblemente puro.

5 3º.- Una instalación según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por el hecho de que el convertidor comprende: un quemador de gas natural, cuya llama atraviesa, según su eje, una cámara de alimentación de gas natural, una cámara de disociación en comunicación con la cámara de alimentación y un orificio que desemboca en el horno, dando paso al gas disociado en la proximidad del chorro de oxígeno.

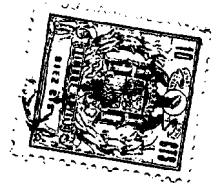
10 4º.- Una instalación según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por el hecho de que la cámara de alimentación de gas natural tiene una forma anular y recibe la corriente de gas natural tangencialmente a su periferia.

15 5º.- Una instalación según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por el hecho de que está dispuesto un Venturi en el eje de la cámara de alimentación de gas natural, entre esta cámara y la cámara de disociación, y el quemador está dispuesto para que su llama penetre en el Venturi después de haber atravesado la cámara de alimentación.

20 6º.- Una instalación según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que está prevista una junta rotativa refrigerada entre el convertidor y el horno.

25 7º.- Una instalación según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizada por el hecho de que el convertidor está soportado por bielas, cuyas partes inferiores están articuladas sobre un carro, estando articuladas las partes superiores de las bielas sobre el convertidor en puntos situados sensiblemente sobre un eje que pasa por el centro de gravedad del convertidor, siendo
30 desplazable el carro paralelamente al plano vertical de simetría

3 2230



del horno.

8º.- Una instalación según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizada por el hecho de que el chorro de oxígeno está inclinado hacia arriba a su entrada en el horno.

5 9º.- Una instalación según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que en el extremo del horno por el cual son evacuados los humos, está dispuesta una lanza de insuflación de oxígeno hacia el interior del horno bajo la llama del quemador.

10 10º.- Una instalación según la reivindicación 1; caracterizada por el hecho de que se mezcla mineral con el reductor sólido antes de su carga en el horno.

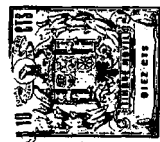
15 11º.- Una instalación según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que el mineral se calienta previamente antes de su introducción en el horno por humos que proceden en parte del horno.

20 12º.- Una instalación según la reivindicación 1; caracterizada por el hecho de que se introduce mineral, después del paso en un fluidificador, por el extremo del horno por el cual se escapan los humos.

13º.- Una instalación según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que el baño metálico es sometido, después del periodo de reducción a un periodo de afino por un chorro de oxígeno dirigido hacia la superficie del baño.

25 14º.- Una instalación según la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que el caldeo se efectúa por un quemador de combustible-oxígeno.

30 15º.- Un procedimiento de reducción de óxidos difíciles de reducir, caracterizado por el hecho de que una carga que comprende óxido a reducir, productos destinados a constituir



la escoria y carbono son introducidos en un horno rotativo de eje sensiblemente horizontal, siendo calentado este horno por una llama situada por encima de la zona reductora situada encima de la carga, siendo la temperatura de la parte más caliente de la llama por lo menos de 1.900°C.

5 16º.- Un procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de que el óxido es escogido entre el grupo constituido por los óxidos de hierro, cromo, manganeso y vanadio.

10 17º.- Un procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de que el óxido es un óxido de cinc y el cinc es recuperado en los humos que escapan del horno.

15 18º.- Un procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de que el mineral utilizado es un mineral laterítico, rico en níquel y/o rico en cromo.

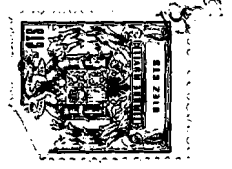
19º.- Un procedimiento según las reivindicaciones 15 a 18, caracterizado por el hecho de que al mineral laterítico se añaden minerales oxidados de cromo y de níquel, y/o níquel y/o ferrocromo, y eventualmente, chatarras al cromo, al cromo-níquel y/o óxidos de molibdeno o de columbio, o minerales ricos en manganeso.

20 20º.- Un procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por el hecho de que cuando ha terminado la operación de reducción por carbotermia, y comienza el periodo de afino del baño, el horno es puesto en rápida rotación, a una velocidad de por lo menos 25 vueltas por minuto.

21º.- Un procedimiento según las reivindicaciones 15 y 20, caracterizado por el hecho de que durante la rotación rápida del horno se dirige un chorro de oxígeno hacia el baño.

30 22º.- Una instalación y un procedimiento para la reduc-

312230



ción de óxidos difíciles de reducir.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y con los fines que se han especificado.

5 Esta Memoria consta de cuarenta y nueve hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

P.A.

24 JUL 1965

Alberto de Ezpeleta
Por Poder.

[Handwritten signature]

312230

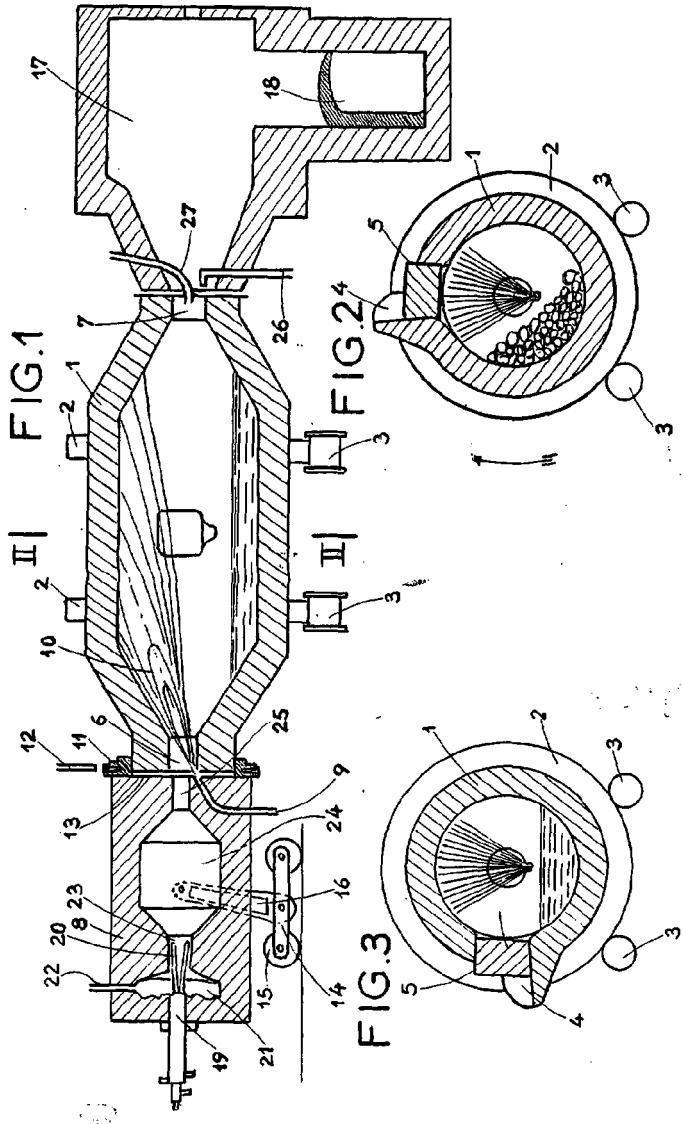


FIG. 1

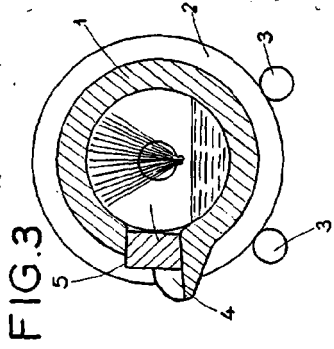


FIG. 2

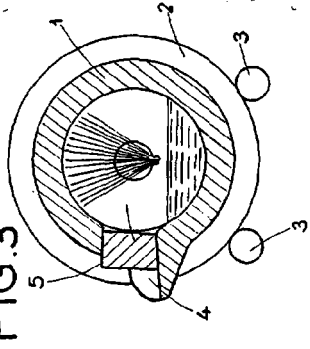


FIG. 3

FIG. 4

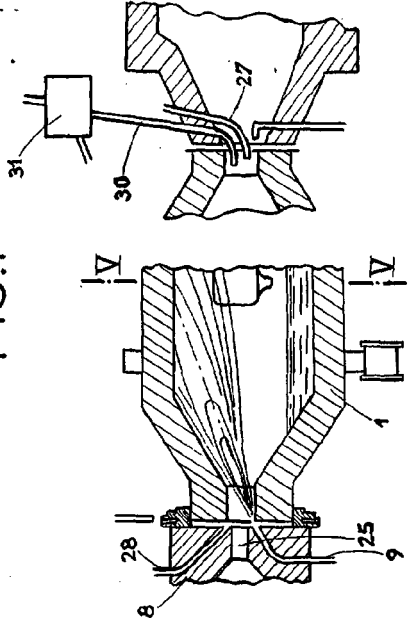
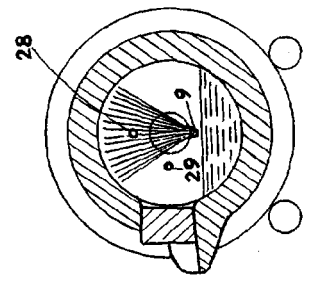


FIG. 5



ALBERTO P. ...