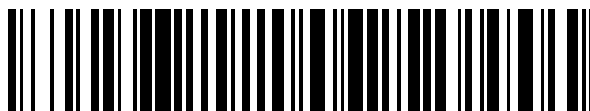


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 854**

51 Int. Cl.:

C03B 5/235

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2006** **E 06779045 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013** **EP 1904408**

54 Título: **Procedimiento de elaboración de vidrio**

30 Prioridad:

13.07.2005 FR 0552202

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

16.08.2013

73 Titular/es:

SAINT-GOBAIN ISOVER (50.0%)

18, avenue d'Alsace

92400 Courbevoie , FR y

SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE (50.0%)

72 Inventor/es:

LECONTE, JEAN-GÉRARD

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 418 854 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de elaboración de vidrio

La invención se refiere a un procedimiento de elaboración de vidrio. Se interesa más concretamente por un procedimiento en el cual al menos una llama viene a impactar contra la capa de composición.

- 5 La elaboración del vidrio requiere elevadas temperaturas, a menudo del orden de 1400°C a 1700°C según el tipo de vidrio. Grandes cantidades de energía son así necesarias, no sólo para la fusión de las materias primas, sino también para acelerar las reacciones químicas entre dichas materias primas, en particular, las reacciones de disolución de la sílice (elemento mayoritario de la mayoría de los vidrios industriales, y aquellos cuya temperatura de fusión es la más elevada). Una elevada temperatura es también necesaria para eliminar todas las inclusiones gaseosas del baño de vidrio en fusión, siendo esta etapa denominada "de afinado".

- 10 Estas inclusiones gaseosas tienen varios orígenes. Proceden principalmente del aire encapsulado entre los granos de las materias pulverulentas y de la desgasificación debida a algunas reacciones químicas que se producen durante la etapa de fusión del vidrio. Así, las materias primas carbonatadas (tal como, por ejemplo, el carbonato de sodio, la caliza o la dolomía) liberan grandes cantidades de dióxido de carbono bajo forma gaseosa. Las inclusiones gaseosas pueden también deberse a reacciones de desolubilización de algunos gases en algunas condiciones, o a reacciones químicas o electroquímicas entre el vidrio fundido y algunos materiales presentes en los hornos (cerámicas refractarias y/o metales). Las inclusiones gaseosas se encuentran encapsuladas en la masa de vidrio fundido, en el que se pueden escapar a una velocidad proporcional al cuadrado de su diámetro. Así las pequeñas burbujas (a veces llamadas "pulgas") no pueden escaparse sino a velocidades extremadamente bajas. La velocidad de aumento de las burbujas puede por otro lado ser frenada por la viscosidad del vidrio y por movimientos de convección que pueden arrastrar las burbujas hacia la placa del horno. La viscosidad disminuye cuando la temperatura aumenta, una elevada temperatura es así necesaria para obtener un vidrio libre de inclusiones gaseosas.

- 20 En los hornos de producción del vidrio, la energía se aporta generalmente al vidrio por quemadores y/o por electrodos sumergidos en el vidrio.

- 25 En la mayoría de los hornos industriales, en particular para el caudal de vidrio plano, botellas o fibras, algunos quemadores están dispuestos en las paredes laterales o en el piñón aguas arriba de los hornos para desarrollar una llama paralela a la superficie del baño de vidrio. Se habla, en particular, de quemadores "aéreos", ya que la llama no viene a impactar contra la superficie del baño de vidrio. Esta llama permite el calentamiento del baño de vidrio por radiación, en parte directa, pero también indirecta gracias a la presencia de una bóveda dispuesta sobre los quemadores, viniendo dicha bóveda a reflejar la radiación térmica.

- 30 Según una geometría denominada "de quemadores transversales", frecuentemente empleada en los hornos de fusión para el vidrio plano, estos quemadores aéreos están dispuestos sobre las paredes laterales o largueros, y las llamas se desarrollan transversalmente en el sentido del flujo del vidrio fundido. La carga de las materias primas entonces se realiza generalmente por el piñón aguas arriba del horno.

- 35 Según otra geometría, más frecuentemente empleada en el ámbito del acondicionamiento (botellas, potes, frascos...) y denominado "de bucle", una gran llama se desarrolla desde el piñón aguas arriba del horno, en el sentido del flujo del vidrio fundido.

- 40 Se emplean dos grandes familias de quemadores en función de la naturaleza del comburente utilizado. En el caso en que el aire se utiliza como comburente, técnicas de recuperación del calor permiten limitar las pérdidas energéticas debidas al calentamiento de una gran cantidad de nitrógeno no reactivo y por lo tanto inútil. Según las técnicas más corrientes, se almacena una parte del calor generado por la reacción de combustión en recuperadores o regeneradores formados por apilamientos de materiales refractarios, siendo este calor reutilizado a continuación para precalentar el aire que sirve para la combustión.

- 45 El oxígeno se puede también emplear como comburente, lo que no requiere la construcción de tales recuperadores.

- 50 Cuando los vidrios son difíciles de fundir, o cuando un aumento de la tirada es necesario, se emplea generalmente un "boosting". En el caso de los vidrios absorbentes la radiación infrarroja por ejemplo, se puede utilizar electrodos a nivel de la placa del horno para aportar un excedente de energía y así acelerar la fusión. La absorción de la radiación infrarroja por el baño de vidrio impide en efecto a dicha radiación que penetre en las capas más próximas a la placa.

- 55 Se describieron otras técnicas de fusión o de "boosting", que consisten en generar una llama de un quemador de oxígeno por contacto directo del baño de vidrio o de la capa de composición. Se denomina "capa de composición" la zona en que el baño de vidrio en fusión es cubierto por las materias primas pulverulentas y aún no fundidas. Esta zona se sitúa cerca de las enforadoras que sirven para la introducción en el horno de las materias primas. Las materias primas pulverulentas incluyen también el "casco de vidrio", es decir, el vidrio reciclado triturado.

La solicitud de patente internacional n° WO 82/04246 describe así un procedimiento en el cual las llamas de quemadores de oxígeno vienen a impactar contra el baño de vidrio, en los lugares donde no está cubierto por las materias primas. La solicitud de patente europea n° 546238 describe un procedimiento en el cual la llama generada por el quemador de oxígeno entra en contacto con el vidrio fundido en el interfaz entre el baño de vidrio descubierto y la capa de composición. En la solicitud de patente europea n° 1.077.901 en cambio, esto es en la proximidad inmediata de la capa de composición donde se forma la llama con oxígeno, la cual es procedente de un quemador situado en bóveda y se forma perpendicularmente a la superficie del baño de vidrio. La llama con oxígeno, cuya temperatura adiabática es muy elevada, permite así transferir de la energía al baño de vidrio o a la capa de composición a la vez por radiación y por convección, aumentando así la tirada, es decir, la cantidad de vidrio producida por unidad de tiempo.

Estos procedimientos no están no obstante desprovistos de inconvenientes, en particular, en términos de calidad del vidrio.

Este tipo de procedimiento no se puede emplear en el caso de los vidrios ricos en elementos volátiles tales como los óxidos alcalinos (óxidos de sodio, de potasio o de litio) y/o el óxido de boro, ya que de se producen escapes importantes, que se traducen en una disminución importante del contenido en dichos elementos. Estos escapes perjudican a la calidad del vidrio, al medio ambiente (requiriendo entonces la adquisición de sistemas de descontaminación especialmente costosos), así como a la estabilidad de la composición del vidrio y, por lo tanto, de sus propiedades físico-químicas.

Del mismo modo, en los vidrios pobres en óxidos alcalinos, se encuentran algunos problemas de afinado, debidos a rebullidos intempestivos.

Finalmente, la posición de los quemadores a nivel de la bóveda supone problemas de debilitamiento de esta última.

La invención tiene por objeto evitar estos inconvenientes proponiendo un procedimiento que permite mejorar la fusión del vidrio aumentando al mismo tiempo la tirada sin perjuicio de la calidad de afinado. Otro objetivo de la invención es evitar el debilitamiento de la bóveda de los hornos.

La invención tiene por objeto un procedimiento de elaboración del vidrio según la reivindicación 1.

Según la invención, se emplea por lo tanto el aire como comburente. Por "aire", se debe entender el aire no enriquecido en oxígeno, por lo tanto incluye aproximadamente 20% de oxígeno y 80% de nitrógeno.

Los inventores se dieron cuenta que la llama producida al utilizar el aire como comburente permite combinar una serie de ventajas inesperadas.

Resulta en efecto que tal llama permite limitar los escapes de elementos volátiles, probablemente a causa de una temperatura de llama menos elevada. Además, se observa una mejora de la calidad de afinado, en particular para vidrios pobres en alcalinos. Estos vidrios están, en efecto, habitualmente afinados con la ayuda de sulfato de sodio, de óxido de azufre SO_3 siendo entonces disueltos en el baño de vidrio. Los vidrios pobres en óxidos alcalinos presentan no obstante una baja solubilidad en este elemento, lo que genera riesgos de rebullido intempestivo. Se observa tal rebullido, dañino para la calidad de afinado, en efecto cuando una llama con oxígeno se emplea, pero no se produce en el caso en que se utilice una llama en la cual el aire se utiliza como comburente. Parece que los altos contenidos en agua típicos de una atmósfera de fusión de oxígeno fuera la causa de este rebullido.

El procedimiento según la invención permite también disminuir los riesgos de debilitamiento de la bóveda. Esta ventaja resulta también de la disminución de los escapes de materias volátiles y de la diferencia de atmósfera de combustión.

A pesar de la más baja temperatura adiabática de llama entre la llama con aire y la llama con oxígeno, en cambio resultó asombroso que la modificación de comburente no se acompaña de ninguna reducción significativa de la tirada.

Según un modo de realización de la invención, la parte fundamental de la energía es aportada al baño de vidrio por el empleo de tal procedimiento. La invención emplea entonces un horno especialmente dedicado a este procedimiento, que no posee por otra parte quemadores aéreos.

No obstante, se prefiere un modo alternativo, en el cual los inyectores se emplean para aportar un excedente de energía ("boosting") en un horno que incluye al menos un quemador aéreo, preferentemente en un horno que incluye al menos un quemador aéreo en el que el comburente es el aire y al menos un regenerador o un recuperador de calor.

La elección de la disposición de los inyectores en bóveda depende de la configuración del horno, en particular cuando el procedimiento consiste en aportar un "boosting" a un horno ya existente.

Todos los tipos de asociaciones de inyectores se pueden considerar en el marco de la presente invención.

- La inyección de aire y de combustible gaseoso o líquido tal como el gas natural o el fuel se puede así hacer por medio de un quemador que incluye al menos un conducto sensiblemente cilíndrico interno para el combustible y un conducto externo y concéntrico al conducto interno para el aire. Cuando el combustible se inyecta por medio de un solo conducto interno, no es no obstante posible regular independientemente los caudales y las velocidades de los gases. Por lo tanto, es preferible que el combustible, cuando es gaseoso, sea inyectado a dos presiones diferentes por medio de dos conductos internos concéntricos.
- Se pueden también emplear inyectores separados, siendo el combustible y el comburente inyectados a partir de lugares diferentes del horno tales como la bóveda, el piñón aguas arriba o las paredes laterales. Las dos inyecciones así separadas se regulan entonces de tal modo que los dos chorros, el chorro de aire y el chorro de combustible, se encuentran en la proximidad inmediata de la capa de composición, por lo tanto, de la zona en que las materias primas pulverulentas recubren el baño de vidrio, generando en este lugar preciso una llama, punto de la combustión. El aire puede así inyectarse por medio de un inyector situado en la bóveda del horno, y el combustible inyectado por un inyector situado en las paredes laterales del horno, o a la inversa. Es también posible que un inyector de aire se asocie a varios inyectores de combustible, o a la inversa.
- En todos los casos, la llama sólo se genera en la proximidad inmediata de la zona en que dichas materias primas pulverulentas recubren el baño de vidrio (capa de composición), lo que permite evitar cualquier recalentamiento de la bóveda o de las paredes del horno, maximizando al mismo tiempo la transferencia térmica a las materias primas. Ventajosamente la llama incluso se regula de tal modo que se extiende sobre la capa de composición recubriendo la mayor parte de dicha capa de composición. Por proximidad inmediata, se debe entender que la llama, dirigida desde la parte alta del horno hacia la capa de composición, se forma en una zona situada justo por encima de la capa de composición; la energía generada por la llama es así transmitida muy eficazmente a las materias primas, principalmente por convección.
- Se observa que una óptima transferencia térmica a las materias primas se realiza cuando el impulso específico de la asociación de inyectores está comprendido entre 2 y 4 N/MW, en particular, entre 2,6 y 3,2 N/MW. El impulso específico se define en el sentido de la presente invención como la suma de los impulsos (caudal de cantidad de movimiento) del aire y del combustible referido a la potencia de la asociación de inyectores. Se obtiene entonces una transferencia térmica óptima, que se caracteriza por una llama que se forma solamente en la proximidad inmediata de la capa de composición (justo por encima).
- Los flujos de combustible y de aire a la salida de los inyectores no son generalmente laminares, en el sentido en que el número de Reynolds (Re) es superior a 2000. A pesar de eso, no se observa ninguna mezcla reactiva de los dos chorros, en la medida en que se regula convenientemente el impulso específico.
- Entradas de aire suplementarias se pueden crear ventajosamente de tal manera que se emplea una combustión escalonada.
- Según un modo de realización preferido del procedimiento según la invención y con el fin de mejorar aún más la transferencia térmica a las materias primas, el aire utilizado como comburente se precalienta a una temperatura de al menos 500°C antes de su entrada en el horno.
- El caudal de combustible preferentemente está comprendido entre 50 y 300 Nm³.h⁻¹, estando, por lo tanto, la potencia de cada asociación de inyectores comprendida entre 0,5 y 3 MW.
- El combustible gaseoso o líquido y el aire se pueden introducir en proporciones estequiométricas. Pueden, sin embargo, ser preferido en algunos casos otras condiciones, tales como condiciones sub-estequiométricas, por lo tanto, reductoras (insuficiencia de aire). Es por ejemplo el caso cuando se desean vidrios que presentan un elevado rédox (superior a 0,3, o incluso a 0,5), siendo definido el rédox por la cantidad de hierro presente en el vidrio bajo la forma reducida (hierro ferroso) referido a la cantidad total de hierro.
- Tal como se indica *supra*, el procedimiento según la invención presenta un máximo de ventajas para la elaboración de vidrios que contienen materias volátiles tales como los óxidos alcalinos o el óxido de boro. El procedimiento según la invención preferentemente se emplea, por lo tanto, para la elaboración de vidrios cuya composición química comprende más de 3%, o incluso 4% en peso de óxido de boro y/o más el 12%, o incluso de 15% de óxidos alcalinos.
- El procedimiento según la invención así ventajosamente está destinado a elaborar vidrios para de fibras de aislamiento térmico y fónico, cuya composición comprende los constituyentes siguientes dentro de los límites definidos a continuación expresados en porcentajes ponderales:

SiO ₂	45 a 75
Al ₂ O ₃	0 a 10
CaO	0 a 15
MgO	0 a 15
Na ₂ O	12 a 20
K ₂ O	0 a 10
B ₂ O ₃	3 a 10
Fe ₂ O ₃	0 a 5
P ₂ O ₅	0 a 3

Especialmente el procedimiento según la invención también se adapta a la elaboración de vidrios pobres en óxidos alcalinos, en particular para vidrios que contienen menos de 2% en peso de óxidos alcalinos, o incluso menos de 1% o de 0,5%.

- 5 Entre estos vidrios, figuran vidrios utilizables como substratos de pantallas LCD (Liquid Crystal Display), vidrios cuya composición comprende los constituyentes siguientes dentro de los límites definidos a continuación expresados en porcentajes ponderales:

SiO ₂	58-76%
B ₂ O	3-18%, en particular, 5-16%
Al ₂ O ₃	4-22%
MgO	0-8%
CaO	1-12%
SrO	0-5%
BaO	0-3%

- 10 Ces vidrios acumulan en efecto la presencia de óxido de boro y el bajo contenido en óxidos alcalinos, lo que vuelve el procedimiento según la invención especialmente adaptado a su elaboración.

La invención se comprenderá mejor a la lectura de los ejemplos de realización y las figuras siguientes, que ilustran la invención sin que por ello lo limite.

La Figura 1 representa de manera esquemática un corte longitudinal de un horno que sirve para el empleo del procedimiento según la invención.

- 15 La Figura 2 representa una curva obtenida experimentalmente y que describe la variación observada entre la potencia transmitida a las materias primas y el impulso específico.

La Figura 3 representa una fotografía realizada durante los ensayos de quemadores.

La Figura 1 ilustra un modo de realización según el cual se coloca un quemador en bóveda.

- 20 El horno, construido de materiales refractarios, comprende una placa 1, un piñón aguas arriba 2 y una bóveda 3. Algunos quemadores aéreos 4 están dispuestos según una configuración denominada "en quemadores transversales", por lo tanto sobre las paredes laterales 5 o largueros. De manera esquemática, cuatro quemadores aéreos 4 funcionando con aire han sido representados, otros cuatro quemadores (no representados) estando situados en frente sobre la otra pared lateral. Por regla general, los hornos industriales de este tipo incluyen 6 a 8 pares de quemadores aéreos. En régimen de funcionamiento normal, solamente los quemadores de una misma pared funcionan simultáneamente, los gases de combustión emitidos viniendo a calentar los apilamientos de refractarios situados en los regeneradores de la pared opuesta. Después de un ciclo de aproximadamente 20 minutos, estos quemadores dejan de funcionar y se ponen en marcha los quemadores de la pared opuesta, siendo el aire que sirve de comburente calentado ya que ha circulado en los apilamientos de refractarios de los

regeneradores que acaban de ser calentados. Las llamas de estos quemadores aéreos 4 se desarrollan en paralelo a la superficie 7 del baño de vidrio 6.

Algunas materias primas pulverulentas se introducen por una enfordadora (no representada) y forman una capa de composición 8 sobre la superficie del baño de vidrio 6.

- 5 En Figura 1, está representada una asociación de inyectoros en forma de un quemador 9 situado en bóveda. Este quemador 9 comprende dos cilindros concéntricos, estando el cilindro interno destinado a la inyección del combustible, en este caso del gas natural o metano (CH_4), estando el cilindro externo por su parte destinado a la inyección del aire.

- 10 Los dos flujos fluyen de manera no laminar en una zona 10 sensiblemente perpendicular a la superficie 7 del baño de vidrio 6, luego reaccionan al contacto de la capa de composición 8 para formar una llama 11, base de la reacción de combustión entre el aire y el gas natural.

- 15 La llama 11 permite acelerar el proceso de fusión por distintos fenómenos. La mayor eficacia de la transferencia térmica hacia la capa de composición contribuye obviamente a este aumento de la cinética de fusión. El impulso de la llama 11 modifica por otro lado las corrientes de convección en el baño de vidrio 6 y fuerza las materias primas pulverulentas a penetrar en el baño de vidrio 6, lo que aumenta su velocidad de fusión y de disolución. En ausencia de quemadores que vienen a crear una combustión en la proximidad de la capa de composición, este último sobrenada mucho más tiempo sin reaccionar y cubre por otro lado una zona más importante del baño de vidrio 6, disminuyendo la transferencia térmica de los quemadores aéreos hacia el baño de vidrio.

- 20 La Figura 2 representa una curva que describe la relación entre la potencia transmitida a las materias primas y el impulso específico.

Esta relación se observó a raíz de los ensayos realizados sobre quemadores colocados en bóveda de un horno. Durante estos ensayos, el impulso específico del quemador se adaptó modificando las velocidades de inyección.

- 25 El impulso específico del quemador ha estado representado en abscisa, siendo el eje de las ordenadas asociado a la potencia transmitida a las materias primas (en unidades arbitrarias, estando la potencia máxima asociada a un valor del 100%).

Esta curva pone de manifiesto que el valor de impulso específico de aproximadamente 3N/MW se asocia al máximo de potencia transmitida a la capa de composición, por lo tanto en el caso en que la llama sólo se genere en la proximidad inmediata de la capa de composición.

- 30 La Figura 3 ilustra precisamente un caso en que el impulso específico del quemador es igual a 3N/MW. Se pueden distinguir en la fotografía la capa de composición y la boquilla del quemador situado en bóveda. La llama sólo se genera en la proximidad inmediata de la capa de composición y se extiende sobre dicha capa, transmitiendo por convección la mayor parte de su potencia.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de elaboración del vidrio a partir de materias primas pulverulentas en un horno que incluye paredes laterales, una bóveda, un piñón aguas arriba y al menos un inyector de aire asociado al menos a un inyector de combustible gaseoso o líquido, siendo al menos uno de dichos inyectores dispuesto en dicha bóveda, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de inyección de aire y de combustible gaseoso o líquido por dichos inyectores, siendo dicho procedimiento caracterizado porque la llama o cada llama así generada sólo se genera en la proximidad inmediata de la zona en que dichas materias primas pulverulentas recubren el baño de vidrio y porque el impulso específico de la asociación de inyectores está comprendido entre 2 y 4 N/MW.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, tal que el horno comprende al menos un quemador aéreo donde el comburente es el aire y al menos un regenerador o recuperador.
- 3.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, tal que la inyección de aire y combustible gaseoso o líquido tal que el gas natural o el fuel se hace por medio de un quemador que incluye al menos un conducto sensiblemente cilíndrico interno para el combustible y un conducto externo y concéntrico al conducto interno para el aire.
- 4.- Procedimiento según la reivindicación anterior, tal que el combustible gaseoso se inyecta a dos presiones diferentes por medio de dos conductos internos concéntricos.
- 5.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, tal que el combustible y el aire se inyectan a partir de lugares diferentes del horno.
- 6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, tal que el impulso específico de la asociación de inyectores está comprendido entre 2,6 y 3,2 N/MW.
- 7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, tal que los flujos de combustible y de aire a la salida de los inyectores no son laminares.
- 8.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, tal que el aire utilizado como comburente se precalienta a una temperatura de al menos 500°C antes de su entrada en el horno.
- 9.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, tal que el aire se introduce en condiciones sub-estequiométricas con respecto al combustible con el fin de elaborar un vidrio cuyo rédox es superior a 0,3.
- 10.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, tal que la composición química del vidrio comprende más de 3%, o incluso 4% en peso de óxido de boro y/o más de 12%, o incluso de 15% de óxidos alcalinos.
- 11.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, tal que el vidrio elaborado contiene menos de 2% en peso de óxidos alcalinos.

Fig. 1

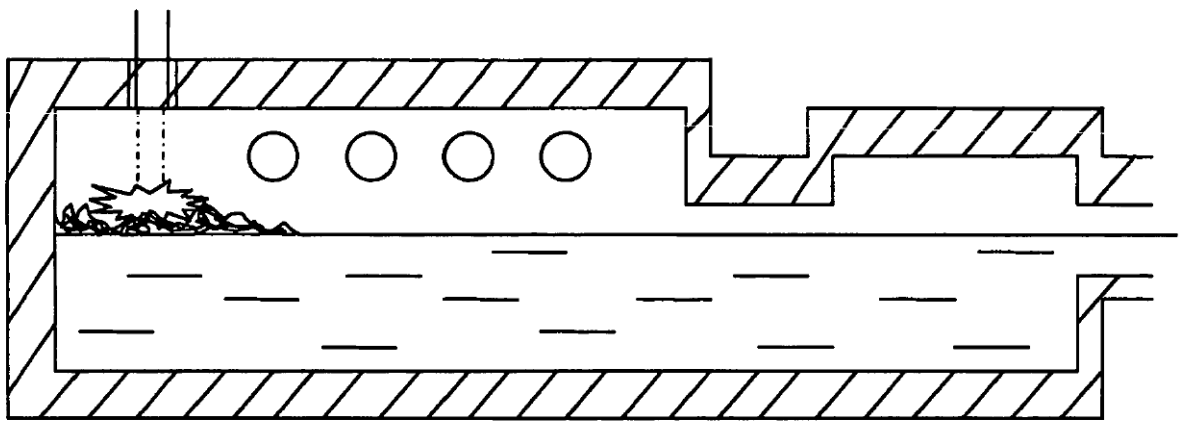


Fig. 2

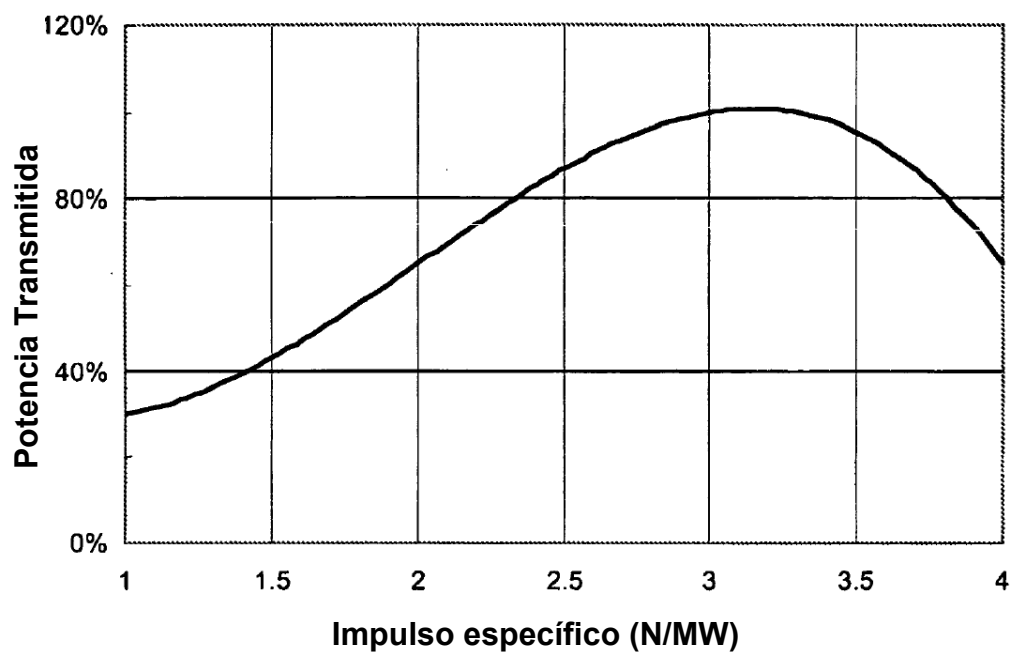


Fig. 3

