



ESPAÑA

ES (10) (11) (21) (22) NUMERO 447969 (12) A1
FECHA DE PRESENTACION
7 MAYO 1976

PATENTE DE INVENCION



(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
P 25 20 584.9	9-5-1975	Alemania Occ.
P 25 20 868.8	10-5-1975	" "
P 25 20 883.7	10-5-1975	" "
P 25 20 938.5	10-5-1975	" "
P 26 04 140.7	4-2-1976	" "

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL C10J	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
---------------------------------	---	---

(64) TITULO DE LA INVENCION
"PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA GASIFICACION CONTINUA DE SUSTANCIAS SOLIDAS Y LIQUIDAS"

(71) SOLICITANTE (S)
EISENWERK-GESELLSCHAFT mbH MAXIMILIANSHUTTE
DOMICILIO DEL SOLICITANTE
8458 Sulzbach-Rosenberg (República Federal Alemana)
(72) INVENTOR (ES)
Dr. Brotzmann, Dr. Knüppel, Dr. Fassbinder, Sr. Mietzner y Dr. Ambros.
(73) TITULAR (ES)
(74) REPRESENTANTE
D. Alfonso Durán Olivella



PATENTE DE INVENCION

por 20 años

por "PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA GASIFICACION CONTINUA DE SUSTANCIAS SOLIDAS Y LIQUIDAS", a favor de EISENWERK-GESELLSCHAFT mbH MAXIMILIANSHUTTE, de nacionalidad alemana, domiciliada en 8458 Sulzbach-Rosenberg (República Federal Alemana).

=====

MEMORIA DESCRIPTIVA

La presente patente está referida a un procedimiento para la gasificación continua de sustancias sólidas y/o líquidas con contenido de carbono y/o de hidrocarburos en un reactor de baño de hierro fundido, a un
5. dispositivo para la realización del procedimiento y a la utilización de los gases obtenidos.

Es ya conocido un procedimiento en el cual son introducidos por soplado mediante lanzas en el baño de hierro fundido carbón y oxígeno o bases con contenido de
10. oxígeno, para producir un gas de reacción consistente esencialmente en CO y H₂ (memoria de patente estadounidense 3.526.473 y memoria de patente estadounidense 3.533.739). Según este procedimiento, el carbón es aportado en forma



de grano fino al caldo de hierro por debajo de la superficie del baño de hierro fundido a través de una lanza refrigerada por agua que se introduce por arriba en el baño metálico. Al mismo tiempo se introduce en el baño metálico oxígeno y vapor de agua también por debajo de la superficie del baño mediante un segundo dispositivo de lanza. En lo que sigue se tratará con más detalle acerca de las desventajas esenciales de tales dispositivos de lanza.

10. Según el procedimiento ya conocido se aportan al baño de hierro fundido agentes escorificantes, que son preferentemente cal, piedra caliza y dolomita, para producir una escoria absorbidora de azufre. La escoria absorbe el azufre presente en el carbón, con lo cual se produce un gas considerablemente exento de azufre con una composición de aproximadamente el 70 al 80% de CO y aproximadamente del 15 al 25% de H₂.

No obstante, este procedimiento conocido resultó inútil en la práctica. Principalmente hay dos inconvenientes para la aplicación de este procedimiento.

20. Por una parte, las lanzas para la aportación de los elementos reactivos por debajo de la superficie del baño, así como los necesarios dispositivos de desplazamiento y regulación, representan un problema no soluble hasta la fecha. Como es natural, un procedimiento de gasificación puede aplicarse técnicamente en gran escala y ser económicamente interesante tan sólo cuando pueda ponerse en práctica con la necesaria seguridad funcional y de modo continuo durante un período de tiempo relativamente largo. Un reactor de baño de hierro fundi-



do de la clase descrita no ha podido hasta la fecha cumplir este requisito.

No ha sido posible hasta ahora conseguir dispositivos de lanza para un procedimiento de gasificación

5. capaces de funcionar sin problemas durante un período de tiempo de varios días. Mientras que en el procedimiento LD se sopla oxígeno sobre el baño de hierro fundido, en la gasificación de combustibles es necesario que las lanzas estén sumergidas en el baño. En caso contrario,

10. las sustancias con contenido de carbono y/o de hidrocarburos experimentarían diversas reacciones, como por ejemplo procesos de craqueo, como consecuencia de lo cual se produciría una no deseable formación de negro de humo.

En los reactores de baño de hierro fundido de gran capacidad, que son deseables por razones de carácter económico, hay que aceptar un relativamente considerable movimiento del baño y hay que prever por encima del caldo de hierro una cámara de suficiente altura para los gases.

15. Por este motivo es necesario prever lanzas de varios metros de longitud, que, como consecuencia del considerable movimiento del baño, están sometidas a una sollicitación mecánica extraordinariamente elevada (el peso específico del hierro líquido corresponde aproximadamente al del hierro sólido, de modo que actúan fuerzas muy considerables). Las lanzas de varios metros de longitud no pueden resistir esta fuerte sollicitación mecánica.

Otra esencial desventaja de las lanzas es la consistente en que, con la necesaria profundidad de inmersión y como consecuencia de la corriente que sale de la lanza, se ven sometidas a un desgaste especialmente

20.
25.
30.



elevado aquellas zonas del revestimiento refractario del reactor de baño de hierro fundido en las que incide la corriente.

Un revestimiento refractario eventualmente pre
5. visto para proteger la lanza quedará sometido a una elevada sollicitación mecánica debido al intenso movimiento del baño, así como a un elevado ataque como consecuencia de las reacciones químicas con la escoria y como consecuencia de la erosión.

10. En el caso de las lanzas con intensa refrigeración, como por ejemplo de aquellas que son refrigeradas por agua, surge la importante desventaja de que se le extrae mucho calor al proceso propiamente dicho.

Las lanzas deben introducirse por arriba a
15. través de la gruesa capa de escoria, lo cual origina adicionales problemas, como por ejemplo la adherencia y solidificación de terrones de escoria.

Finalmente, no es posible cambiar con rapidez los dispositivos de lanza sin perturbar el proceso de ga
20. sificación, pues resultó inviable una suficiente estanqueización del reactor de baño de hierro fundido contra la penetración del no deseable aire infiltrado en el cambio de las lanzas. En el momento en que entran cantidades de aire incontroladas en un reactor de baño de
25. hierro fundido, además de sus efectos perturbadores en la composición del gas, aumenta también el peligro de explósión.

Además, en el procedimiento ya conocido es difícil dominar todo el balance de escorias, porque hay
30. que quitar cantidades relativamente grandes de escoria



rica en azufre, y ésta debe reemplazarse a base de aportación de cal. Además del no deseable transporte masivo, las pérdidas de calor que se originan como consecuencia de ello resultan extraordinariamente desventajosas.

5. Es objetivo de la presente patente crear un procedimiento y un dispositivo que permitan una continua gasificación de sustancias sólidas y/o líquidas con contenido de carbono y/o de hidrocarburos en un reactor de baño de hierro fundido sin interrupción durante un
10. largo período de tiempo y con la necesaria seguridad funcional.

- La presente patente se basa en el descubrimiento de que este objetivo puede alcanzarse por el procedimiento de introducir en el baño de hierro fundido los
15. elementos reactivos, que son concretamente por una parte sustancias con contenido de carbono y/o de hidrocarburos y por otra parte oxígeno o medios con contenido de oxígeno, a través de toberas, que están dispuestas en la mampostería refractaria en el reactor de baño de hierro fundido, por debajo de la superficie del baño.
- 20.

- Sorprendentemente, ha podido comprobarse que mediante la aplicación de toberas dispuestas en la mampostería refractaria en el reactor de baño de hierro fundido por debajo de la superficie del baño, contrariamente
25. al caso de los ya conocidos dispositivos de lanza, queda garantizado un funcionamiento exento de perturbaciones durante largos períodos de tiempo, y se obtienen gases especialmente puros.

- Es objeto de la presente patente un procedimiento para la gasificación continua de sustancias sólidas
- 30.



y/o líquidas con contenido de carbono y/o de hidrocarburos en un reactor de baño de hierro fundido, cuyo procedimiento está caracterizado porque los elementos reactivos, que son por una parte sustancias con contenido de

5. carbono y/o de hidrocarburos y por otra parte oxígeno o cuerpos con contenido de oxígeno, son introducidos en el baño de hierro fundido mediante una o varias toberas, que están dispuestas en una mampostería refractaria en el reactor de baño de hierro fundido por debajo de la superficie del baño, desgastándose de este modo al mismo ritmo que dicha mampostería refractaria.

10.

Es además objeto de la presente patente un dispositivo para la realización de este procedimiento, cuyo dispositivo está caracterizado porque para la gasificación

15. ción continua de sustancias sólidas y/o líquidas con contenido de carbono y/o de hidrocarburos, están dispuestas en la mampostería refractaria de un reactor de baño de hierro fundido y por debajo de la superficie del baño de hierro fundido, una o varias toberas consistentes en tubos concéntricos.

20.

Finalmente, es objeto de la presente patente la utilización de los gases obtenidos según el procedimiento en calidad de gas de reducción para aplicaciones metalúrgicas, y especialmente para la reducción de mineral de hierro.

25.

Con el procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente, el régimen de funcionamiento continuo puede mantenerse sin perturbaciones durante períodos de tiempo considerablemente mayores que los que podían

30. alcanzarse con el procedimiento ya conocido. Además, el



procedimiento concebido según la presente patente presenta la ventaja de que no son necesarios en el reactor de baño de hierro fundido pasos dotados de estanqueidad para los gases y que permitan además un cierto movimiento, 5. y con ello, además de incrementarse la seguridad funcional, se consigue una disminución del peligro de explosión como consecuencia del aire infiltrado.

Con el procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente puede producirse un gas considerablemente exento de azufre con una composición de aproximadamente el 50 al 95% de CO y del 5 al 50% de H₂. El contenido de CO está habitualmente entre el 60 y el 80%, y el contenido de H₂ queda de ordinario entre el 15 y el 40%. La composición de los gases obtenidos depende naturalmente de las sustancias con contenido de carbono y/o hidrocarburos aplicadas. Si se aplican hidrocarburos, la proporción de hidrógeno del gas obtenido es mayor que si se aplican los tipos de carbón habituales. Con carbón habitual, el gas presenta en general un contenido del 60 al 20. 80% de CO y del 15 al 25% de H₂. Si se utilizan combustibles consistentes esencialmente tan sólo en carbono, el contenido de hidrógeno podría reducirse teóricamente hasta el nivel cero. Debido no obstante a los medios de protección utilizados a base de hidrocarburos gaseosos 25. y/o líquidos o de medios con contenido de hidrocarburos, el gas producido contiene normalmente un 5% o más de H₂.

Como materiales a aplicar para la gasificación, en el procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente se aplican en calidad de sustancias con contenido de carbono todas las clases de carbón que pueden ad- 30.



- quirirse habitualmente en el mercado, así como el coque. Las clases relativamente puras y ricas en energía, como por ejemplo la antracita y el coque, pueden no obstante procesarse sin problemas, pues en estas clases de carbón
5. la proporción de impurezas a escorificar es menor y no es necesario tomar medidas especiales con respecto al balance térmico del reactor de baño de hierro fundido. Debido a sus favorables costes de adquisición tienen también considerable importancia diversas clases de carbón
 10. de bajo nivel energético, como por ejemplo el lignito, y también el lignito carbonizado y clases de carbón bituminosas que reciben principalmente en el mercado la denominación de "carbones de llama larga para gas". El carbón o las sustancias con contenido de carbono se aplican
 15. preferentemente en forma granular fina.

- Es de gran importancia la gasificación de sustancias con contenido de hidrocarburos. En la destilación del petróleo, además de las fracciones muy volátiles y de fácil salida, se precipita también aceite pesado. El
20. aprovechamiento de esta fracción del aceite pesado es de importancia decisiva para la rentabilidad de toda la industria del aceite mineral. En la actualidad, las fracciones de aceite pesado se transforman principalmente en betún y asfalto, o bien se craquean mediante procedimientos
 25. especiales para convertirlas en fracciones de punto de ebullición más bajo. Los procedimientos de craqueo exigen no obstante grandes inversiones y se mueven junto a la frontera de la rentabilidad. En los intentos de aplicar la fracción de aceite pesado como material de parti-
 30. da para otros procesos químicos han surgido dificultades



técnicas de procesamiento que han hecho fracasar hasta la fecha la aplicación técnica a gran escala de la mayoría de los procedimientos. La causa de ello es en primer plano la marcada formación de negro de humo en la gasificación de aceite combustible pesado. A la formación de negro de humo podía hacerse frente hasta la fecha tan sólo a base de aceptar un elevado grado de oxidación de los gases de reducción producidos a partir de las fracciones de aceite pesado. Además plantea en especial problemas la suficiente desulfuración del fuel-oil, o de los gases producidos a partir del mismo. No obstante, para la utilización de estos gases sin limitaciones es necesaria una suficiente desulfuración, aunque sólo sea para cumplir con las leyes de la conservación de la salubridad del medio ambiente.

Con el procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente es ahora posible gasificar técnicamente a gran escala hidrocarburos líquidos de distinta viscosidad y hasta de consistencia pastosa, pero especialmente fracciones de aceite pesado, y producir a partir de ahí un gas que presenta en especial un pequeño contenido de azufre y un bajo grado de oxidación.

Los hidrocarburos a gasificar se precalientan preferentemente, para garantizar un transporte exento de perturbaciones hacia las toberas y a través de las mismas. Esto resulta ventajoso especialmente en el caso de las fracciones de aceite pesado de alta viscosidad. Los hidrocarburos de consistencia pastosa se precalientan a temperaturas tales que puedan ser transportados como líquidos, o bien se conducen hacia las toberas mediante



dispositivos de transporte especiales.

Como segundo elemento reactivo se aplica preferentemente oxígeno, en especial en forma técnicamente pura. Además del oxígeno, como medios con contenido de oxígeno se aplican principalmente aire y viento caliente, en especial con incremento de la concentración de oxígeno.

Las toberas dispuestas por debajo de la superficie del baño de hierro fundido en la mampostería refractaria del reactor de baño de hierro fundido pueden estar previstas en el suelo y/o en la pared lateral de la mampostería del reactor de baño de hierro fundido.

Las toberas constan preferentemente de varios tubos concéntricos. Así por ejemplo, pueden estar previstos tres, cuatro o más de cuatro tubos concéntricos.

Las toberas, que según la presente patente están dispuestas por debajo de la superficie del baño en la mampostería refractaria del reactor de baño de hierro fundido, son protegidas contra el desgaste más rápido con respecto a la mampostería por el procedimiento de que el oxígeno y/o los medios con contenido de oxígeno son rodeados por un medio de protección consistente en hidrocarburos o medios con contenido de hidrocarburos en estado gaseoso y/o líquido. Como medios de protección se han acreditado por ejemplo el metano, etano, propano, butano, diversas calidades de aceite, y en especial aceite combustible ligero y metanol, aplicados aisladamente en cada caso o bien en mezclas opcionales.

Ha resultado especialmente ventajoso aportar al baño de hierro fundido, por debajo de la superficie



del baño, los elementos reactivos, así como, dado el caso, los agentes escorificantes de grano fino por el mismo sitio, es decir conjuntamente a través de la misma tobera. Pueden utilizarse también varias de estas toberas, a través de las cuales los agentes reactivos son introducidos conjuntamente, cuyas toberas son en este caso sometidas en general a sollicitación por un igual. La introducción de los elementos reactivos por el mismo sitio trae consigo la ventaja de que, como consecuencia de la rápida formación de turbulencia con el caldo, se produce una rápida disolución del carbono en el baño de hierro fundido. Por este motivo puede elegirse, por ejemplo para el polvo de carbón que se introduce por soplado, un tamaño de grano mayor que el que sería posible si los elementos reactivos se aportasen por separado. Otra ventaja derivada de la introducción conjunta de los elementos reactivos es la consistente en la reducción de la temperatura en el llamado foco combustión del oxígeno, es decir inmediatamente delante de la boca de la tobera. Esto conduce a su vez a una menor evaporación del hierro.

Preferentemente, los elementos reactivos son aportados al baño de hierro fundido en el reactor de baño de hierro fundido en una tobera y a través de varios canales, y preferentemente a través de intersticios anulares, en un orden variable y opcional, de tal modo que, visto desde el centro de la tobera, el intersticio anular que lleva el oxígeno en cada caso está rodeado por el medio de protección a base de hidrocarburos y/o por los medios con contenido de hidrocarburos.

Resulta además ventajoso repartir en varias co



- rrientes en el interior de una tobera las sustancias a gasificar y/o el oxígeno, o respectivamente los medios con contenido de oxígeno, de tal modo que por una parte se produzca una intensa reacción entre los elementos
5. reactivos, y de tal forma que, por otro lado, una parte de las sustancias con contenido de carbono y/o de hidrocarburos sirva para provocar un descenso de la temperatura del foco de combustión. Esto puede realizarse en la práctica por ejemplo mediante una tobera consistente en
 10. varios tubos concéntricos, en la cual por el interior se aporte por soplado por ejemplo polvo de carbón, por un intersticio anular circundante oxígeno y por un intersticio anular exterior de nuevo carbono. En esta forma de realización de la tobera, el chorro de oxígeno está preferentemente rodeado tanto por dentro como por fuera por un medio de protección con contenido de hidrocarburos.
 - 15.

Es además posible renunciar a aportar por separado un gas de protección con contenido de hidrocarburos cuando para el transporte de polvo de carbón se apliquen

20. en calidad de gas portador medios con contenido de hidrocarburos. El mismo efecto puede conseguirse mediante una suspensión de polvo de carbón en un líquido con contenido de hidrocarburos.

En la utilización de sustancias con contenido

25. de hidrocarburos para la gasificación puede renunciarse asimismo al medio de protección a base de hidrocarburos gaseosos y/o líquidos o de medios con contenido de hidrocarburos.

Como métodos de aportación adecuados utilizando

30. do hidrocarburos para la gasificación, pueden citarse



por ejemplo los siguientes: Por el tubo interior de la tobera se aporta aceite pesado, por el intersticio anular que le sigue se aporta oxígeno y por el intersticio anular exterior se aportan hidrocarburos líquidos o gaseosos. Si se utilizan cuatro tubos dispuestos concéntricamente, puede introducirse por el tubo interior oxígeno, por el intersticio anular contiguo aceite pesado, por el intersticio anular siguiente de nuevo oxígeno y por el intersticio anular exterior un medio de protección consistente en hidrocarburos líquidos o gaseosos.

Para mejorar la transformación entre los elementos reactivos, lo cual es interesante especialmente en las grandes instalaciones, en las que se gasifican más de 10 toneladas de combustible por hora, resulta favorable agrandar el sistema de la tobera en cuanto al diámetro, y configurar el núcleo de la tobera en forma de cuerpo sólido. Con esta forma de tobera, todos los elementos reactivos son introducidos en el baño de hierro fundido a través de intersticios anulares concéntricos, En la práctica se ha comprobado que resulta ventajoso que la anchura del intersticio anular llegue a ser como máximo una décima parte del diámetro del anillo. De este modo se consigue un mejor arremolinamiento de los elementos reactivos. En una tobera de este tipo puede introducirse por ejemplo por el intersticio anular interior aceite pesado, por el intersticio anular siguiente oxígeno y por el intersticio anular exterior un medio de protección líquido o gaseoso.

Un arremolinamiento adicional puede conseguirse por ejemplo a base de incorporar en los intersticios anu-



lares de la tobera, y preferentemente en aquellos que llevan la sustancia a gasificar, unos elementos directrices que obliguen a la corriente de salida a tomar un curso helicoidal.

5. Las sustancias a gasificar y el oxígeno, o bien el medio con contenido de oxígeno, pueden mezclarse ya antes de su entrada en el baño de hierro fundido. Por razones de seguridad, esta mezcla no deberá efectuarse sino en las proximidades del caldo de hierro, y ventajosamente ya en el interior de la tobera de introducción.

- Los elementos reactivos pueden introducirse además en el baño de hierro fundido a través de dos o más toberas independientes. Si por el sistema de aportación por separado se aplica un hidrocarburo como sustancia a gasificar, no es necesario aplicar para el hidrocarburo una tobera consistente en varios tubos concéntricos. En este caso puede antes bien utilizarse una tobera consistente en un tubo. Por el contrario, para la aportación del oxígeno por separado se necesita una tobera consistente como mínimo en dos tubos concéntricos, para que la corriente de oxígeno pueda estar rodeada por el medio de protección.

- Puede efectuarse de diversas formas la aportación de los agentes escorificantes a través de las toberas en el fondo de un reactor de baño de hierro fundido, para obtener sobre el baño de hierro fundido una escoria de efecto desulfurante. Así por ejemplo, pueden incorporarse a la corriente de oxígeno los agentes escorificantes, que serán preferentemente cal en polvo, con o sin adición de caliza o dolomita. Otro método es el consis-



tente en mezclar los agentes escorificantes de grano fino con el carbón pulverizado de grano fino o con el hidrocarburo antes de su aportación al reactor de baño de hierro fundido, e introducir a continuación esta mezcla con

5. juntamente.

La deseable gasificación continua y uniforme durante largos períodos de tiempo puede resultar perjudicada por la aparición de diferencias de concentración entre escoria y baño de hierro fundido y eventualmente en

10. el baño de hierro fundido. Estas diferencias de concentración provocan variaciones en la formación de gas y en la composición del gas. Estas dificultades pueden compensarse mediante una aportación pulsatoria de los elementos reactivos. Con una aportación pulsatoria breve de los elementos reactivos pueden restablecerse rápidamente las condiciones de funcionamiento normales. En la mayoría de los

15. casos basta con diez impulsos de presión por minuto. La frecuencia de los impulsos de presión puede no obstante variarse a voluntad. Dichos impulsos de presión pueden

20. aplicarse también tan sólo dentro de determinados espacios de tiempo. También puede trabajarse continuamente con aportación pulsatoria para mejorar la transformación de los elementos reactivos. Entonces se ajusta una presión mínima de los medios en la tobera de introducción, cuya

25. presión mínima está tan sólo escasamente por encima de la presión ferrostática además de la presión que actúa sobre el caldo en el baño de hierro fundido. El medio de presión que resulte de este modo se modifica entonces periódicamente hasta un máximo de aproximadamente, cinco

30. veces su valor.

Para la gasificación continua es esencial que el baño de hierro fundido sea mantenido a la temperatura deseada. Un enfriamiento del baño de hierro fundido ejerce efectos extraordinariamente desventajosos en la gasificación, y puede dar lugar a que deje de conseguirse la gasificación deseada. Este problema se produce especialmente con la aplicación de sustancias con contenido de carbono y/o de hidrocarburos, en cuya transformación el proceso de gasificación deja de producirse de modo exotérmico. Por otra parte, es de considerable importancia económica precisamente la aplicación de combustibles de más bajo nivel energético, como son por ejemplo los tipos de carbón de bajo nivel energético, tales como el lignito, o bien las fracciones de aceite pesado de bajo nivel energético, debido a los favorables costes de adquisición de estos materiales.

Hubiera sido consecuente aportar desde afuera la energía adicional necesaria en el caso de la utilización de combustibles de bajo nivel energético, haciéndolo por ejemplo a base de los arcos voltaicos o de los sistemas de calentamiento por inducción utilizados habitualmente en la producción de acero. También sería consecuente y ventajoso quemar una parte de los gases obtenidos y aportar de este modo la energía necesaria.

No obstante, se ha comprobado que ni mediante dispositivos de calentamiento adicional ni mediante la combustión posterior de los gases puede conseguirse una apreciable aportación de energía al baño de hierro fundido. Esto se debe probablemente a la alta densidad energética que hay en el baño de hierro fundido.



Sorprendentemente, se ha comprobado que, contrariamente a las posibilidades descritas, este problema puede solucionarse a base de impedir un descenso de la temperatura del baño de hierro fundido por el procedimiento

5. de aportar materiales de mayor nivel energético al proceso de oxidación en el baño de hierro fundido propiamente dicho.

Si se utilizan clases de carbón que en su gasificación producirían un enfriamiento del baño de hierro

10. fundido, es por ejemplo posible modificar estas clases de carbón mediante una preparación y/o transformación de tal modo que en el proceso de gasificación en el reactor de baño de hierro fundido se consigue un sobrante de calor sin aportación de energía externa.

15. Una posibilidad es la consistente en secar y/o precalentar el carbón con pequeño poder calorífico, e introducirlo después en el reactor de baño de hierro fundido.

Otra posibilidad es la consistente en añadir

20. carbono al carbón de bajo nivel energético. Así por ejemplo, pueden añadirse diversos carbones de alto nivel energético, como por ejemplo la antracita. Se ha comprobado que resulta ventajoso utilizar carbono no ligado, como por ejemplo el coque.

25. Ha resultado especialmente rentable aportar al baño de hierro fundido cantidades adicionales de carbono preferentemente en forma de coque. El coque puede introducirse por ejemplo en forma de polvo, junto con las sustancias a gasificar. También puede aportarse desde arri-
30. ba al baño en forma de trozos. Para reducir la cantidad



de coque necesaria, resulta ventajoso precalentar el coque.

- Además, es posible aportar de modo continuo al baño de hierro fundido materiales cuya reacción de oxidación discurre de forma fuertemente exotérmica. Preferentemente, pueden utilizarse para esto sustancias que presenten una alta transformación calorífica y que conduzcan a productos de oxidación que ejerzan un favorable efecto en la composición de la escoria. Así por ejemplo, puede
5. introducirse aluminio o silicio juntamente con las sustancias a gasificar, o bien independientemente de las mismas. Así por ejemplo, mediante la adición de 10 g de aluminio/kg de carbón, pueden aportarse aproximadamente
10. 75 kcal al baño de hierro fundido. Es además especialmente adecuado el carburo de calcio, que en el baño de hierro fundido se transforma en CO y CaO. El monóxido de carbono es producto de reacción deseado de la gasificación, mientras que el CaO representa el material habitualmente utilizado para la escoria de desulfuración. Por
15. con siguiente, con la aplicación de carburo de calcio no se aportan sustancias no deseables al gas ni a la escoria.

La aportación de los agentes portadores de calor mencionados o de otros similares puede efectuarse en forma de adición a las sustancias a gasificar con pequeño

25. poder calorífico, o bien independientemente de las mismas.

En la práctica se ha comprobado que para la gasificación de sustancias con pequeño poder calorífico resulta muy conveniente introducir independientemente de

30. la alimentación normal del baño de hierro fundido con



los elementos reactivos una cierta proporción de las sustancias con transformación calorífica más elevada, como son por ejemplo el aluminio, el silicio y/o el carburo de calcio, para así regular la temperatura del baño de

5. hierro fundido. De este modo es posible regular directamente la temperatura del baño de hierro fundido. En cuanto la temperatura del caldo de hierro amenaza con descender, se incrementa la aportación de los agentes portadores de calor, y a la inversa, dicha aportación se reduce

10. al subir la temperatura del baño de hierro fundido.

Hasta la fecha y debido a su alto contenido de azufre, las clases de carbón y las fracciones de petróleo económicas no han podido acceder sino difícilmente a un aprovechamiento económicamente rentable. El contenido

15. de azufre conduce en especial a una elevada corrosión de los elementos de las instalaciones que entran en contacto con el azufre y especialmente con sus productos de reacción gaseosos, y contribuye además a polucionar el medio ambiente a través de los gases de escape con

20. contenido de azufre que se producen.

Con el procedimiento concebido según la presente patente se consigue no obstante la posibilidad de transformar tales combustibles económicos en productos valiosos.

25. En la gasificación en reactor de baño de hierro fundido, el azufre de los combustibles es absorbido por una escoria con capacidad de absorción de azufre, que flota sobre el baño de hierro fundido.

Una parte esencial de este azufre absorbido por

30. la escoria puede eliminarse a base de pasar la escoria lí



quida y rica en azufre, procedente del reactor de baño de hierro fundido, en estado líquido a un recipiente de reacción, desulfurarla ahí a base de introducir oxígeno o medios con contenido de oxígeno con o sin adición de

5. gas inerte, y enviarla a continuación de regreso, en estado líquido, al reactor de baño de hierro fundido.

De este modo es posible gasificar con la necesaria seguridad funcional y de modo rentable en un reactor de baño de hierro fundido sustancias con un elevado

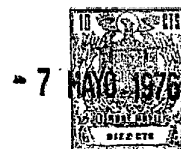
10. contenido de azufre, convirtiéndolas en un gas considerablemente exento de azufre. De esta forma se evita además el polucionar el medio ambiente a través de gases con contenido de azufre. Además, esta forma de trabajo presenta la ventaja de que mediante la devolución de la

15. escoria al reactor de baño de hierro fundido se evitan elevadas pérdidas de calor. La desulfuración en un recipiente de reacción que está completamente separado del reactor de baño de hierro fundido en cuanto a la cámara para los gases, se efectúa ventajosamente mediante la introduc

20. ción de oxígeno por debajo de la superficie del baño de escoria. Resulta conveniente aportar el oxígeno a través del fondo y/o en la zona inferior de la pared lateral del recipiente de reacción, para que los trayectos de circulación en la escoria sean grandes y para lograr de este

25. modo una intensa desulfuración. Se ha comprobado que la eliminación del azufre de la escoria se ve favorecida si se añade un gas inerte al oxígeno, o bien si dicho gas inerte se introduce en la escoria al mismo tiempo que el oxígeno pero por separado, por debajo de la superficie

30. del baño. La tobera destinada a la introducción de oxígeno



no o de medios con contenido de oxígeno y gas inerte puede estar construida por ejemplo a base de dos tubos concéntricos, de tal modo que el oxígeno pasa por el tubo interior, y el gas inerte por el intersticio anular.

5. Para la desgasificación de la escoria puede introducirse en el recipiente de reacción aire, por ejemplo. A este respecto, el aire podrá estar frío o precalentado, en dependencia del balance térmico del proceso. Por ejemplo, se ha acreditado la aportación de gas caliente de
10. alto horno, con o sin adición de aire frío.

- Se ha comprobado que resulta conveniente mantener aproximadamente al mismo nivel la temperatura en el baño de hierro fundido y en el recipiente de reacción para la desulfuración de la escoria. La temperatura en el
15. reactor de baño de hierro fundido puede regularse dentro de amplios límites mediante la adición de materiales que reaccionan con absorción o con emisión de calor. En el recipiente de reacción para la desulfuración, la temperatura puede ser influenciada por el contenido de oxígeno
20. en la mezcla gaseosa, por su temperatura y por su cantidad. En la práctica se ha comprobado que resulta conveniente una temperatura de aproximadamente 1350 a 1450°C en el reactor de baño de hierro fundido y, en el recipiente de reacción para la desulfuración de la escoria. No
25. obstante, con respecto a esta gama de temperaturas puede haber una variación de como mínimo 100°C por defecto o por exceso. La temperatura puede variarse según los parámetros del proceso, y también son posibles diferencias de temperatura entre el reactor de baño de hierro fundido y
30. el recipiente de reacción para la desulfuración de la es



coria.

Mediante la desulfuración de la escoria, el contenido de azufre en la escoria en el reactor de baño de hierro fundido puede mantenerse a niveles relativamente bajos. De este modo es posible aplicar escorias con baja basicidad. Mientras que normalmente se aplican basicidades ($\text{CaO}:\text{SiO}_2$) localizadas entre 1 y 3, este procedimiento permite una suficiente desulfuración con basicidades de por ejemplo 0,8 e inferiores.

- 5.
10. De la baja basicidad de la escoria, en acción conjunta con los componentes de la ceniza de carbón, que en general contienen considerables cantidades de alcalis, resultan unos bajos puntos de fusión para la escoria de desulfuración. Esta es a su vez una importante condición
15. previa para las bajas temperaturas de servicio del procedimiento concebido según la presente patente.

- Además, la baja basicidad de la escoria de desulfuración exige tan sólo una pequeña aportación de cal para mantener la deseada composición de la escoria con
20. una continua absorción de la ceniza de carbón. Esta es una ventaja que ejerce efectos favorables en el balance térmico del procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente.

- La composición de la escoria desulfurada, que
25. procedente del recipiente de reacción para la desulfuración es conducida de nuevo al reactor de baño de hierro fundido, y de la cual se extrae en este trayecto una cierta parte que es separada del circuito del proceso, permite una utilización de esta escoria extraída en la
30. fabricación de cemento.



Con la habitual forma de desarrollo del procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente, los contenidos de azufre de las escorias de desulfuración extraídas del reactor de baño de hierro fundido están claramente localizados por debajo de su valor de saturación con azufre. Así por ejemplo, puede trabajarse con un contenido de azufre en la escoria de menos del 1%. Mientras que las escorias de desulfuración procedentes del reactor de baño de hierro fundido pueden presentar contenidos de azufre del 1 al 3%, en el recipiente de reacción se desulfuran no obstante preferentemente con contenidos de azufre que son ya del 0,5 y del 1%.

Los bajos contenidos de azufre en la escoria de desulfuración permiten que haya unos contenidos de azufre extremadamente bajos en el gas producido. Si para la producción de gas en el reactor de baño de hierro fundido se exigen contenidos de azufre muy bajos, el contenido de azufre en la escoria en el reactor de baño de hierro fundido puede mantenerse por ejemplo al nivel del 10% de la solubilidad de saturación.

El gas obtenido en la desulfuración aparece separado de los gases de producción puros, y debido a su alto contenido de azufre, puede utilizarse ligeramente desulfurado o de otro modo, por ejemplo para la producción de azufre.

El contenido de carbono en el baño de hierro fundido se mantiene con preferencia entre aproximadamente el 1 y el 3%. Con esta forma de trabajo se obtiene un gas cuyos contenidos de CO_2 , H_2O y CH_4 son extremadamente bajos. En casos especiales puede ajustarse en el baño de



hierro fundido un contenido de carbono muy alto, de aproximadamente el 4%, o bien un contenido muy bajo, de aproximadamente el 0,05% de carbono.

Utilizando pequeños contenidos de carbono en

5. el baño se consigue la ventaja de que mediante la combustión parcial del carbono del baño para convertirlo en CO_2 se equilibra el balance térmico del proceso. Por otra parte, como consecuencia de esto aumenta el contenido de CO_2 del gas.

10. Los gases formados en el proceso concebido según la presente patente resultan adecuados especialmente para aplicaciones metalúrgicas, como por ejemplo para su aplicación en el proceso del alto horno o bien preferentemente para la reducción de mineral de hierro.

15. La utilización de gases de reducción para la reducción de minerales de hierro ha adquirido últimamente cada vez mayor importancia. Principalmente ha contribuido a esto en grado considerable la mayor aplicación de los diversos llamados "procedimientos de reducción di
20. recta", que sirven preferentemente para la producción de "pellets" de hierro o de esponja de hierro. Además, a título de ensayo, en la reducción de minerales en el alto horno se ha sustituido una parte del coque por gases de reducción.

25. Frente a la fabricación de gases de reducción por otros procedimientos, como por ejemplo a partir de gas natural, la fabricación según la presente patente presenta considerables ventajas. Las ventajas fundamentales son las consistentes en que no es necesaria una labo
30. riosa purificación de los gases formados para eliminarles



los componentes no deseables, y en que los gases se producen con una temperatura y una presión tales que es posible su aplicación directa para una óptima utilización metalúrgica. El punto de vista mencionado en último lugar

5. es importante especialmente por razones de carácter económico. No obstante, es de importancia destacada la coincidencia de la necesaria pureza del gas y de la temperatura deseada, así como de la presión deseada. Si se tratase de un gas con la temperatura y la presión deseadas,

10. pero que presentase no obstante impurezas, sería necesario enfriarlo primero, purificarlo a continuación y calentarlo de nuevo después.

El gas de reducción consistente esencialmente en CO y H₂ y que contiene también dado el caso gases inertes, puede aportarse directamente a la aplicación metalúrgica.

15.

El reactor de baño de hierro fundido está preferentemente configurado de tal modo que permite ajustar presiones como las que deberá presentar el gas de reducción según la aplicación metalúrgica, por ejemplo, para un proceso de reducción. Funcionando el reactor de baño de hierro fundido con sobrepresión se evita además que, en caso de haber puntos de fuga, puedan penetrar impurezas en el gas producido.

20.

En la aplicación de los gases para la reducción de minerales de hierro, la proporción de CO₂ y H₂O deberá ser lo más baja posible, pues los pequeños porcentajes de estas impurezas influyen ya desfavorablemente el rendimiento en los procesos de reducción por gas.

25.

Con el procedimiento concebido de acuerdo con

30.



la presente patente pueden obtenerse gases extraordinariamente puros sin una no deseable mezcla de CO_2 y H_2O . El gas de reducción producido puede contener únicamente pequeñas cantidades de vapor de hierro, que no resultan

5. perturbadoras para su utilización metalúrgica, preferentemente para la reducción de mineral de hierro. Al circular a través de los minerales, el vapor de hierro se deposita en los mismos.

Al abandonar el recipiente del reactor, los gases de reducción producidos en el reactor de baño de hierro fundido tienen en general una temperatura de aproximadamente 1350 a 1450°C . El procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente es no obstante especialmente flexible en este punto, y permite que la temperatura varíe dentro de amplios límites, por ejemplo entre 1250 y 1600°C , en dependencia por ejemplo del calor aportado por las sustancias a gasificar, por la adición de CO_2 y/o vapor de agua, que en el reactor de baño de hierro fundido se transforman en CO y H_2 , por el precalentamiento de los medios con contenido de oxígeno o bien por la introducción de materiales cuya reacción de oxidación se produce de forma fuertemente exotérmica.

Los gases enviados directamente a la aplicación metalúrgica pueden enfriarse dado el caso a la temperatura deseada, cuando ésta sea más baja que la que presenten los gases al abandonar el reactor de baño de hierro fundido. El enfriamiento de los gases puede efectuarse de forma habitual en intercambiadores de calor.

Un procedimiento ventajoso para reducir considerablemente la temperatura de los gases de reducción es el



consistente en añadir a dichos gases, después de haber abandonado el reactor de baño de hierro fundido, gases inertes fríos, como puede ser por ejemplo el nitrógeno. Especialmente en la aplicación de los gases de reducción

5. en el alto horno, se han obtenido resultados satisfactorios con la adición de nitrógeno. El nitrógeno está frecuentemente disponible en forma de gas económico procedente de la producción de oxígeno en las plantas siderúrgicas.

10. Añadiendo nitrógeno como gas de lastre al gas de reducción, se conserva el calor en el proceso. Además, mediante la adición de nitrógeno se reprime considerablemente la tendencia del gas de reducción, principalmente cuando se trata de un gas con un elevado contenido de CO,
15. a la formación de negro de humo a través de la llamada reacción de Boudouard.

En lugar de añadir nitrógeno al gas de reducción para ajustar la correcta temperatura de aplicación, puede añadirse gas de reducción enfriado. Así por ejemplo,
20. en algunos procedimientos de reducción directa, el gas de reducción abandona el grupo de reducción con bajas temperaturas, y sin enfriamiento intermedio puede separarse del porcentaje de CO₂ y H₂ mediante un sencillo proceso químico. El gas de reducción que de este modo se
25. obtiene purificado pero frío puede entonces utilizarse para ajustar la temperatura del gas de reducción extraído del reactor de baño de hierro fundido.

Los gases producidos con el procedimiento concebido de acuerdo con la presente patente pueden no obstante aplicarse también para otras finalidades de utili-
30.



zación.

Otra posibilidad de aplicación es la consistente por ejemplo en la utilización de estos gases en calidad de gas de calentamiento, por ejemplo para centrales

5. térmicas.

Debido a su pureza, los gases producidos son también adecuados para los más diversos sectores de la industria química, por ejemplo en calidad de gases de síntesis para la fabricación de metanol, o bien como fuente de hidrógeno para la síntesis del amoníaco y para hidrogenaciones.

10.

A continuación se procede a aclarar con más detalle el objeto de la presente patente, a base de formas de realización puestas a título de ejemplo y haciendo referencia a los dibujos. En las figuras se muestra lo siguiente:

15.

La figura 1 es una sección vertical a través de una forma de realización de un reactor de baño de hierro fundido;

20. La figura 2 es una sección vertical a través de una tobera consistente en cuatro tubos concéntricos;

La figura 3 es una sección vertical a través de una tobera consistente en tres tubos concéntricos;

25. La figura 4 es una sección vertical a través de una tobera que presenta tan sólo intersticios anulares, en parte con elementos incorporados, para la portación de los elementos y medios reactivos;

30. La figura 5 es una sección vertical a través de una tobera con tres intersticios anulares y un núcleo sólido, de tal modo que en un intersticio anular puede verse como elemento directriz una espiral en forma de



banda;

La figura 6 es una forma de realización de una tobera, en la cual los elementos reactivos son mezclados ya antes de su entrada en el baño de hierro fundido;

5. La figura 7 es una sección vertical a través de otra forma de realización de un reactor de baño de hierro fundido; y

La figura 8 es una sección horizontal a través del reactor de baño de hierro fundido según la figura 7.

10. El reactor de baño de hierro fundido representado en la figura 1 consta esencialmente de una camisa de acero -1- con una mampostería refractaria -2-. En el interior del reactor se encuentra el baño de hierro fundido -3-, y sobre él la escoria -4-. La escoria recoge los com
15. ponentes en forma de cenizas y una gran proporción del azufre de las sustancias con contenido de carbono y con contenido de hidrocarburos. Los elementos reactivos son aportados al baño de hierro fundido -3- a través de una
20. o varias toberas -5- que están dispuestas en la mamposte
ría refractaria -2-. Los agentes escorificantes, que son preferentemente cal con o sin adición de fundentes, son aportados preferentemente al baño metálico también a tra
vés de las toberas. Habitualmente se utiliza cal viva co
25. mo agente escorificante. No obstante, para reducir la
temperatura y en dependencia del poder calorífico o del contenido energético de las sustancias aplicadas, la cal viva puede sustituirse en parte o por completo por piedra caliza.

En la descripción que sigue, como sustancia a
30. gasificar se menciona mayormente el polvo de carbón. No



obstante, se entiende que el polvo de carbón puede sustituirse por otras sustancias a gasificar, como por ejemplo el aceite pesado.

- Las toberas -5- en la mampostería refractaria
5. -2- se desgastan al mismo ritmo que el material refractario, y están construidas preferentemente a base de tubos concéntricos con sección transversal circular. No obstante, pueden utilizarse también tubos con sección transversal análoga a la circular, y hasta con forma rectangular.
 10. De todos modos, por razones de carácter económico, se aplicarán preferentemente tubos habituales con sección transversal circular.

- La tobera según la figura 2 está construida a base de cuatro tubos concéntricos -6-, -7-, -8-, -9-. A
15. este respecto, por ejemplo a través del tubo interior -6- se introduce en el baño de hierro fundido polvo de carbón con un gas de transporte. Como gases de transporte se utilizan preferentemente gases inertes, nitrógeno, CO₂ y vapor de agua. El CO₂ y el vapor de agua pueden
 20. utilizarse al mismo tiempo para la regulación de la temperatura. Por el intersticio anular formado por los tubos -7- y -8- se hace pasar oxígeno o bien un medio con contenido de oxígeno. Ambos intersticios anulares entre los tubos -6- y -7- y entre los tubos -8- y -9- sirven
 25. para la aportación de medios de protección para la tobera. El medio de protección consiste en hidrocarburos gaseosos y/o líquidos o bien medios con contenido de hidrocarburos. Como alternativa, puede hacerse pasar por el tubo interior oxígeno, por el intersticio anular siguiente
 30. te aceite pesado, por el intersticio anular siguiente de



nuevo oxígeno y por el intersticio anular exterior de nue
vo aceite pesado. Las dimensiones de los intersticios anu
lares pueden elegirse por ejemplo de tal forma que la
cantidad de aceite principal pase por el tubo interior,
5. mientras que la cantidad de aceite del intersticio anu-
lar exterior sea considerablemente más pequeña y sirva
principalmente para proteger la tobera. Por el intersti-
cio anular exterior puede pasarse también un hidrocarbu-
ro gaseoso o líquido como medio de protección para la to
10. bera. La aportación de los diversos medios o sustancias
introducidos puede efectuarse también dado el caso conjun
tamente.

En la figura 3 se muestra una tobera consisten
te en tres canales -10-, -11-, -12-. Los canales de una
15. tobera con una forma de realización de este tipo pueden
utilizarse según la siguiente distribución para el trans
porte de los elementos reactivos y medios: Se transporta
oxígeno a través del tubo central -10-, medio de protec-
ción a través del intersticio anular -11- y carbón en
20. polvo a través del intersticio anular exterior -12-; o
bien se pasa carbono en suspensión con el medio de protec-
ción con contenido de hidrocarburo a través del tubo cen-
tral -10- y del intersticio anular exterior -12-, circu-
lando oxígeno por el intersticio anular -11-. Como alter
25. nativa, puede pasarse a través del tubo interior -10- la
sustancia a gasificar, por el intersticio anular -11- el
oxígeno y por el intersticio anular exterior -12- el me-
dio de protección, que puede ser por ejemplo un 5% de gas
natural, referido al oxígeno.

30. La forma de realización de la tobera según la



figura 4, que se aplica preferentemente para la introducción de grandes cantidades de sustancia a gasificar, presenta un núcleo macizo -13-. Los canales de aportación -14-, -15-, -16- tienen como mínimo en parte elementos 5. incorporados. Fundamentalmente, los intersticios anulares -14-, -15-, -16- pueden utilizarse correspondientemente como los canales -10-, -11-, -12- para introducción de los elementos y medios reactivos. En la figura 4, el intersticio anular -14- sirve para el transporte del medio a gasificar. En este canal -14- están dispuestos elementos directrices -17- con forma helicoidal, que obligan a la corriente de sustancia a tomar una dirección helicoidal. Por el intersticio anular -15- pasa el oxígeno. El intersticio anular -16-, dividido en canales aproximadamente 10. circulares, sirve para el transporte del medio de protección. 15.

En la figura 5 se muestra otra forma de realización preferente de una tobera. En esta tobera, la aportación del oxígeno se efectúa a través del intersticio 20. anular -40-, cuya anchura de intersticio es considerablemente más pequeña que el diámetro del anillo. Así por ejemplo, se han obtenido buenos resultados con toberas con un diámetro de anillo interior de 10 cm., en las cuales la anchura del intersticio anular es aproximadamente 25. de 3 mm.. En una tobera de este tipo, la sustancia a gasificar, que puede ser por ejemplo aceite pesado, se hace pasar por los intersticios anulares -41- y -42-. También aquí es adecuado elegir la cantidad a transportar por el intersticio anular interior -42- de modo que sea 30. mayor que la correspondiente al intersticio anular exte-



rior -41-. También puede resultar ventajoso transportar en el intersticio anular exterior -41- tan sólo una pequeña cantidad de un compuesto con contenido de hidrocarburos, y aportar toda la sustancia a gasificar al intersticio anular interior -42-. En esta configuración de la tobera se han obtenido además buenos resultados a base de darle una trayectoria marcadamente helicoidal a la corriente de oxígeno mediante unos elementos directrices espirales -43- dispuestos en el intersticio anular -40- destinado al transporte del oxígeno. Esto contribuye a proporcionar un rápido arremolinamiento entre el oxígeno, la sustancia a gasificar y el baño de hierro fundido, y origina un estable comportamiento del baño de hierro fundido en el soplado. Utilizando esta forma de tobera se consigue además reducir considerablemente el número de toberas necesarias. Así por ejemplo, puede bastar con dos toberas de este tipo, en lugar de unas diez toberas concéntricas sencillas. El fleje helicoidal macizo -43- puede cerrar aproximadamente una cuarta parte del intersticio anular -40-. Gracias al cierre parcial del intersticio anular se ve facilitada la penetración del baño de hierro fundido en el centro de las corrientes de medios reactivos que salen por la tobera.

En la figura 6 está reflejada una configuración especial de la tobera. Aquí se mezclan entre sí sustancias a gasificar -19-, por ejemplo carbón en polvo y oxígeno -20-, ya antes de su entrada en el baño de hierro fundido. A este respecto, en primer lugar se pasan separadamente el carbón en polvo -19- y el oxígeno -20- a través de la camisa de acero -1- del reactor de baño de



hierro fundido hasta parte de la mampostería -2-, y ahí se permite la mezcla de los elementos reactivos en la tobera.

- La presión en el espacio que queda por encima
5. del baño de hierro fundido puede ser por ejemplo de aproximadamente 5 atm. si el gas de reducción está destinado al alto horno, y por ejemplo, aproximadamente de 2 atm. si el gas ha de aplicarse para un proceso de reducción directa. El gas de reducción se aporta al proceso de reducción
 10. directamente a través de una conducción revestida de mampostería refractaria, si bien dado el caso se le efectúa un adecuado enfriamiento intermedio.

- En la figura 7 se muestra un reactor de baño de hierro fundido equipado con un dispositivo de desulfuración.
15. En el reactor de baño de hierro fundido -21-, análogo a un convertidor y que está llenado en parte con el baño de hierro fundido -22- con contenido de carbono, a través de toberas -23- se introducen por soplado en el baño de hierro fundido -22- carbón en polvo, oxígeno o
 20. medios con contenido de oxígeno y cal en polvo. La escoria de desulfuración -24- circula por un canal de extracción -25- en el cual está incorporada una cámara de estabilización -26- para la separación de gotitas de hierro, pasando al recipiente de reacción para la desulfuración
 25. de la escoria -27-. El hierro acumulado a partir de las gotitas de hierro separadas circula por un canal -28- regresando al reactor de baño de hierro fundido -21-. El canal de extracción -25- discurre por debajo del nivel de la escoria.

30. La cámara de estabilización -26- en el canal



de extracción de la escoria -25- desempeña el importante papel de dar al porcentaje de hierro arrastrado en la es coria a partir del baño de hierro fundido, cuyo porcentaje de hierro está principalmente presente en forma de go

5. titas finamente repartidas, la ocasión de separarse del modo más completo posible. La separación más completa posible de los porcentajes de hierro contenidos en la esco ria antes de que la escoria llegue al recipiente de reacci ón para la desulfuración de la escoria -27- es importante

10. te porque los porcentajes de metal en la escoria ejercen una desfavorable influencia de la desulfuración en el reci piente de reacción -27-. Los porcentajes de metal perjudican principalmente la desulfuración de la escoria en relación con el oxígeno aportado, y hacen con ello que res

15. ulte prácticamente imposible un control de la desulfuraci ón de la escoria. Asimismo, como consecuencia de una eventual aportación de calor a través de la combustión del metal, la temperatura en el recipiente de reacción para la desulfuración de la escoria -27- no puede mantenerse

20. nerse controlada dentro de los límites deseados. El tamaño de la cámara de estabilización -26- deberá dimensionarse de modo que queden garantizados unos suficientes tiem pos de permanencia de la escoria en esta cámara, es decir que la velocidad de circulación de la escoria en la

25. cámara de estabilización -26- deberá disminuir claramente con respecto a su velocidad de circulación en el canal de extracción -25-. Si el proceso de gasificación del carbón se desarrolla con rapidez y si como consecuencia de ello hay un gran movimiento de escoria, la cámara de esta

30. tabilización -26- deberá dimensionarse con un tamaño ma-



5. yor que el que correspondería a una gasificación del carbón relativamente lenta. Normalmente debe mantenerse entre el canal de extracción -25- y la cámara de estabilización -26- una proporción de las secciones transversales de circulación de como mínimo 1:10.

10. En el recipiente de reacción para la desulfuración de la escoria -27- se introducen a través de una tobera -29- dispuesta en el fondo oxígeno o medios con contenido de oxígeno, que provocan una oxidación de la escoria, lo cual conduce a una considerable disminución de la solubilidad del azufre y a la oxidación del azufre, que es entonces separado del sistema en forma de dióxido de azufre.

15. Mediante un elevador por presión de gas -30-, que se alimenta por ejemplo con nitrógeno, se pasa la escoria a través de un canal -31- representado en la figura 8, de regreso al reactor de baño de hierro fundido -21-.

20. En una forma de realización especial del elevador por presión de gas -30-, la tobera -29- necesaria para la desulfuración de la escoria está dispuesta en la mampostería del fondo del recipiente de reacción -27- de tal modo que desempeña también la función del elevador por presión de gas, haciendo que resulte superfluo el montaje aparte de un elevador por presión de gas -30-.

25. En la figura 8 puede verse además el rebosadero -32- habilitado en el canal de retorno de la escoria -31-, a través de cuyo rebosadero es extraída continuamente del circuito una parte de la escoria.

30. Una forma de realización como ejemplo de un



reactor de baño de hierro fundido para la producción de 100.000 Nm³/h de gas de una composición aproximada de alrededor del 25% de H₂ y de alrededor del 75% de CO encierra un baño de hierro fundido de 60 tm y sobre el mismo una cantidad de escoria de 15 tm. El espacio libre en el reactor de baño de hierro fundido con el revestimiento de mampostería nuevo es de 80 m³. En el fondo de este reactor están habilitadas dos toberas -5-.

Las toberas están construidas a base de cuatro tubos concéntricos de acero fino -6-, -7-, -8-, -9- con un espesor de pared de 3 mm. Los elementos de aleación fundamentales del acero fino son un 0,4% de C y un 13% de Cr. El tubo -6- tiene un diámetro interior de 70 mm, y como consecuencia de ello se introducen en el baño de hierro fundido -3- con el gas de transporte 50.000 kg/h de carbón con un máximo tamaño de grano de 0,5 mm. El intersticio anular formado por los tubos -7- y -8- tiene una anchura de 8 mm. A través de este intersticio se introducen 40.000 Nm³/h de oxígeno. Ambos intersticios anulares de los medios de protección, formados por los tubos -6- y -7- así como por los tubos -8- y -9-, tienen una anchura de 0,5 mm, y a través de cada uno de dichos intersticios anulares circulan 2000 Nm³/h de gas natural con una composición del 90% de CH₄, 4% de C_nH_m, 3% de CO₂ y 3% de N₂. En calidad de agente escorificante se añade al carbón un 20% de cal fina (CaO). La segunda tobera del fondo se alimenta con las mismas cantidades y con los mismos elementos y medios reactivos.

Un reactor de baño de hierro fundido de este tipo para la gasificación continua de carbón permite un fun



cionamiento continuo y exento de perturbaciones durante un periodo de tiempo de dos meses como mínimo.

Los gases de reducci3n formados pueden aplicarse por ejemplo del modo siguiente en un alto horno: Un

5. alto horno, por ejemplo con una producci3n diaria de 5000 tm de arrabio, funciona en conexi3n con el reactor de ba^o de hierro fundido para la producci3n del gas de reducci3n. Sin aportaci3n del gas de reducci3n, el consumo de coque del alto horno es del orden de 550 kg/tm de arra-
10. bio. Mediante la aplicaci3n de gas de reducci3n se ahorran 200 kg de coque/tm de arrabio, y en lugar de ello se gasifican diariamente en total 1000 tm de carb3n en el reactor de ba^o de hierro fundido.

15. Con el revestimiento de mamposteria nuevo, el recipiente del reactor para este caso de aplicaci3n presenta un volumen libre de aproximadamente 30 m³. As3 pues, para un alto horno relativamente grande se necesita tan s3lo un aparato adicional relativamente peque^o para la producci3n de gas de reducci3n. La temperatura del ba^o
20. de hierro fundido es por ejemplo del orden de 1450°C. Para la determinaci3n de la temperatura de aplicaci3n del gas de reducci3n en el alto horno hay que tomar en consideraci3n los datos de servicio de las otras instalaciones del alto horno, como por ejemplo la temperatura del
25. viento. Normalmente, el gas de reducci3n se aporta al alto horno a temperaturas localizadas aproximadamente entre 1000 y 1300°C. Por ejemplo, mediante la adici3n de aproximadamente un 20% volumetrico de nitr3geno a temperatura ambiente (20°C) se alcanza una temperatura del gas de re-
30. ducci3n de aproximadamente 1100°C. Con aproximadamente



el 10% volumétrico de nitrógeno bajo condiciones por lo demás iguales, se obtienen alrededor de 1300°C para el gas de reducción.

Para la producción de gas de reducción para

5. un procedimiento de reducción directa, en el que se trabaja a una presión de aproximadamente 2 atm. el volumen del reactor de baño de hierro fundido deberá dimensionarse de modo que sea aproximadamente un 50% mayor que el arriba descrito. La temperatura óptima del gas de reducción para los procedimientos de reducción directa está localizada aproximadamente en general entre 700 y 1000°C. Una temperatura deseada de aproximadamente 850°C puede alcanzarse por ejemplo mediante la adición de aproximadamente un 45% volumétrico de nitrógeno.
- 10.
15. Todo cuanto no afecte, altere, cambie o modifique la esencia del procedimiento descrito, será variable a los efectos de la actual Patente.

N O T A.

Se reivindica como objeto de esta Patente de

20. Invención:

- 1.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, con contenido de carbono y/o de hidrocarburos en un reactor de baño de hierro fundido, caracterizado porque los elementos reactivos, que son por una parte sustancias con contenido de carbono y/o de hidrocarburos y por otra parte oxígeno y medios con contenido de oxígeno, son introducidos en el baño de hierro fundido a través de una o varias toberas que están dispuestas en el reactor de baño de hierro fundido en su mampostería refractaria y por
- 25.
- 30.



debajo de la superficie del baño, y que por consiguiente se desgastan al mismo ritmo que dicha mampostería.

2.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según 5. la reivindicación 1, caracterizado porque como elementos reactivos se aplican por una parte carbón y/o aceite pesado, y por otra parte oxígeno:

3.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según 10. la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el oxígeno y/o los medios con contenido de oxígeno están rodeados por un medio de protección a base de hidrocarburos o medios con contenido de hidrocarburos gaseosos y/o líquidos.

15. 4.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según la reivindicación 1 ó 3, caracterizado porque los elementos reactivos, así como dado el caso los agentes escoriificantes de grano fino, se aportan conjuntamente a través de una o varias toberas.

25. 5.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque los elementos reactivos se aportan por separado al baño de hierro fundido a través de dos o más toberas.

30. 6.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los elementos reactivos son aportados al baño de hierro fundido en una tobera en cada caso a través de varios ca



nales, que son preferentemente intersticios anulares, en orden variable y opcional, de tal modo que, visto desde el centro de la tobera, el intersticio anular que lleva el oxígeno está en cada caso rodeado por hidrocarburos y/o medios con contenido de hidrocarburos.

5. ros y/o medios con contenido de hidrocarburos.

7.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque las sustancias a gasificar, y en especial el carbón, se aportan al reactor de baño de hierro fundido juntamente con hidrocarburos o medios con contenido de hidrocarburos gaseosos y/o líquidos.

10. ros gaseosos y/o líquidos.

8.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque las sustancias a gasificar, y en especial el carbón, se mezclan con oxígeno o con medios con contenido de oxígeno ya antes de la entrada en el baño de hierro fundido.

15. no ya antes de la entrada en el baño de hierro fundido.

9.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la circulación de los elementos reactivos, y preferentemente de las sustancias a gasificar, es obligada a tomar una trayectoria helicoidal, con la cual los elementos

20. reactivos abandonan la tobera y entran en el baño de hierro fundido.

10.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque los elementos reactivos son introducidos en el baño de

30. los elementos reactivos son introducidos en el baño de



hierro fundido de modo continuo o pulsatorio durante periodos de tiempo de duracion opcional.

11.- Procedimiento y dispositivo para la gasificacion continua de sustancias solidas y liquidas, segun una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque al bafo de hierro fundido son aportados agentes escorificantes, cal preferentemente, mezclados con las sustancias a gasificar.

12.- Procedimiento y dispositivo para la gasificacion continua de sustancias solidas y liquidas, segun una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque si se aplican sustancias a gasificar que en su gasificacion conduzcan en el reactor de bafo de hierro fundido a un enfriamiento de dicho bafo de hierro fundido, dichas sustancias se modifican mediante una preparacion y/o transformacion de tal modo que en el proceso de gasificacion en el reactor de bafo de hierro fundido se consigue un sobrante de calor sin aportacion de energia externa.

13.- Procedimiento y dispositivo para la gasificacion continua de sustancias solidas y liquidas, segun una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque a las sustancias a gasificar con un pequeno poder calorifico se les anaden porcentajes de carbon de alto nivel energetico y/o de carbono no ligado, tal como el coque.

14.- Procedimiento y dispositivo para la gasificacion continua de sustancias solidas y liquidas, segun una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque las sustancias a gasificar con un pequeno poder calorifico son aportadas al reactor de bafo de hierro fundido



dido en estado seco y/o precalentadas.

15.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado

5. porque a las sustancias a gasificar con un pequeño poder calorífico se les añade individualmente o en mezclas opcionales aluminio, silicio y carburo de calcio.

16.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado

10. porque para incrementar y/o regular la temperatura del baño de hierro fundido, a dicho baño se le aporta independientemente de las sustancias a gasificar carbón de alto nivel energético, carbono sin ligar, aluminio, silicio o carburo de calcio, independientemente o en una

15. mezcla opcional.

17.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado

20. porque el reactor de baño de hierro fundido funciona con sobrepresión y la gasificación se produce a una temperatura localizada aproximadamente entre 1350 y 1450°C.

18.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizado por

25. que el gas de reducción formado se enfría después de haber abandonado el reactor de baño de hierro fundido, a base de introducir gas inerte.

19.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, se-

30. ficación continua de sustancias sólidas y líquidas, se-

A handwritten signature in dark ink, consisting of several stylized, overlapping loops and lines, located in the bottom left corner of the page.



gún una de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizado porque la escoria con alto contenido de azufre y procedente del reactor de baño de hierro fundido se pasa en estado líquido a un recipiente de reacción, en dicho re-
5. cipiente se desulfura a base de introducir oxígeno o medios con contenido de oxígeno con o sin adición de gas inerte, y a continuación se envía de regreso en estado líquido al reactor de baño de hierro fundido.

20.- Procedimiento y dispositivo para la gasi-
10. ficación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 19, caracterizado porque el contenido de azufre en la escoria de desulfuración es mantenido en el reactor de baño de hierro fundido sustancialmente por debajo del valor de saturación
15. con azufre.

21.- Procedimiento y dispositivo para la gasi-
ficación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 20, caracterizado porque el contenido de azufre en la escoria es manteni-
20. do en el reactor de baño de hierro fundido aproximadamente entre 1% y 3%, y preferentemente al 1%.

22.- Procedimiento y dispositivo para la gasi-
ficación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 21, caracterizado porque
25. la temperatura de la escoria en el recipiente de reacción para la desulfuración es de aproximadamente 1350 a 1450°C.

23.- Procedimiento y dispositivo para la gasi-
ficación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado
30.



porque en la mampostería refractaria de un reactor de baño de hierro fundido están dispuestas, por debajo de la superficie del baño de hierro fundido, una o varias toberas consistentes en tubos concéntricos para la gasificación continua de sustancias sólidas y/o líquidas con contenido de carbono y/o de hidrocarburos.

24.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según la reivindicación 23, caracterizado porque las toberas constan de un tubo central y dos tubos concéntricos.

25.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según la reivindicación 23, caracterizado porque las toberas constan de cuatro tubos concéntricos.

26.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según la reivindicación 23, caracterizado porque las toberas constan de intersticios anulares concéntricos y un núcleo interior sólido de la tobera.

27.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según las reivindicaciones 23 a 26, caracterizado porque en uno o varios canales de las toberas están previstos elementos directrices que provocan trayectorias helicoidales.

28.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 23 a 27, caracterizado porque para el transporte de cada elemento reactivo y de cada medio están previstos en la tobera uno o varios ca-



- 7 M

nales.

29.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 23 a 28, caracterizado

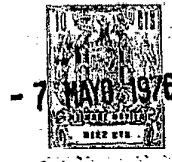
5. porque uno o varios de los tubos concéntricos están acortados, como consecuencia de lo cual se produce una mezcla de los elementos reactivos en el interior de la tobera y antes de la embocadura de la misma.

10. 30.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 23 a 29, caracterizado porque están previstas esencialmente dos cámaras de reacción análogas a convertidores y separadas en cuanto al

15. espacio del gas, que son concretamente el reactor de baño de hierro fundido y un recipiente de reacción para la desulfuración de la escoria, y porque ambas cámaras están conectadas entre sí a través de dos canales para el transporte de la escoria, que son concretamente un canal de extracción de la escoria y un canal de retorno
20. de la escoria.

25. 31.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 23 a 30, caracterizado porque el canal de extracción entre el reactor de baño de hierro fundido y el recipiente de reacción para la desulfuración presenta una cámara de estabilización.

30. 32.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 23 a 31, caracterizado porque está previsto un elevador por presión de gas pa-



ra el transporte de la escoria desulfurada desde el recipiente de reacción para la desulfuración de la escoria hacia el canal de retorno de la escoria.

5. 33.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 23 a 32, caracterizado porque el canal de retorno de la escoria presenta un rebosadero a través del cual puede extraerse continuamente una parte de la escoria desulfurada.

10. 34.- Procedimiento y dispositivo para la gasificación continua de sustancias sólidas y líquidas, según una de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado por la utilización de los gases fabricados en calidad de gas de reducción para aplicaciones metalúrgicas, y en especial para la reducción de minerales de hierro.

Sean cuales fueren las circunstancias que concurren en la esencialidad de la Patente de Invención, definida en las anteriores reivindicaciones, cuyo objeto es:

20. 35.- "PROCEDIMIENTO Y DISPOSITIVO PARA LA GASIFICACION CONTINUA DE SUSTANCIAS SOLIDAS Y LIQUIDAS".

Consta la presente memoria de cuarenta y ocho hojas foliadas, mecanografiadas por una sola cara y de

A handwritten signature or mark, possibly initials, located at the bottom left of the page. It consists of several overlapping, stylized lines.



los dibujos unidos a la misma.

Barcelona, 7 MAYO 1976

P.A. de EISENWERK-GESELLSCHAFT mbH MAXIMILIAN
SHUTTE,

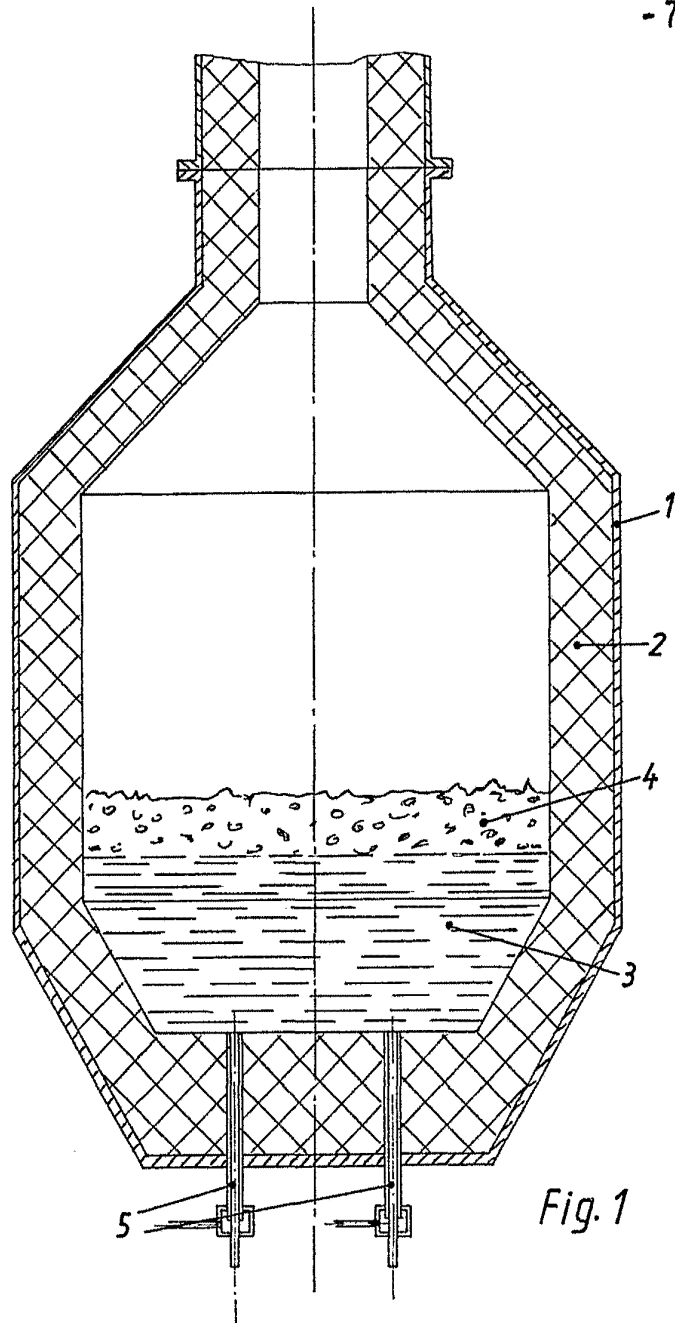
ALFONSO DURÁN

P.P. Alfonso Durán

JR/ga.



10
-7 MAYO 1976
P. P. ALFONSO DURAN
S. P. A.



BARCELONA - 7 MAYO 1976
P. A. ALFONSO DURAN

P. P. *Alfonso Duran*

ESCALA VARIABLE

-7 MAYO 1976

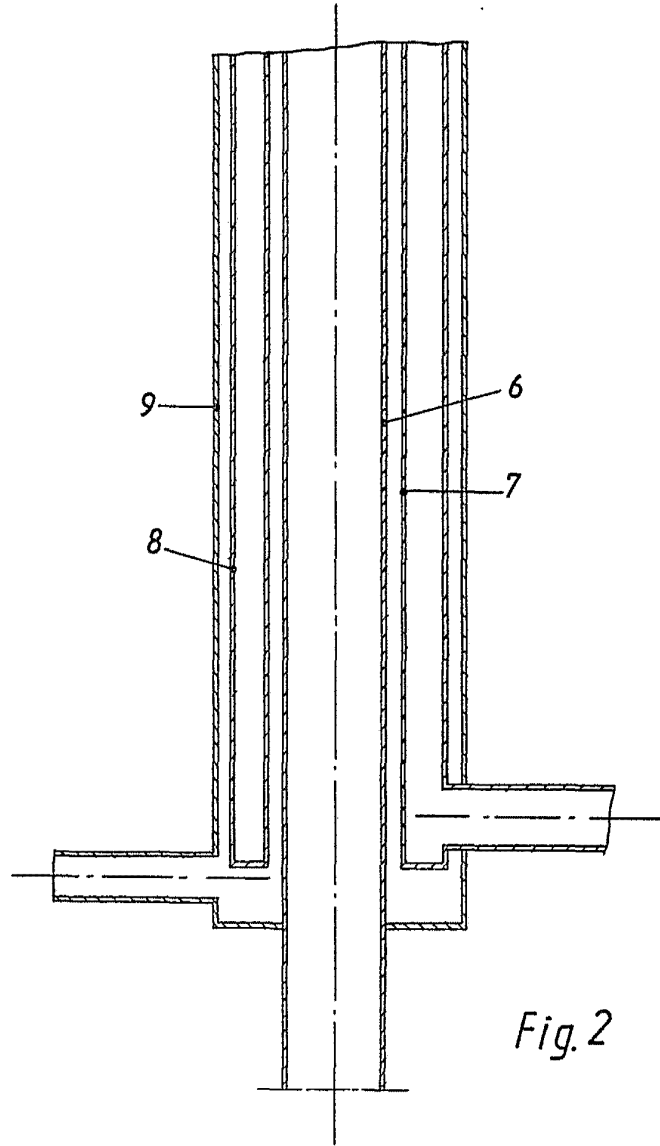


Fig. 2

ESCALA VARIABLE

BARCELONA - 7 MAYO 1976
P. A. ALFONSO DURAN

P. P. *Alfonso Duran*

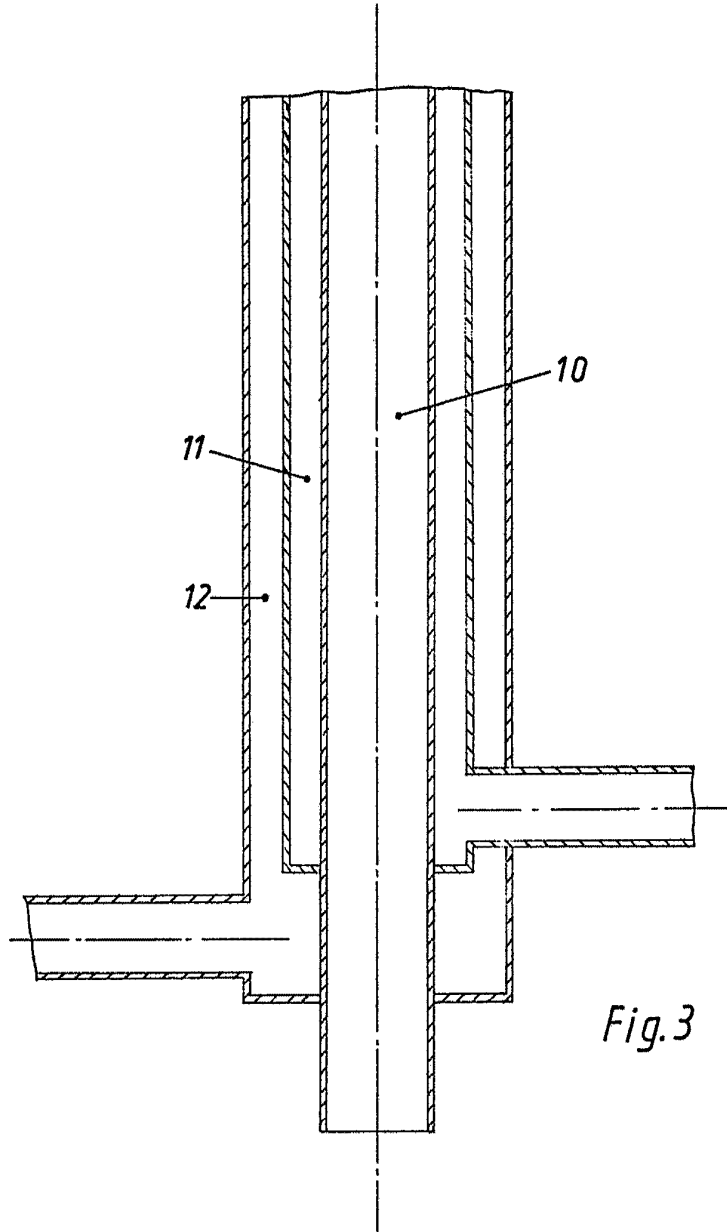


Fig.3

ESCALA VARIABLE

BARCELONA - 7 MAYO 1976
P.A. ALFONSO DURÁN

P.P. *Alfonso Durán*

- 7 MAYO 1976

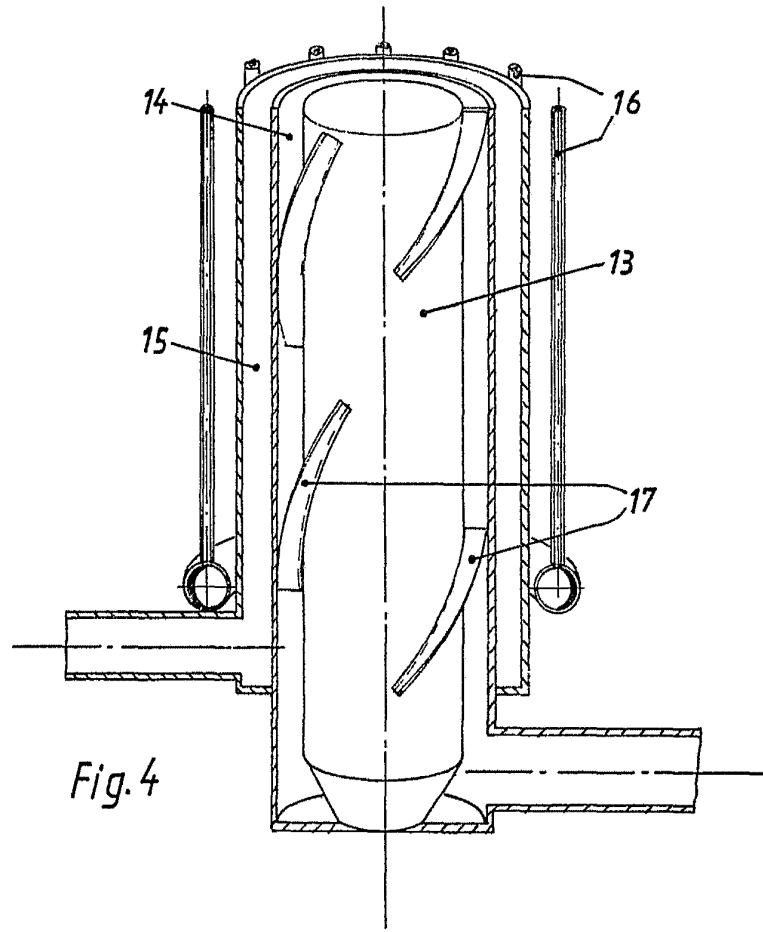


Fig.4

BARCELONA = 7 MAYO 1976
P. A. ALFONSO DURÁN

P. P. *Luis Alfonso Durán*

ESCALA VARIABLE

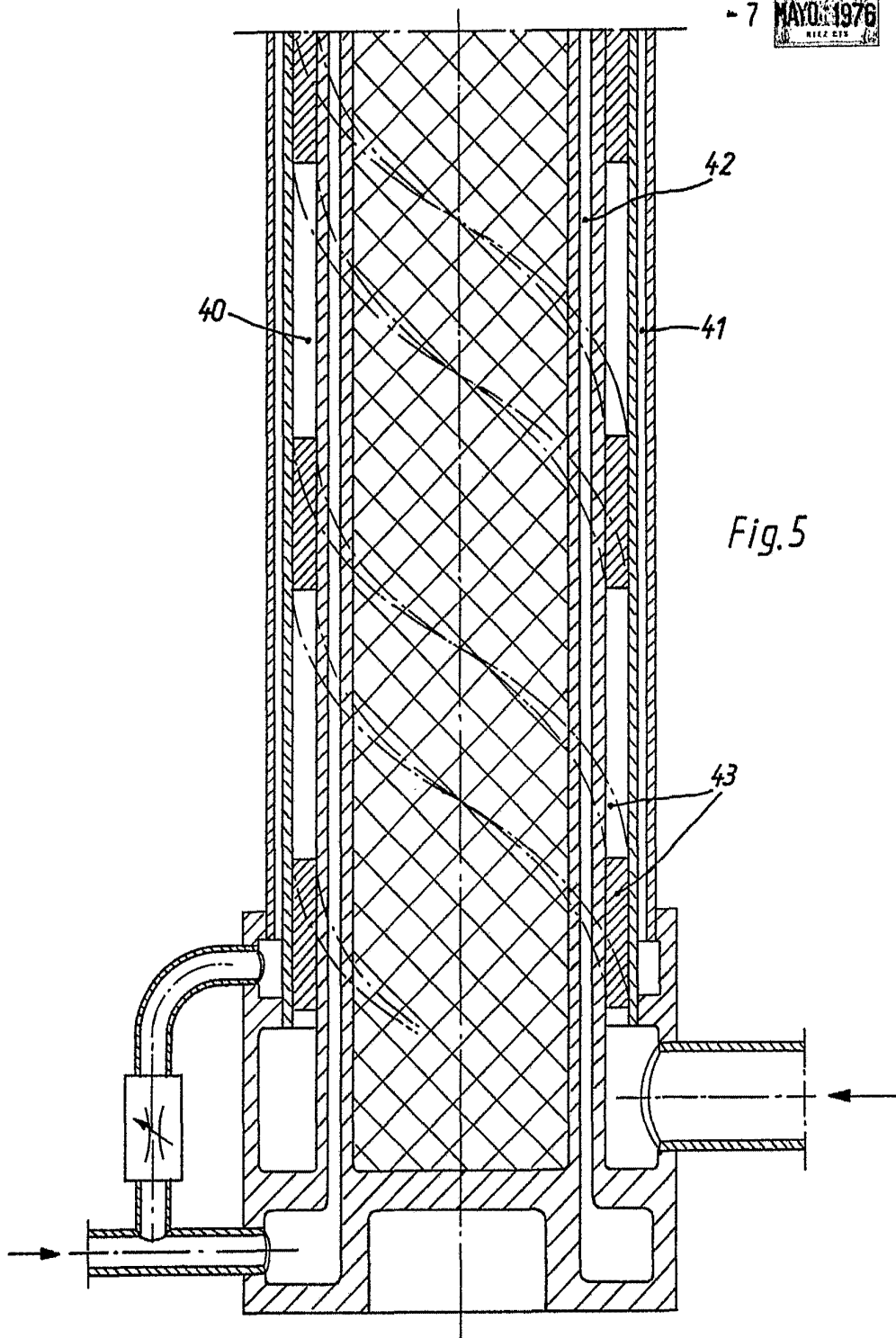


Fig.5

BARCELONA - 7 MAYO 1976
P.A. ALFONSO DURAN

P.P. *Alfonso Duran*

ESCALA VARIABLE

10 218
-7 MAYO 1976
DISEÑOS

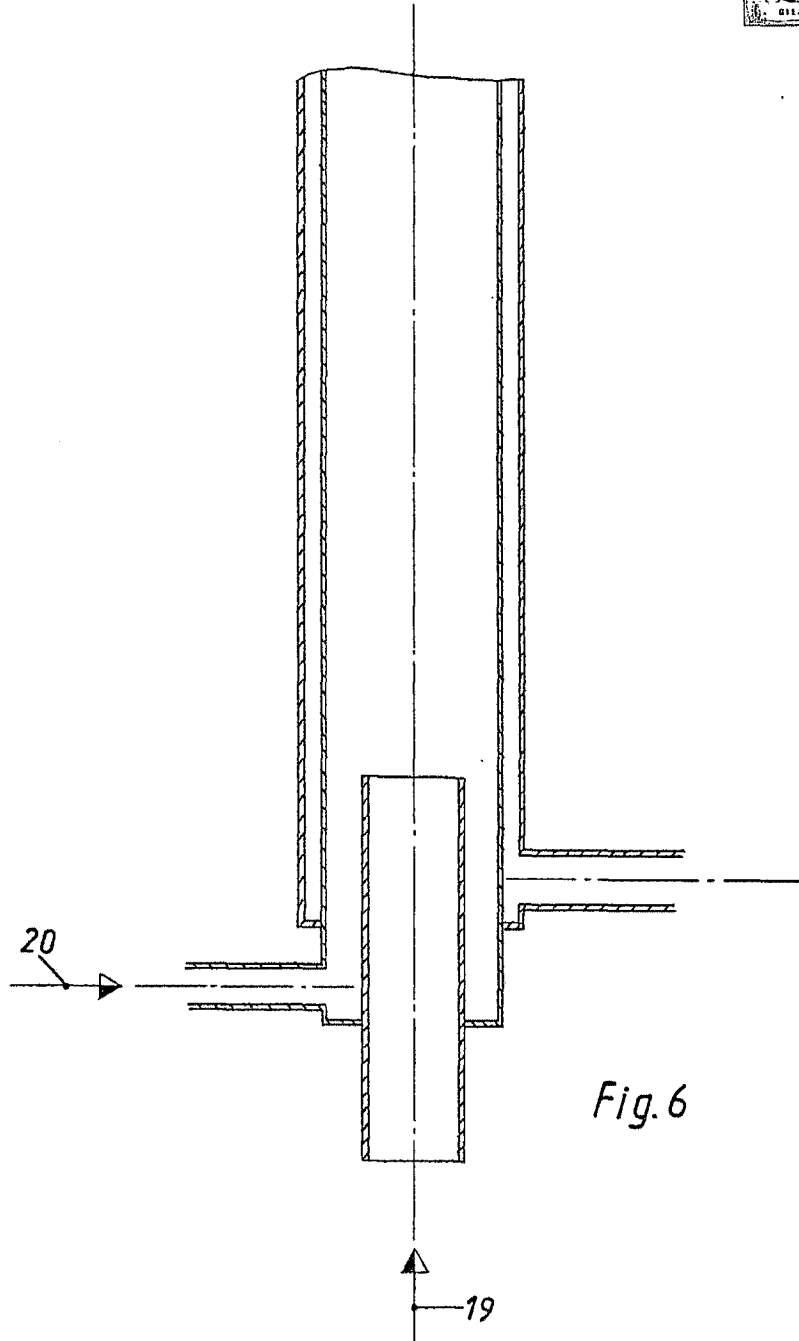


Fig.6

BARCELONA - 7 MAYO 1976
P.A. ALFONSO DURAN

P.P. *[Handwritten signature]*

ESCALA VARIABLE

-7 MAYO 1976

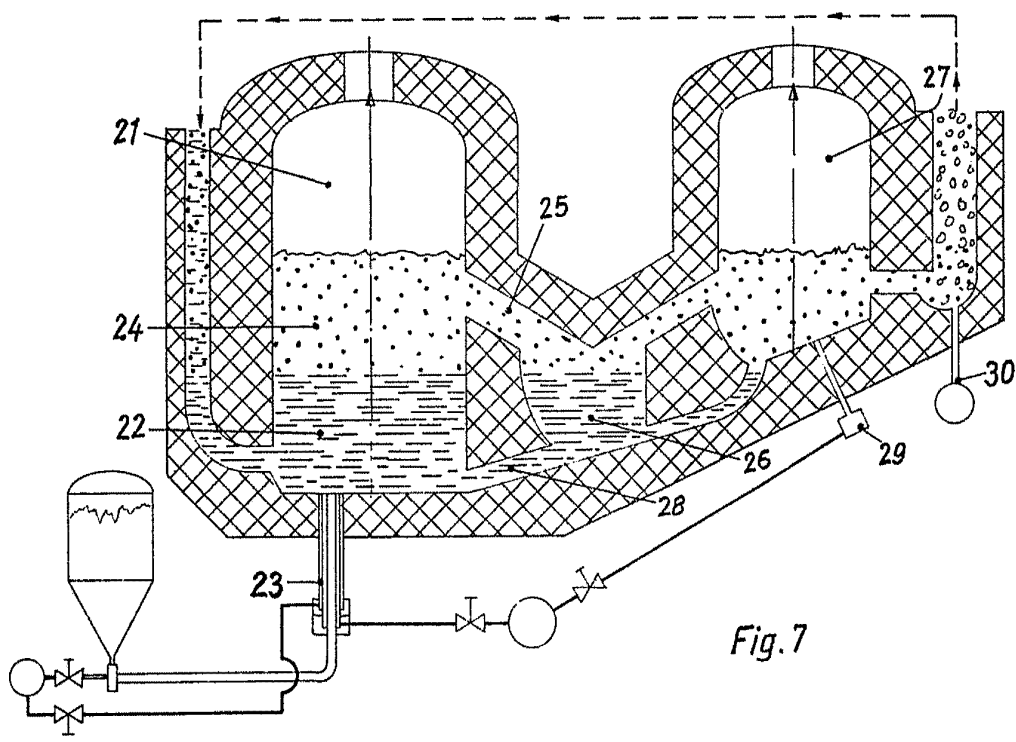


Fig. 7

BARCELONA - 7 MAYO 1976
P. A. ALFONSO DURÁN

P. P.
Alfonso Durán

ESCALA VARIABLE

-7 MAYO 1976

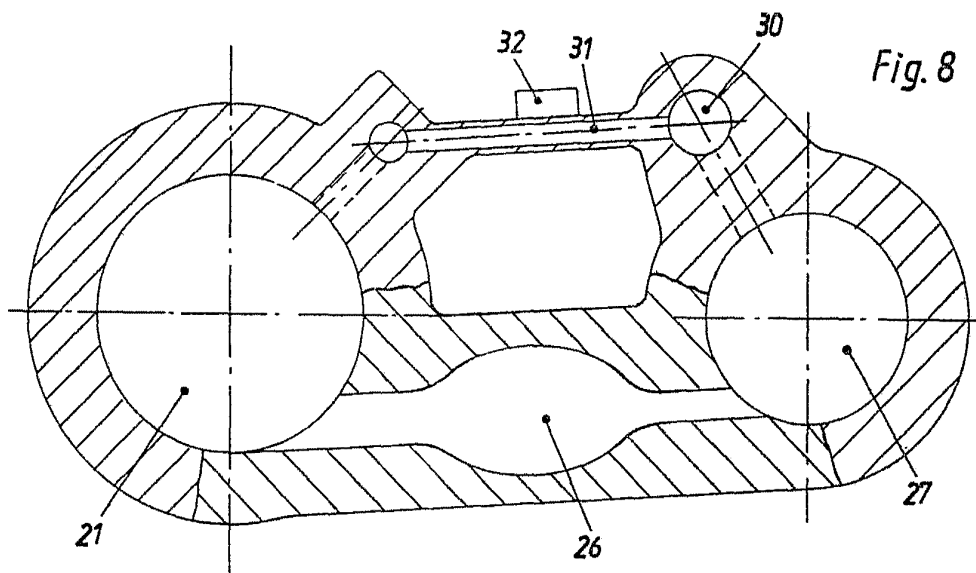


Fig. 8

BARCELONA - 7 MAYO 1976
P.A. ALFONSO DURAN

P.P. *Alfonso Duran*

ESCALA VARIABLE