

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 914 548**

51 Int. Cl.:

C21D 1/30 (2006.01)
C21C 1/10 (2006.01)
B22D 13/02 (2006.01)
C21D 5/00 (2006.01)
C21D 9/08 (2006.01)
C22C 37/10 (2006.01)
C22C 37/06 (2006.01)
C22C 37/04 (2006.01)
C22C 37/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2017 PCT/EP2017/083378**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2018 WO18114845**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2017 E 17823092 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2022 EP 3555335**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de objeto de fundición de grafito esferoidal**

30 Prioridad:

19.12.2016 FR 1662781

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.06.2022

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN PAM CANALISATION (100.0%)
21 Avenue Camille Cavallier
54700 Pont-à-Mousson, FR**

72 Inventor/es:

**BRUNESSEUX, FABIEN;
NASEDKINA, YANA y
RIMLINGER, RÉMI**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 914 548 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 fabricación de objeto de fundición de grafito esferoidal

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un objeto de fundición de grafito esferoidal fabricado en un molde.
- [0002]** Los tubos de fundición dúctil actuales tienen propiedades mecánicas que deben responder a normas, tales como las normas EN545 y EN598.
- 10 **[0003]** Los tubos de fundición dúctil deben tener en general las características siguientes:
- una resistencia a la tracción superior o igual a 420 MPa y especialmente comprendida entre 420 MPa y 460 MPa, una elongación a la ruptura A superior o igual al 10 % para los diámetros nominales por debajo de o iguales a 1000 mm y superior al 7 % para los diámetros nominales superiores a 1000 mm, y una dureza Brinell HB inferior o igual a 230.
- 15 **[0004]** Los tubos de fundición dúctil conocidos conducen a un grosor de pared importante y a un consumo importante de materia prima con el fin de obtener una resistencia al aplastamiento dada.
- 20 **[0005]** Las aleaciones de fundición o los procedimientos de fabricación son conocidos, por ejemplo, por los documentos FR 2 139 866; US 3,891,432; DE 101 01 159 y JP-H-082 69614, CA838011 y FR759342.
- [0006]** El objeto de la invención es proponer un objeto, y especialmente un elemento de tuberías o un elemento de calzadas que sea más económico que los objetos conocidos y especialmente que tenga propiedades mecánicas optimizadas y un peso bajo para dimensiones dadas.
- 25 **[0007]** En particular, un objeto de la invención es un aumento de la resistencia mecánica de la fundición, con el fin de permitir bien reducir el grosor de los tubos con respecto a los tubos actuales manteniendo la resistencia a la presión en un valor dado o bien alcanzar una resistencia a la presión superior a la de los tubos actuales para un grosor de tubo idéntico.
- 30 **[0008]** El objeto de la invención se aplica también a otros objetos de fundición dúctil de grafito esferoidal distintos de los tubos, tales como racores tubulares y piezas de calzadas obtenidos en la fundición. La invención pretende reducir su peso y/o sus grosores de pared a la vez que se conserva una resistencia mecánica dada.
- 35 **[0009]** Para este fin, la invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un objeto de fundición de grafito esferoidal fabricado en un molde según la reivindicación 1.
- 40 **[0010]** Según realizaciones particulares, el objeto del procedimiento según la invención puede incluir una o varias de las características siguientes:
- la fundición de grafito esferoidal tiene una resiliencia (E), especialmente medida según el ensayo de impacto «Charpy», superior o igual a 10 Julios o superior o igual a 11 Julios a 20 °C;
 - 45 - el contenido de Silicio (Si) de la fundición de grafito esferoidal está comprendido entre el 3,4 % y el 3,6 %;
 - el contenido de Silicio (Si) de la fundición de grafito esferoidal está comprendido entre el 3,5 % y el 3,6 %;
 - el equivalente de carbono CEQ = C (%) + 1/3 Si (%) + 1/3 P (%) de la fundición de grafito esferoidal está comprendido entre el 4,3% incluido y el 4,6% incluido o entre el 4,4 % incluido y el 4,6 % incluido, y está comprendido preferentemente entre el 4,45 % incluido y el 4,55 % incluido y es especialmente igual al 4,5 %;
 - 50 - la fundición de grafito esferoidal tiene una resistencia a la tracción Rm superior a 470 MPa, preferentemente superior a 500 MPa y especialmente superior a 530 MPa;
 - la fundición de grafito esferoidal tiene una elongación a la ruptura A superior o igual al 7 % y especialmente superior o igual al 10 %;
 - la fundición de grafito esferoidal tiene una dureza Brinell HB inferior o igual a 250 HB, y especialmente inferior o igual a 230 HB.
- 55 **[0011]** La presente descripción corresponde también a un elemento de tuberías, tal como un tubo o un racor, o un elemento de calzadas, tal como un registro de calzada o un dispositivo de evacuación de aguas pluviales, que comprende un cuerpo de base, de manera que el cuerpo de base se obtiene por un procedimiento tal como se define anteriormente.
- 60 **[0012]** Según realizaciones particulares, el procedimiento de fabricación puede comprender una o varias de las características siguientes
- 65 - antes de la etapa de vertido de la fundición líquida en un molde, se implementa una etapa de establecimiento del

contenido de Silicio de la fundición, en particular mediante la adición en horno de fusión o en cuchara de materiales que contiene silicio, correspondiendo el contenido de silicio añadido durante esta etapa al contenido de Silicio final de la fundición de grafito esferoidal del objeto menos el contenido de Silicio aportado opcionalmente por tratamientos de esferoidización y de inoculación.

5 - el tratamiento térmico comprende una o varias de las características siguientes:

la primera etapa de calentamiento de la pieza en bruto del objeto es una etapa de calentamiento hasta alcanzar una temperatura de grafitización superior a 900 °C;

10 el tiempo durante el cual que la pieza en bruto del objeto de fundición se mantiene a la temperatura de grafitización durante la segunda etapa de grafitización está comprendido entre 5 y 18 minutos, y preferentemente 15 minutos;

la tercera etapa (ED3) de enfriamiento es una etapa de enfriamiento hasta 800 °C.

[0013] La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que aparece a continuación, dada únicamente a título de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos anexos, en los que:

- la figura 1 es una vista esquemática de una realización de una instalación de fabricación de un elemento de tuberías que forma un objeto según la invención;

20 - la figura 2 es un diagrama de tiempo/temperatura que muestra las diferentes etapas del tratamiento térmico de la pieza en bruto del objeto según la invención fabricada por la instalación de la figura 1;

- la figura 3 es una vista esquemática de una instalación de fabricación de un elemento de tuberías;

- la figura 4 es un diagrama de tiempo/temperatura que muestra las diferentes etapas del tratamiento térmico de la pieza en bruto del objeto fabricada por la instalación de la figura 3;

25 - la figura 5 muestra la resistencia a la tracción, en función del contenido de silicio, de ejemplos de tubos de fundición de grafito esferoidal fabricados por las instalaciones según las figuras 1 y 3;

- la figura 6 es un diagrama que muestra la influencia del contenido de silicio en la resiliencia de tubos de fundición de grafito esferoidal fabricados por las dos instalaciones según las figuras 1 y 3; y

- la figura 7 muestra la influencia del contenido de silicio en la elongación a la ruptura de tubos de fundición de grafito esferoidal fabricados por las dos instalaciones según las figuras 1 y 3.

30 **[0014]** En la Figura 1 se representa una instalación de fabricación de un tubo de fundición de grafito esferoidal según una realización de la invención, denotada por la referencia general 2.

35 **[0015]** La instalación 2 comprende una cuchara de alimentación 4, un dispositivo de vertido 6, un canal de colada 8, un dispositivo de inoculación 9, un molde rotatorio 10, un dispositivo de enfriamiento 12 y un dispositivo 14 de extracción.

[0016] La instalación 2 sirve para fabricar por centrifugación elementos de tubería 15, por ejemplo, tubos. El elemento de tuberías 15 forma un objeto o un cuerpo de base 16 de fundición de grafito esferoidal.

40 **[0017]** La cuchara de alimentación 4 es un crisol de material refractario que contiene metal líquido, tal como fundición.

45 **[0018]** El dispositivo de vertido 6, también denominado "basket", tiene un volumen que corresponde a la cantidad de metal líquido necesario para fabricar uno o varios cuerpos de base 16. El dispositivo de vertido 6 puede estar inclinado en una posición de vertido del metal líquido en el canal de colada 8.

50 **[0019]** El canal de colada 8 conduce el metal líquido del dispositivo de vertido 6 hasta el molde 10. Comprende una entrada 20 situada cerca del dispositivo de vertido 6 y una salida 22 que se extiende en el molde 10. El canal de colada 8 está inclinado con respecto a la horizontal de tal manera que la salida 22 esté situada más abajo que la entrada 20, lo que permite que la fundición líquida fluya por gravedad.

55 **[0020]** El molde rotatorio 10, también denominado "coquilla", tiene una forma de simetría de revolución, en el ejemplo actual generalmente cilíndrica, de eje X-X, inclinado con respecto a la horizontal de tal manera que sea paralelo al canal de colada 8. En lo sucesivo se usarán las expresiones "axialmente" y "radialmente" en referencia a este eje X-X. El molde 10 tiene una superficie interior 24 de forma que es la superficie negativa del cuerpo de base 16, así como una superficie exterior cilíndrica 26. La superficie interior 24 está provista de una rugosidad controlada denominada "peening", que permite arrastrar el metal líquido en rotación durante su colada en el molde 10.

60 **[0021]** El molde 10 comprende un extremo de espiga 28, girado hacia la entrada 20, y un extremo de empalme 30, que está girado en dirección opuesta a la entrada 20 y que está provisto de un núcleo (no representado). El extremo de espiga 28 forma la espiga del cuerpo de base 16, mientras que el extremo de empalme 30 forma el empalme del cuerpo de base 16.

65 **[0022]** El molde 10 puede ser arrastrado en rotación alrededor del eje X-X. Además, el molde 10 puede ser

arrastrado en traslación a lo largo del eje X-X entre una posición de inicio de colada, en la que la salida 22 está enfrente del extremo de empalme 30, y una posición de fin de colada, en la que la salida 22 está enfrente del extremo de espiga 28.

5 **[0023]** El dispositivo de enfriamiento 12 comprende un medio de aspersión que está adaptado para proyectar líquido de enfriamiento, por ejemplo, agua, sobre la superficie exterior 26 del molde 10. El dispositivo de extracción 14 está adaptado para extraer axialmente del molde 10 la pieza en bruto de cuerpo de base 16 obtenida como resultado de la colada del metal líquido en el molde.

10 **[0024]** Los dispositivos de vertido 6, de enfriamiento 12 y de extracción 14, la cuchara de alimentación 4 así como el canal de colada 8 son conocidos de por sí y no se describen más en detalle. El molde 10 es, por ejemplo, totalmente de acero forjado.

[0025] La instalación comprende además un horno de tratamiento térmico 40.

15 **[0026]** La fabricación del objeto o del cuerpo de base 16 según la invención por medio de la instalación 2 se efectúa del modo siguiente.

20 **[0027]** El procedimiento de fabricación implementado es un procedimiento que tiene las características del procedimiento de fabricación denominado «De Lavaud».

[0028] Se introduce fundición líquida en la cuchara de alimentación 4. La fundición líquida en la cuchara 4 es tal que el objeto o cuerpo de base 16 obtenido con el procedimiento de fabricación según la invención tiene la composición química definida a continuación, y en particular tiene el contenido de Silicio según la invención. El establecimiento del contenido final de Silicio del objeto o del cuerpo de base 16 se realiza antes de la etapa de colada en el molde 10, por adición de materiales que contienen silicio, especialmente aleaciones de FeSi. Estas adiciones se efectúan, por ejemplo, en el baño de fundición líquida de los hornos eléctricos o en cucharas de alimentación. Los aportes posibles de silicio resultantes de tratamientos de esferoidización y/o de inoculación que usan agentes a base de silicio deben ser tenidos en cuenta para determinar la cantidad de silicio que se añadirá al metal líquido para obtener un objeto o cuerpo de base 16 que tenga un contenido de silicio según la invención.

30 **[0029]** Así, el establecimiento del contenido final de Silicio del objeto o del cuerpo de base 16, realizado antes de la etapa de colada en el molde 10, se efectúa añadiendo a la fundición un contenido de Silicio igual al del objeto menos el contenido aportado por la inoculación y/o la esferoidización.

35 **[0030]** El aumento del contenido de silicio de la fundición de grafito esferoidal según la invención no debe obtenerse aumentando la cantidad de agente de inoculación a base de silicio. Así, en el caso del procedimiento De Lavaud, la tasa de Silicio en la fundición del objeto aportada por el agente de inoculación está comprendida entre el 0,1 % y el 0,3%.

40 **[0031]** Se introduce fundición líquida, correspondiente a la cantidad de fundición necesaria para el cuerpo de base 16, en el dispositivo de vertido 6 mediante la cuchara de alimentación 4.

[0032] El molde 10 es arrastrado en rotación alrededor del eje X-X y es llevado a su posición de inicio de colada.

45 **[0033]** A continuación, la fundición líquida se vierte desde el dispositivo de vertido 6 en el canal de colada 8, fluye a lo largo de este y se vierte en el molde 10 en el extremo de espiga 30.

[0034] Sucesivamente, el molde 10 es llevado hacia su posición de fin de colada durante la cual la fundición líquida se vierte progresivamente en la superficie interior 24 del molde y que, antes de que la fundición líquida entre en contacto con la superficie interior 24, el dispositivo de inoculación 9 deposita un agente de inoculación, por ejemplo, un polvo a base de FeSi, sobre la superficie interior 24 del molde 10. Como se describe anteriormente, cuando el agente de inoculación contiene Silicio, es necesario tenerlo en cuenta para el establecimiento del contenido final de silicio del objeto o cuerpo de base 16 moldeado.

55 **[0035]** Antes y durante la etapa de la colada, aparte del agente de inoculación, la superficie interior 24 del molde 10 no está cubierta por otros materiales y en particular carece de todo aislante térmico temporal o material refractario temporal tal como se usa durante el procedimiento de colada denominado «Wetspray» (véase también a continuación en lo relativo a la instalación de la Figura 3).

60 **[0036]** Durante todo el tiempo de la colada, el molde 10 es enfriado por el dispositivo de enfriamiento 12.

[0037] La fundición líquida que se encuentra en el molde 10 es prensada contra la superficie 24 por centrifugación, se solidifica y forma una pieza en bruto 161 del cuerpo de base 16.

65 **[0038]** A continuación, la pieza en bruto 161 del cuerpo de base 16 es extraída del molde 10 por el dispositivo

de extracción 14.

[0039] Después, la pieza en bruto 161 del cuerpo de base 16 se somete a un tratamiento térmico, que se describirá más en detalle más adelante y, como resultado del tratamiento térmico, se obtiene el cuerpo de base 16.

5

[0040] La composición de la fundición de grafito esferoidal usada para el procedimiento de fabricación y, por tanto, la composición del cuerpo de base 16 comprende, en % en peso, Carbono (C) con un contenido inferior o igual al 3,65 %, y Silicio (Si) con un contenido comprendido entre el 3,3% incluido y el 3,7 % incluido.

10 **[0041]** Opcionalmente, la fundición de grafito esferoidal comprende, en % en peso, el o los elementos siguientes:

- Fósforo (P) \leq 0,1 %, y/o
- Manganeso (Mn) \leq 0,6 %, y/o
- 15 - Cromo (Cr) \leq 0,2 %, y/o
- Titanio (Ti) \leq 0,15 %, y/o
- Azufre (S) \leq 0,05 %, y/o
- Magnesio (Mg) entre el 0,005 % incluido y el 0,07 % incluido, y/o
- Cobre (Cu) \leq 0,3%, y/o
- 20 - Níquel (Ni) \leq 0,4 %, y/o
- Molibdeno (Mo) \leq 0,02 %, y/o
- Aluminio (Al) \leq 0,02 %, y/o
- Vanadio (V) \leq 0,04 %.

25 **[0042]** El resto de la fundición de grafito esferoidal es Hierro (Fe), y otros elementos residuales con contenidos inferiores al 0,01 %, debidos al procedimiento de elaboración de la fundición o a las impurezas inevitables.

[0043] La fundición de grafito esferoidal tiene un equivalente de carbono $C_{EQ} = C (\%) + 1/3 Si (\%) + 1/3 P (\%)$ inferior o igual al 4,75 %. Estos % se indican también en % en peso.

30

[0044] Además, la fundición de grafito esferoidal puede tener un equivalente de carbono $CC_{EQ} = C (\%) + 1/3 Si (\%) + 1/3 P (\%)$ inferior o igual a 4,7 %, preferentemente comprendido entre el 4,3% incluido y el 4,6 % incluido y preferentemente comprendido entre el 4,45 % incluido y el 4,55 % incluido. Preferentemente, el equivalente de carbono C_{EQ} es igual al 4,5 %.

35

[0045] El contenido de silicio (Si) está comprendido preferentemente entre el 3,4 % incluido y el 3,6 % incluido, y preferentemente comprendida entre el 3,5 % incluido y el 3,6 % incluido especialmente en el caso del uso del procedimiento De Lavaud como sucede en la presente realización.

40 **[0046]** En la figura 2 se representa el diagrama de tiempo/temperatura durante el tratamiento térmico de la pieza en bruto del cuerpo de base 16 o más en general de una pieza en bruto del objeto de fundición fabricada por la instalación 2 de la figura 1 según el procedimiento de fabricación «De Lavaud». En lo sucesivo los términos «cuerpo de base 16» y «objeto de fundición» se usarán como sinónimos.

45 **[0047]** A modo de recordatorio, este procedimiento de fabricación «De Lavaud» comprende una etapa consistente en verter la fundición líquida en el molde 10 y dejar que la fundición líquida se solidifique obteniendo la pieza en bruto del objeto de fundición; a continuación, se somete a un tratamiento térmico la pieza en bruto del objeto de fundición. Según el procedimiento De Lavaud, se vierte la fundición líquida en el molde 10 cuya superficie interior de forma 24 carece de aislante térmico temporal o de material refractario temporal depositado sobre la superficie interior 24.

50

[0048] Después de la extracción del molde, la pieza en bruto del cuerpo de base está a una temperatura comprendida generalmente entre 900 °C y 1000 °C, y especialmente igual a aproximadamente 950 °C. En la entrada del horno de tratamiento térmico 40, la pieza en bruto del cuerpo de base está a una temperatura comprendida generalmente entre 550 °C y 650 °C, especialmente a una temperatura de aproximadamente 600 °C, que forma la temperatura de inicio del tratamiento térmico en el horno.

55

[0049] En la figura 2 se observa a continuación que, partiendo de esta temperatura de inicio, la pieza en bruto del objeto de fundición se calienta durante un tiempo comprendido entre 2 y 10 minutos durante una primera etapa de tratamiento térmico ED1, hasta alcanzar una temperatura de grafitización superior a 800 °C y en particular superior a 900 °C, pero inferior a 1000 °C. Esta primera etapa ED1 de ascenso de temperatura permite relajar las restricciones internas presentes en la fundición.

60

[0050] A continuación, en una segunda etapa de tratamiento térmico ED2, la pieza en bruto del objeto de fundición se mantiene a la temperatura de grafitización que en el caso actual es igual a 950 °C aproximadamente. La

65

segunda etapa de tratamiento térmico ED2 tiene una duración comprendida entre 5 minutos y 30 minutos, y tiene en su caso una duración de 15 minutos. Durante esta segunda etapa, la cementita se disuelve y se transforma en austenita y en grafito.

5 **[0051]** A continuación, se implementa una tercera etapa de tratamiento térmico ED3. Durante esta etapa, la temperatura desciende, partiendo de la temperatura de grafitización, a una temperatura de comienzo de ferritización comprendida entre 880 °C y 750 °C, en su caso a aproximadamente 800 °C. El descenso de temperatura durante la etapa ED3 se efectúa en un intervalo de tiempo comprendido entre 4 y 7 minutos, preferentemente inferior o igual a 6 minutos.

10

[0052] Después, durante una cuarta etapa de tratamiento térmico ED4, que es una etapa de ferritización, la pieza en bruto del objeto de fundición se enfría lentamente, es decir, a una velocidad de enfriamiento inferior a 40 °C/minuto, preferentemente comprendida entre 20 °C/minuto y 5 °C/minuto, en el interior de un intervalo de temperaturas comprendidas entre 700 °C y 780 °C. Durante esta cuarta etapa, la austenita es transformada en ferrita y en grafito.

15

[0053] A continuación, durante una quinta etapa ED5, la pieza en bruto del objeto de fundición se enfría desde la temperatura de fin de ferritización a una temperatura inferior a 100 °C, y especialmente a la temperatura del aire ambiente de 20 °C.

20

[0054] Así, se obtiene el objeto o el cuerpo de base 16.

[0055] La fundición de grafito esferoidal así obtenida tiene una resistencia a la tracción Rm superior a 470 MPa y preferentemente una resistencia a la tracción Rm superior a 500 MPa y especialmente superior a 530 MPa.

25

[0056] Como puede verse en la figura 5, la fundición de grafito esferoidal que tiene un contenido de silicio tal como se define anteriormente y fabricada por el procedimiento De Lavaud descrito anteriormente respeta esta exigencia.

30 **[0057]** Además, la fundición de grafito esferoidal obtenida tiene una elongación a la ruptura A superior o igual al 7 % y especialmente superior o igual al 8 %, superior o igual al 9 % o superior o igual al 10 %.

[0058] Además, la fundición de grafito esferoidal del objeto según la invención tiene una resiliencia E superior o igual a 9,49 Julios a temperatura ambiente (20 °C). Esto se obtiene entre otros por el hecho de que la tasa de silicio no supera el 3,7 %. La resiliencia E se mide mediante el procedimiento de impacto «péndulo de Charpy». Así, los objetos fabricados respetan la norma estadounidense AWWAC151. Preferentemente, la resiliencia E medida según el procedimiento «Charpy» es superior o igual a 10 Julios o superior o igual a 11 Julios.

35

[0059] Así se muestra en la figura 6 que indica que para contenidos de silicio entre el 3,3% y el 3,7 %, la resiliencia E está situada por encima o es igual a 9,49 Julios para tubos según la invención fabricados según el procedimiento de centrifugación De Lavaud seguido del tratamiento térmico descrito anteriormente.

40

[0060] Además, la fundición de grafito esferoidal del objeto según la invención tiene una dureza Brinell HB inferior o igual a 230 HB.

45

[0061] En referencia de nuevo a la figura 1, el elemento de tuberías 15 o el cuerpo de base 16 tiene un diámetro nominal DN y un grosor de pared e. El diámetro nominal DN es, por ejemplo, inferior o igual a 600 mm o inferior o igual a 1000 mm o inferior o igual a 1600 mm.

50 **[0062]** Los ensayos de presión realizados en tubos DN400 muestran que, para un grosor idéntico, los tubos según la invención tienen una resistencia a la presión de ruptura superior del 20 % al 30 % con respecto a tubos de fundición de grafito esferoidal que presentan un contenido de silicio inferior al 2,9 %.

[0063] Asimismo, para una presión de ruptura idéntica y en el caso de un tubo DN400, el tubo obtenido con la instalación de la figura 1 y que se ha sometido al tratamiento térmico tal como se describe anteriormente en referencia a la Fig. 2 tiene un grosor de 5,3 mm aproximadamente, mientras que un tubo obtenido con el procedimiento De Lavaud clásico y cuya fundición presenta un contenido de Silicio inferior al 2,9 % tiene un grosor superior a 6,5 mm.

55

[0064] En la figura 3 se representa un ejemplo de una instalación 2 de fabricación. El procedimiento según la instalación 2 de la figura 3 no forma parte de la invención.

60

[0065] La instalación 2 y el procedimiento de fabricación del elemento de tuberías difieren de la instalación y del procedimiento descritos anteriormente solo en lo siguiente. Los elementos análogos llevan las mismas referencias.

65 **[0066]** La instalación 2 comprende un dispositivo (no representado) de aplicación de un material refractario.

Este dispositivo está adaptado para depositar una capa de un material refractario temporal 50 sobre la superficie interior 24 del molde 10. El procedimiento según la instalación 2 de la Figura 3 no forma parte de la invención.

5 **[0067]** El material refractario temporal 50 es conocido de por sí y es, por ejemplo, una mezcla de agua, bentonita y producto refractario a base de sílice. La capa de material refractario temporal 50 reduce la velocidad de enfriamiento de la fundición colada en el molde 10. Alternativamente, el material refractario temporal 50 se sustituye por un material de aislante térmico temporal.

10 **[0068]** El procedimiento de fabricación que usa la instalación 2 es un procedimiento de fabricación del tipo «Wetspray». El procedimiento «Wetspray» no forma parte de la invención. Este procedimiento es el siguiente.

[0069] Antes de verter la fundición líquida en el molde 10, el material refractario temporal 50 se dispone en la superficie interior 24 y forma una capa de material refractario temporal.

15 **[0070]** La etapa siguiente consiste en verter la fundición líquida sobre la capa de material refractario temporal.

[0071] Gracias a la capa de material refractario 50, la pieza en bruto del cuerpo de base 16 o la pieza en bruto del objeto de fundición no contienen cementita, o contienen muy poca. La fundición de grafito esferoidal presenta una matriz esencialmente ferrítica con un contenido de perlita bajo, especialmente inferior o igual al 10 %, dado un contenido de Si superior al 3,2 %.

25 **[0072]** En la figura 4 se representa el diagrama temperatura/tiempo durante el tratamiento térmico de la pieza en bruto del cuerpo de base 16 o más en general de una pieza en bruto del objeto de fundición fabricada según el procedimiento «Wetspray» por la instalación 2 mostrado en la figura 3.

30 **[0073]** Después de la extracción del molde 10, la pieza en bruto del cuerpo de base 16 o del objeto de fundición se somete a un tratamiento térmico. Para este fin, la pieza en bruto del cuerpo de base o del objeto es introducida en un horno a una temperatura de entrada superior a 800 °C y, en una primera etapa de tratamiento térmico EW1 se enfría a una velocidad de enfriamiento inferior a 40 °C/minuto hasta una temperatura de fin de ferritización inferior a 740 °C y preferentemente comprendida entre 700 °C y 740 °C. Esta primera etapa EW1 es una etapa de ferritización durante la cual la austenita es transformada en ferrita y en grafito.

35 **[0074]** A continuación, durante una segunda etapa de tratamiento térmico EW2, la pieza en bruto del cuerpo de base o del objeto de fundición se enfría de la temperatura de fin de ferritización hasta una temperatura inferior a 100 °C, y preferentemente comprendida entre 20 °C y 100 °C excluido. Este enfriamiento tiene lugar al aire, es decir, a una velocidad comprendida entre 30 °C/min y 70 °C/min y preferentemente comprendida entre 40 °C/min y 60 °C/min y especialmente a aproximadamente 50 °C/min. La temperatura del aire durante este enfriamiento está comprendida entre 10 °C y 40 °C.

40 **[0075]** A continuación, en una tercera etapa de tratamiento térmico EW3, la pieza en bruto del cuerpo de base o del objeto de fundición se somete a un tratamiento térmico de relajación destinado a relajar las restricciones internas presentes inicialmente en la fundición. Esto consiste en primer lugar en calentar la pieza en bruto del cuerpo de base 16 o del objeto de fundición desde la temperatura citada anteriormente situada entre 20 °C y 100 °C a una temperatura de relajación comprendida entre 600 °C y 700 °C, y después en mantener la pieza en bruto del cuerpo de base o del objeto de fundición a esta temperatura de relajación durante un tiempo comprendido entre 10 minutos y 30 minutos.

[0076] A continuación, en una cuarta etapa EW4, la pieza en bruto del cuerpo de base 16 o del objeto de fundición se enfría hasta temperatura ambiente (20 °C).

50 **[0077]** El diámetro nominal DN es, por ejemplo, superior a 600 mm.

55 **[0078]** Los ensayos realizados muestran que, para una presión de ruptura idéntica y en el caso, por ejemplo, de un tubo DN800, el tubo obtenido con la instalación de la figura 3 y que se ha sometido al tratamiento térmico descrito anteriormente en referencia a la Fig. 4 tiene un grosor de 7,7 mm aproximadamente, mientras que un tubo obtenido con el procedimiento Wetspray clásico y cuya fundición presenta un contenido de Silicio inferior al 2,9 % a un grosor superior o igual a 9,4 mm.

60 **[0079]** En la figura 5 se ve que los objetos de fundición de grafito esferoidal fabricados según el procedimiento Wetspray y que comprende entre el 3,3% y el 3,5 % de silicio tienen una resistencia a la tracción superior a 530 MPa.

65 **[0080]** La figura 6 muestra la resiliencia E según la prueba de impacto del «péndulo de Charpy» y demuestra que los objetos cuya fundición de grafito esferoidal contiene entre el 3,3% y el 3,5 % de silicio y fabricados según el procedimiento Wetspray seguido de un tratamiento térmico («WS tratado») tal como se describe anteriormente, tienen una resiliencia muy por encima de 10 Julios, al contrario que la fundición de grafito esferoidal obtenida por el procedimiento Wetspray sin tratamiento térmico ulterior («WS en bruto» en la figura 6) para la que se obtiene una

resiliencia superior a 9,49 Julios solo para contenidos de silicio inferiores al 3%.

[0081] Asimismo, la figura 7 muestra que los objetos obtenidos por el procedimiento Wetspray seguido del tratamiento térmico («WS tratado») y que tienen un contenido de silicio comprendido entre el 3,4 y el 3,5 % tienen una elongación A superior a 15 % y especialmente comprendida entre el 18 % y el 22 % aproximadamente.

[0082] El elemento de tuberías fabricado por los procedimientos anteriores puede ser un elemento tubular distinto de un tubo de empalme, por ejemplo, un racor tubular cilíndrico.

10 **[0083]** La composición de la fundición de grafito esferoidal descrita anteriormente puede usarse también para la fabricación de un elemento de calzadas de fundición tal como un registro de calzada o un dispositivo de evacuación de aguas pluviales, o también para la fabricación de racores de fundición. En este caso, el procedimiento de fabricación de dichos objetos consiste en verter la fundición líquida en un molde e inocularla simultáneamente. A continuación, después de extraer el molde y de enfriar hasta una temperatura inferior a 100 °C, la pieza en bruto del objeto de fundición se somete a un tratamiento térmico de relajación. Este consiste en primer lugar en calentar la pieza en bruto del objeto a una temperatura de relajación superior a 400 °C y preferentemente comprendida entre 600 °C y 700 °C. A continuación, la pieza en bruto del objeto de fundición se mantiene a esta temperatura de relajación durante un tiempo comprendido entre 10 minutos y 30 minutos aproximadamente. Para terminar, la pieza en bruto del objeto se enfría hasta la temperatura ambiente. La fundición obtenida como resultado de este tratamiento térmico permite reducir el peso del elemento de calzadas o del racor de fundición con respecto a los elementos conocidos a la vez que se conserva una resistencia mecánica dada, o bien, para un peso idéntico, permite aumentar los rendimientos mecánicos del elemento de calzadas o del racor de fundición.

25 **[0084]** De una manera general, la resiliencia de la fundición a temperatura ambiente (20 °C) es superior o igual a 10 J o superior o igual a 11 J. La resiliencia se mide especialmente mediante el ensayo de impacto de «péndulo de Charpy».

30 **[0085]** El objeto de fundición de grafito esferoidal según la invención permite así la obtención de elementos de tuberías o de elementos de calzadas que tienen grosores de pared bajos para una resistencia mecánica dada o rendimientos mecánicos mejorados para grosores de pared semejantes. La fabricación y el uso, especialmente el transporte y la manipulación, son por tanto económicos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un objeto que comprende las etapas sucesivas siguientes:
- 5 a) se vierte fundición líquida en un molde (10) que tiene una superficie de forma (24),
 b) se deja solidificar la fundición líquida obteniendo una pieza en bruto del objeto,
 c) se somete a un tratamiento térmico la pieza en bruto del objeto, especialmente un tratamiento de relajación obteniendo el objeto de fundición (16), en el que
- 10 el objeto (16) está hecho de fundición de grafito esferoidal, comprendiendo la fundición de grafito esferoidal, en % en peso, los elementos siguientes:
- Carbono (C) inferior o igual al 3,65 %,
 - Silicio (Si) entre el 3,3% y el 3,7 %,
- 15 Opcionalmente:
- Fósforo (P) $\leq 0,1$ %, y/o
 - Manganeso (Mn) $\leq 0,6$ %, y/o
 - 20 - Cromo (Cr) $\leq 0,2$ %, y/o
 - Titanio (Ti) $\leq 0,15$ %, y/o
 - Azufre (S) $\leq 0,05$ %, y/o
 - Magnesio (Mg) entre el 0,005 % incluido y el 0,07 % incluido, y/o
 - Cobre (Cu) $\leq 0,3$ %, y/o
 - 25 - Níquel (Ni) $\leq 0,4$ %, y/o
 - Molibdeno (Mo) $\leq 0,02$ %, y/o
 - Aluminio (Al) $\leq 0,02$ %, y/o
 - Vanadio (V) $\leq 0,04$ %, y/o
- 30 siendo el resto Hierro (Fe), y elementos residuales inevitables con contenidos inferiores al 0,01 %, en el que
- la fundición de grafito esferoidal tiene un equivalente de carbono $C_{EQ} = C (\%) + 1/3 Si (\%) + 1/3 P (\%)$ inferior o igual al 4,75 % y en el que
- 35 la fundición de grafito esferoidal tiene una resiliencia (E) superior o igual a 9,49 J a 20 °C, medida según AWWA C151, procedimiento en el que la superficie de forma (24) carece de aislante térmico temporal o de material refractario temporal (50) cuando se vierte la fundición líquida en el molde (10), y en el que el tratamiento térmico comprende
- una primera etapa (ED1) de calentamiento de la pieza en bruto del objeto durante un tiempo comprendido
 - 40 entre 2 y 10 minutos hasta alcanzar una temperatura de grafitización superior a 800 °C, pero inferior a 1000 °C, de manera que esta primera etapa relaja las restricciones internas presentes inicialmente en la fundición,
 - una segunda etapa (ED2) de grafitización durante la cual la pieza en bruto del objeto de fundición se mantiene a la temperatura de grafitización durante un tiempo comprendido entre 5 y 30 minutos,
 - una tercera etapa (ED3) de enfriamiento hasta una temperatura comprendida entre 880 °C y 750 °C, de un
 - 45 tiempo inferior a 7 minutos, y
 - una cuarta etapa (ED4) de ferritización durante la cual la pieza en bruto del objeto de fundición se enfría lentamente, a una velocidad inferior a 40 °C/minuto, en el interior de un intervalo de temperaturas comprendidas entre 700 °C y 780 °C.
- 50 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la fundición de grafito esferoidal tiene una resiliencia (E), especialmente medida según el ensayo de impacto «Charpy», superior o igual a 10 Julios o superior o igual a 11 Julios a 20 °C.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que el contenido de Silicio (Si) de la fundición de
- 55 grafito esferoidal está comprendido entre el 3,4 % y el 3,6 %.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el contenido de Silicio (Si) de la fundición de grafito esferoidal está comprendido entre el 3,5 % y el 3,6 %.
- 60 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el equivalente de carbono $C_{EQ} = C (\%) + 1/3 Si (\%) + 1/3 P (\%)$ de la fundición de grafito esferoidal está comprendido entre el 4,3% incluido y el 4,6 % incluido o entre el 4,4 % incluido y el 4,6 % incluido, y está comprendido preferentemente entre el 4,45 % incluido y el 4,55 % incluido y es especialmente igual al 4,5 %.
- 65 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fundición de grafito

ES 2 914 548 T3

esferoidal tiene una resistencia a la tracción Rm superior a 470 MPa, preferentemente superior a 500 MPa y especialmente superior a 530 MPa.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fundición de grafito
5 esferoidal tiene una elongación a la ruptura A superior o igual al 7 % y especialmente superior o igual al 10 %.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la fundición de grafito
esferoidal tiene una dureza Brinell HB inferior o igual a 250 HB, y especialmente inferior o igual a 230 HB.
- 10 9. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que, antes de la etapa
de vertido de la fundición líquida en un molde, se implementa: una etapa de establecimiento del contenido de Silicio
de la fundición, en particular mediante la adición en horno de fusión o en cuchara de materiales que contiene silicio,
de manera que el contenido de silicio añadido durante esta etapa corresponde al contenido de Silicio final de la
fundición de grafito esferoidal del objeto menos el contenido de Silicio aportado opcionalmente por tratamientos de
15 esferoidización y de inoculación.
10. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el tratamiento
térmico comprende una o varias de las características siguientes:
- 20 - la primera etapa (ED1) de calentamiento es una etapa de calentamiento hasta alcanzar una temperatura de
grafitización superior a 900 °C;
- el tiempo durante el cual la pieza en bruto del objeto de fundición se mantiene a la temperatura de grafitización
durante la segunda etapa (ED2) de grafitización está comprendido entre 5 y 18 minutos, y preferentemente es de
15 minutos;
- 25 - la tercera etapa (ED3) de enfriamiento es una etapa de enfriamiento hasta 800 °C.

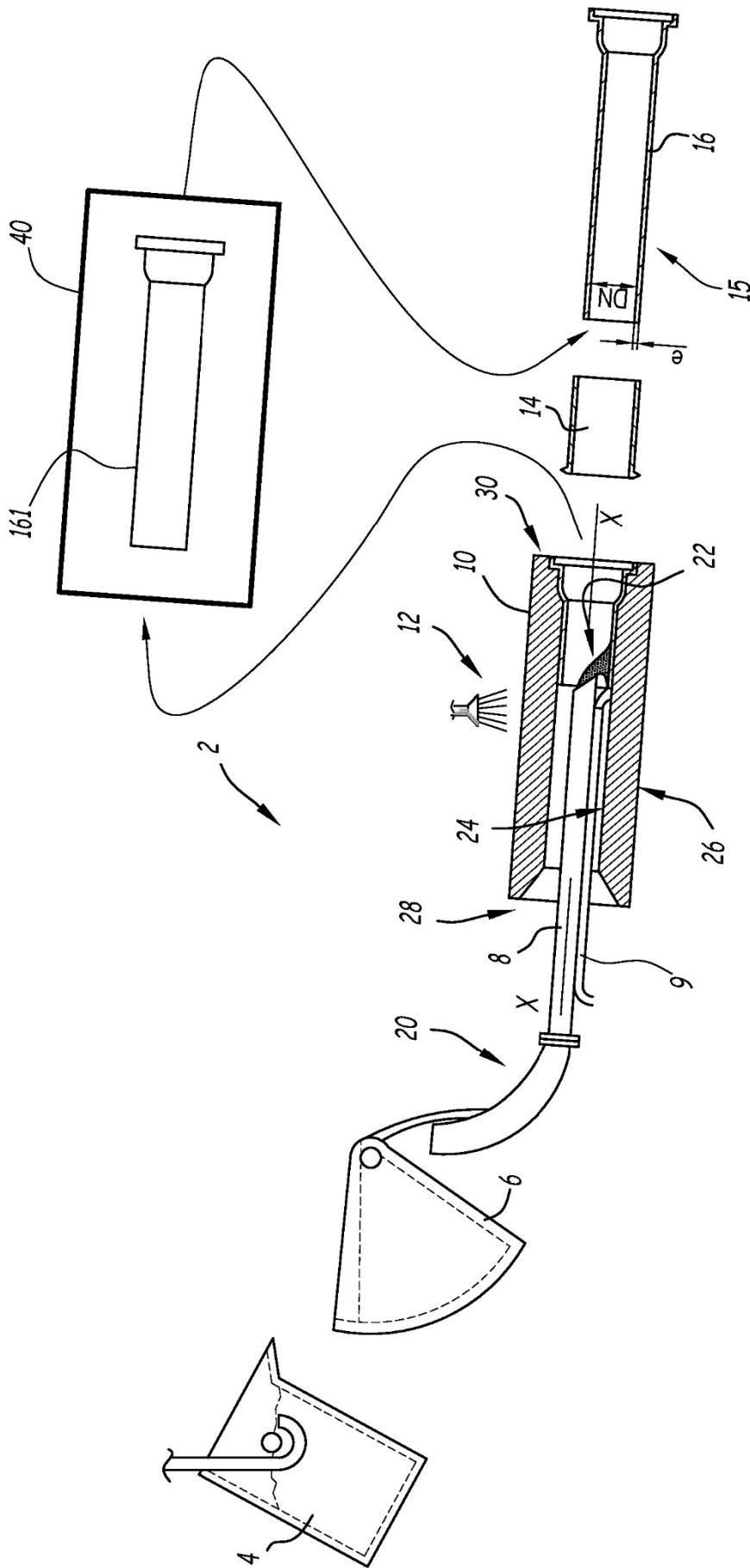


Fig.1

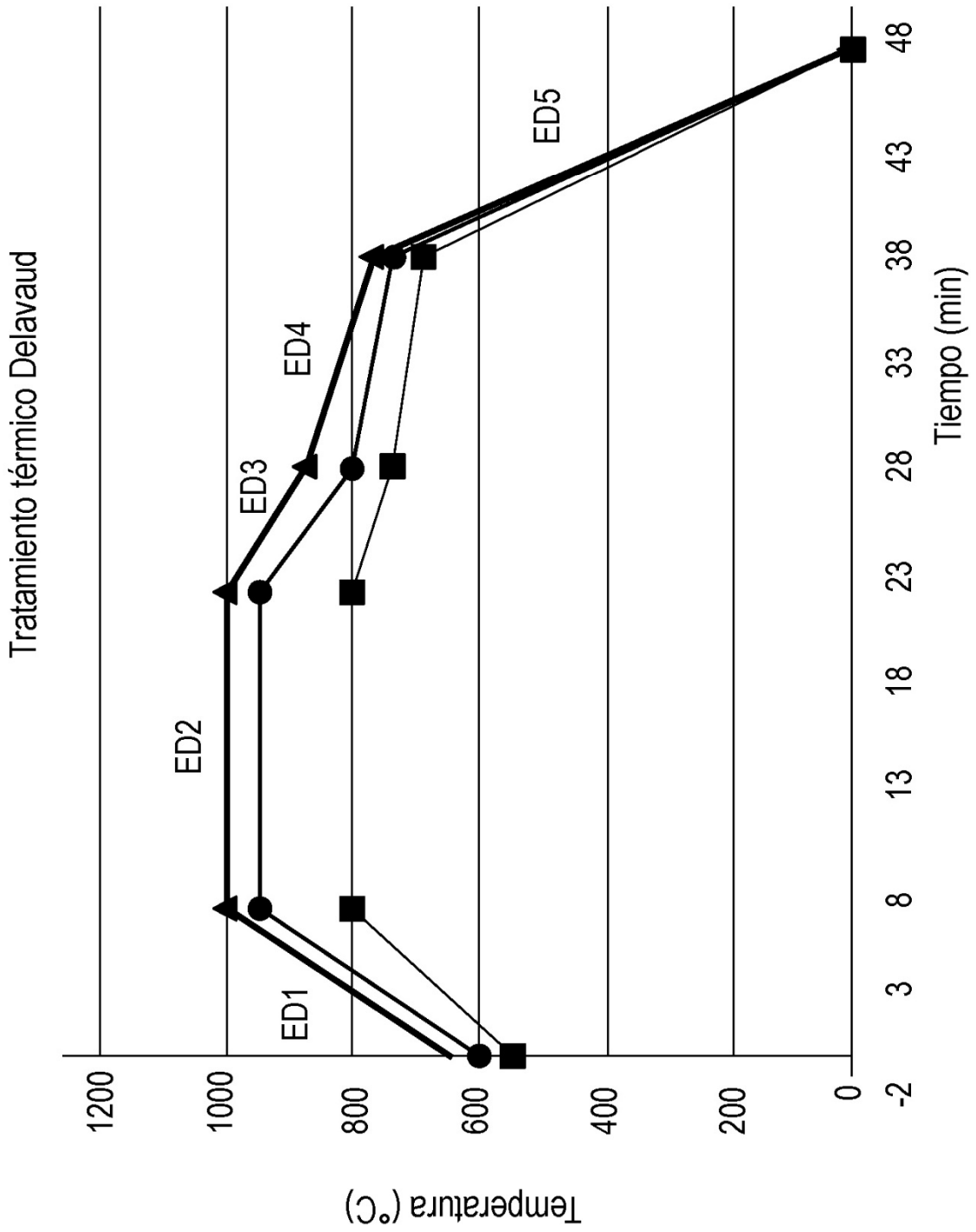


Fig.2

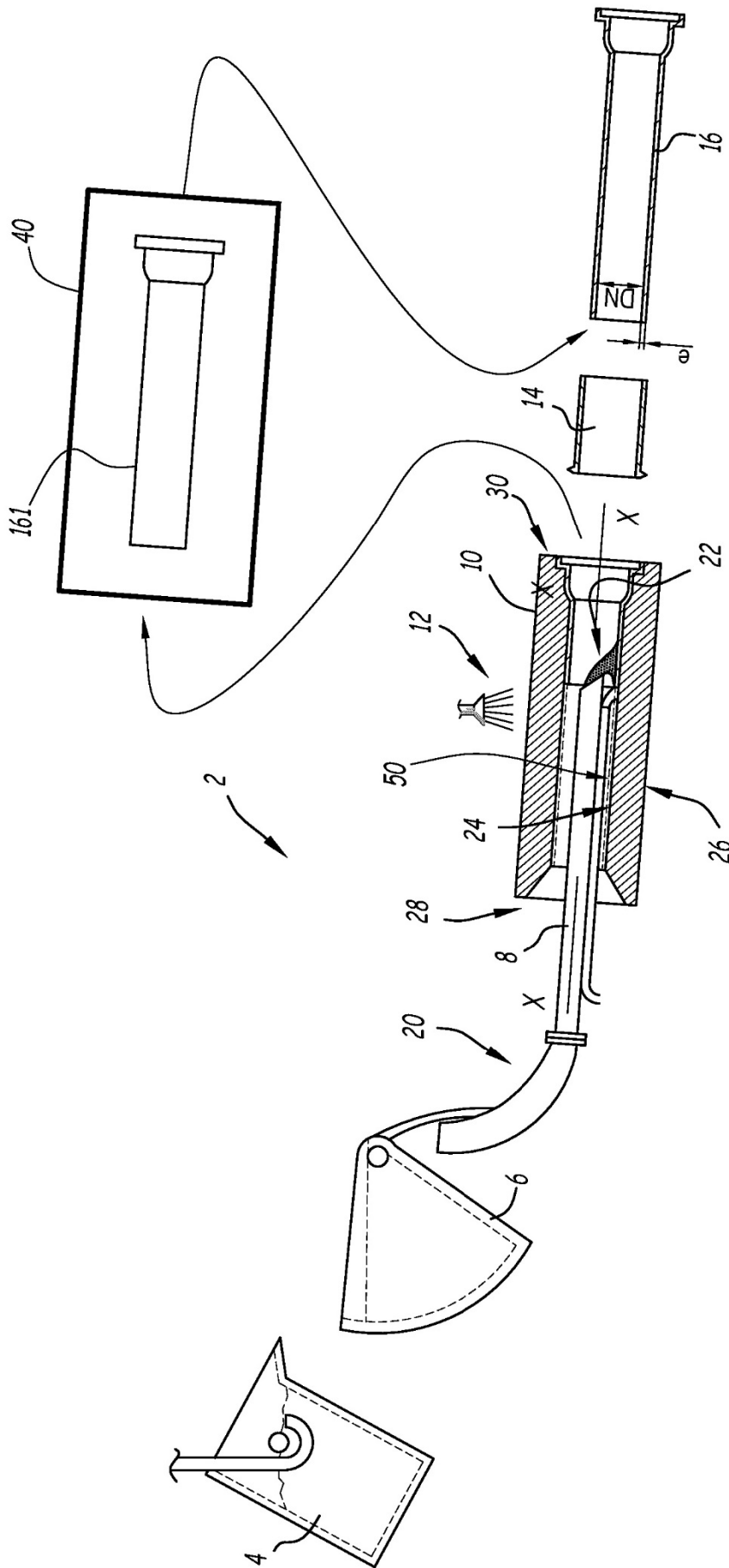


Fig.3

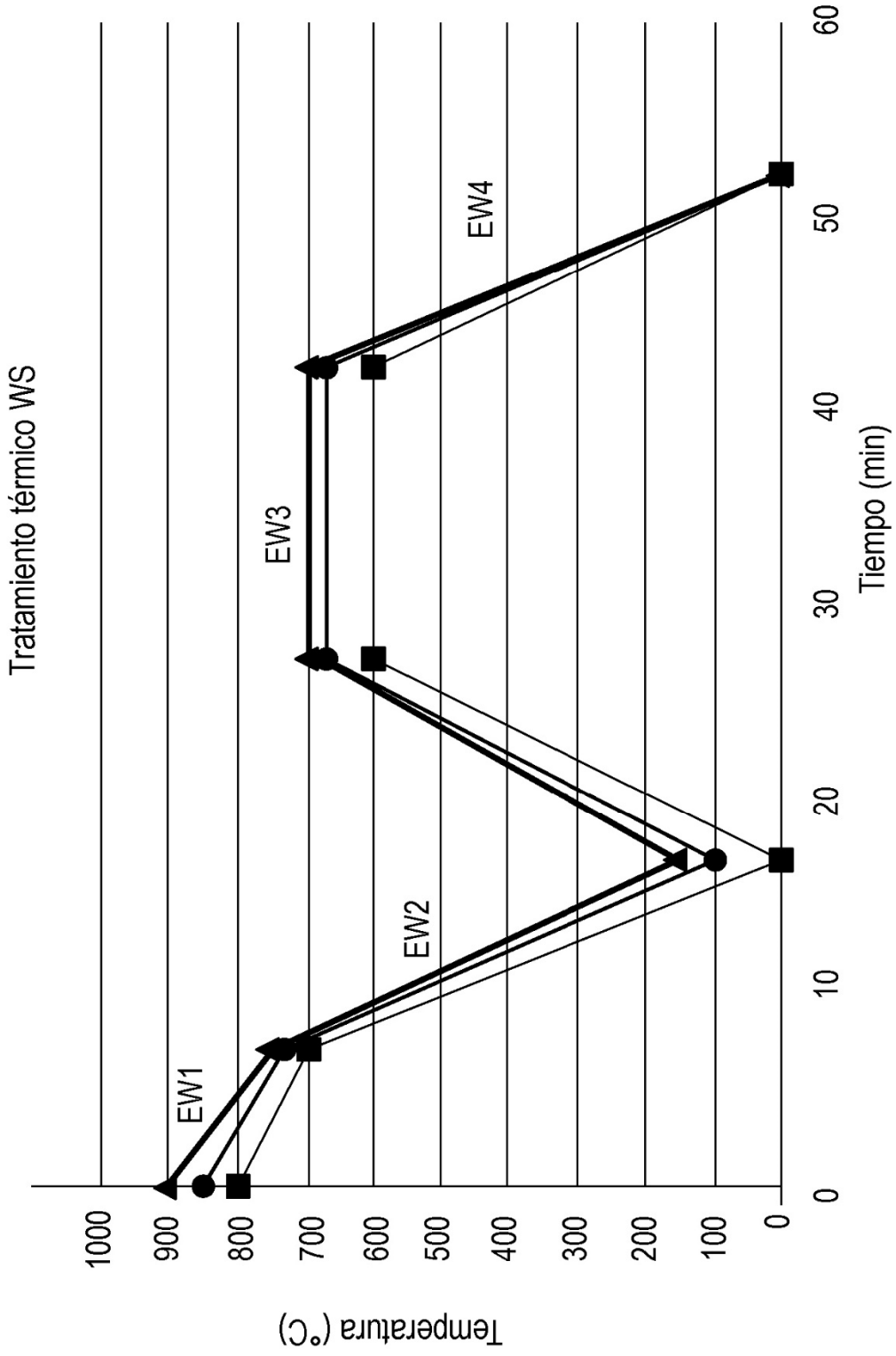


Fig.4

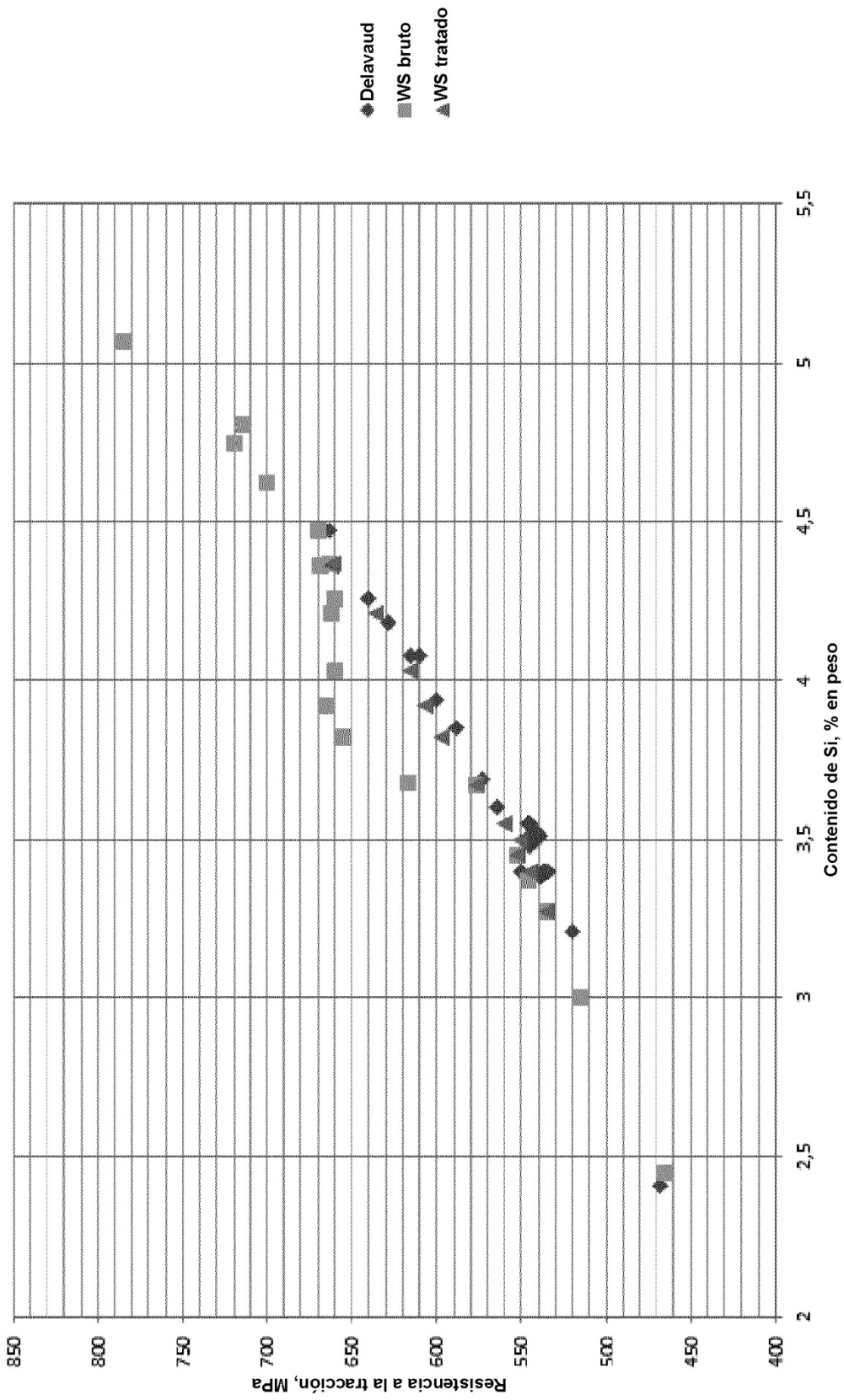


Fig.5

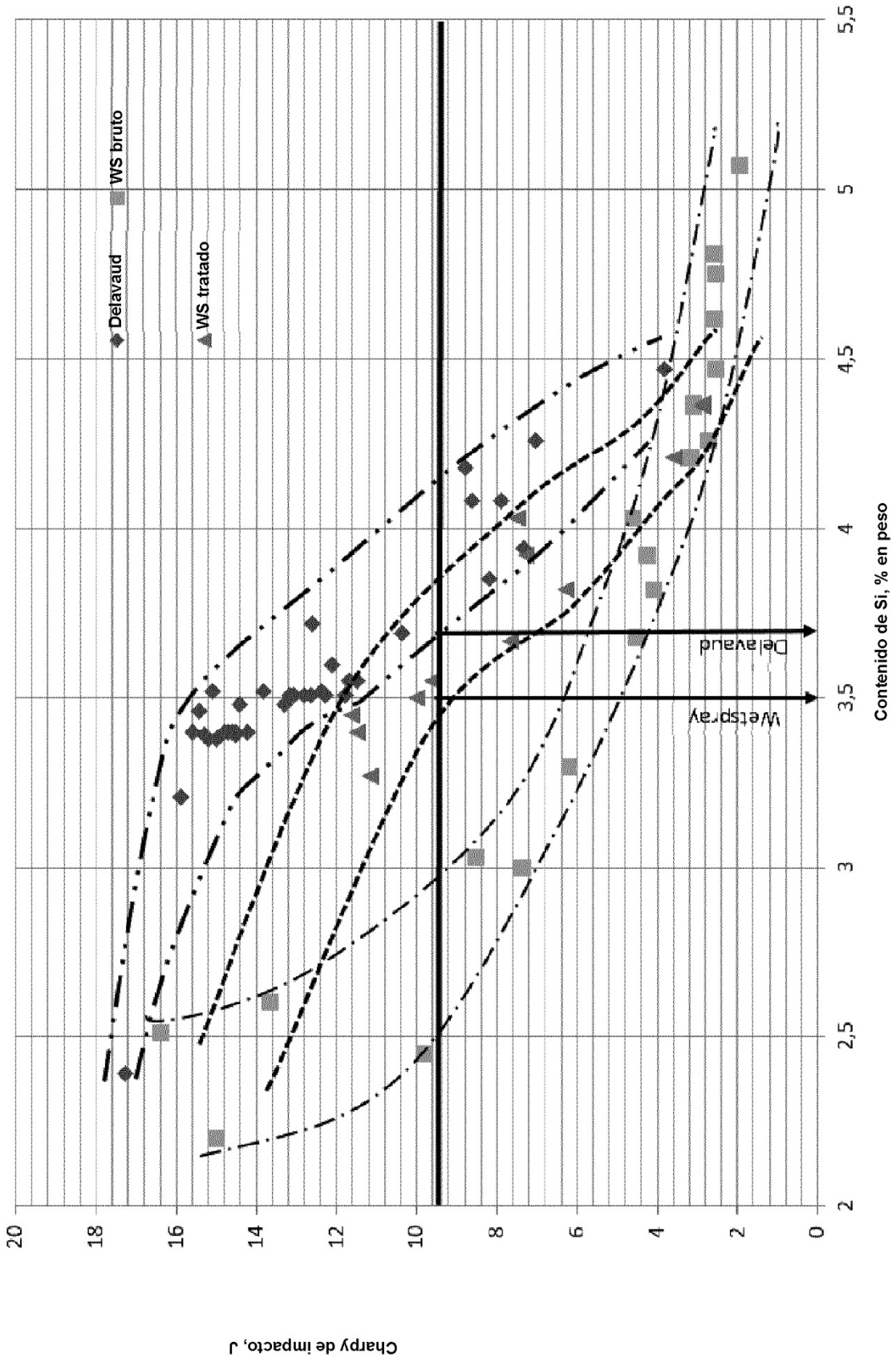


Fig.6

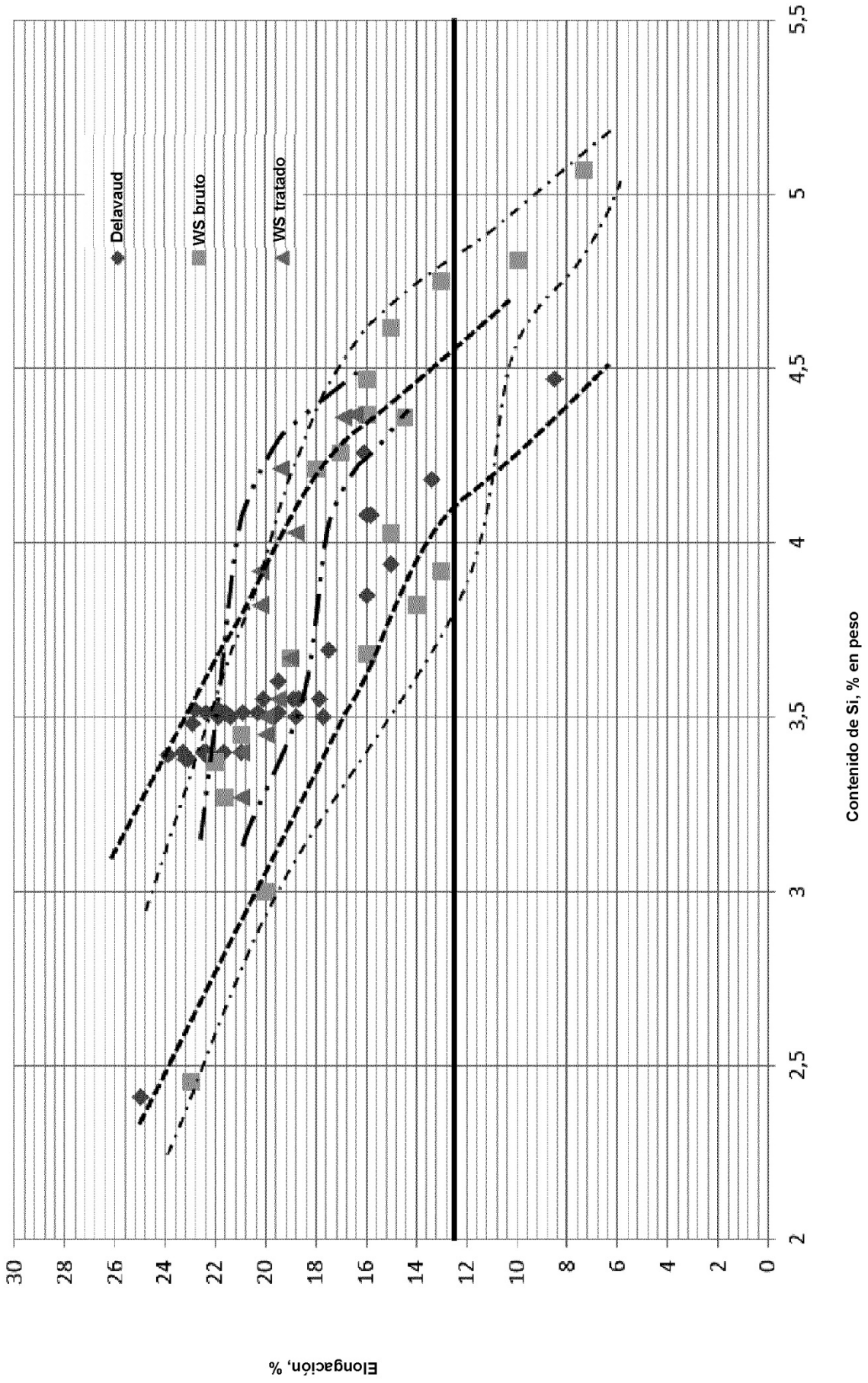


Fig.7