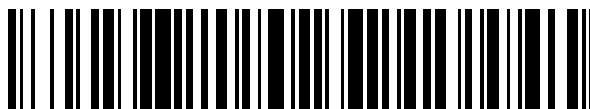


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 573**

51 Int. Cl.:

C21D 1/74 (2006.01)
C21D 1/76 (2006.01)
C21D 11/00 (2006.01)
B21B 45/02 (2006.01)
F27D 19/00 (2006.01)
C21D 1/767 (2006.01)
F27D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2009** **E 09839933 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.05.2016** **EP 2396125**

54 Título: **Un método y un aparato para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de un gas durante el enfriamiento por derivación en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío**

30 Prioridad:

16.02.2009 IN KA02922009

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.10.2016

73 Titular/es:

**TATA STEEL LIMITED (100.0%)
Research and Development and Scientific
Services Division
Jamshedpur 831001, IN**

72 Inventor/es:

**BHADURT, JAYABRATA;
ROY, DEB;
CHAKRABORTY, SUBHRAKANTI;
CHAKRABORTY, SHANTANU;
DAS, SUMITESH y
BHATTACHARJEE, DEBASHISH**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 585 573 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

Un método y un aparato para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de un gas durante el enfriamiento por derivación en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío

Campo de la invención

- 5 Esta invención se refiere a un método para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de hidrógeno durante el enfriamiento por derivación en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío. La invención se refiere además a un aparato para implementar el método.

Antecedentes de la invención

- 10 En un taller de laminación en frío, se laminan a temperatura ambiente bandas de acero laminado en caliente, con el fin de lograr una calidad superficial y propiedades mecánicas mejoradas de los productos laminados en frío finales. Sin embargo, la gran deformación del acero a temperatura ambiente durante la operación de laminación en frío reduce significativamente la ductilidad de las chapas laminadas en frío. Para hacer a las chapas laminadas en frío aptas para operaciones posteriores, por ejemplo la embutición profunda de piezas de carrocería para automóvil, es preciso recocer las bobinas de acero laminado en frío.

- 15 Durante la operación de recocido se alivia la tensión de microestructuras deformadas de las chapas laminadas en frío y, consecuentemente, se producen recuperación, recristalización y crecimiento del grano.

- Por tanto, para conseguir las propiedades metalúrgicas deseadas en términos de resistencia y niveles de ductilidad es preciso recocer las bobinas de acero laminado en frío. Para lograrlo, se apilan unas sobre otras estas bobinas de acero laminado en frío y se colocan en una cámara de calentamiento. La cámara de calentamiento calienta las bobinas a temperaturas de 400~500°C. Al proceso de calentamiento le sigue un ciclo de enfriamiento. El ciclo de enfriamiento utiliza hidrógeno para extraer indirectamente el calor mediante el enfriamiento de una campana del horno. La eficacia del ciclo de enfriamiento depende de la velocidad con la que se pueda extraer calor del hidrógeno dentro de los límites del sistema.

- 25 Un horno de recocido discontinuo comprende típicamente una unidad de base provista de un ventilador de recirculación y medios de enfriamiento. Sobre la unidad de base se colocan unas sobre otras varias bobinas de acero laminadas en frío, separadas por una pluralidad de placas convectoras circulares. Estas bobinas de forma cilíndrica, con un diámetro externo (OD, por sus siglas en inglés) en el intervalo de 1,5-2,5 m, diámetro interno (ID) de 0,5-0,7 m y anchura de 1,0-1,4 m, pesan cada una alrededor de 15-30 t. Estos son datos típicos, que varían ampliamente de una planta a otra, dependiendo del diseño material general. Después de cargar la base con las bobinas, se coloca una cubierta cilíndrica protectora, estanca a los gases, y se hace circular hidrógeno gaseoso dentro de este recinto. Se coloca sobre este recinto una campana cilíndrica para la campana de horno calentada mediante gas o aceite combustible. Se calienta externamente la cubierta protectora a través de modos de transferencia de calor por radiación y por convección, lo que calienta el hidrógeno gaseoso circulante. Las superficies externas e internas de las bobinas se calientan por convección a través del hidrógeno gaseoso circulante y por radiación entre la cubierta y la bobina. Las partes interiores de las bobinas se calientan por conducción.

Durante el ciclo de enfriamiento, se sustituye la campana del horno por una campana de enfriamiento y se enfría el gas circulante.

En general, existen tres estrategias conocidas que se siguen en los hornos de recocido discontinuo, a saber:

- 40 (a) Enfriamiento por CHORRO DE AIRE, en el cual se hace impactar a presión elevada aire comprimido sobre la campana de enfriamiento.
- (b) Enfriamiento por ROCIADO, en el cual se rocía directamente agua sobre la campana de enfriamiento.
- (c) Enfriamiento por DERIVACIÓN, en el cual se sangra un gas que fluye en la cubierta interna y se enfría mediante un intercambiador de calor. La eficacia del intercambiador de calor determina la velocidad de enfriamiento del gas.
- 45 Son mecanismos comúnmente utilizados para aumentar la velocidad de transferencia de calor:
- (a) Aumentar el número de tubos y ondulaciones por tubo dentro del intercambiador de calor.
- (b) Utilizar agua a una temperatura inferior obtenida de una conducción de agua enfriada.

Ambos métodos (a) y (b) son costosos y, por lo tanto, no son aceptados en las circunstancias actuales.

- 50 El documento FR 2796711 describe un procedimiento para reducir el tiempo de enfriamiento de productos, especialmente bobinas de metal, en una campana de horno de recocido. El procedimiento utiliza una serie de etapas sucesivas para enfriar las bobinas calientes.

El documento KR 20070067805 describe un enfriador intermedio para aumentar el coeficiente de transmisión térmica por convección a través de la pared de una tubería revistiendo con nanopartículas de dióxido de titanio la superficie de un tubo instalado en el enfriador intermedio.

Objetos de la invención

- 5 Por tanto, es un objeto de la presente invención proponer un procedimiento para conseguir altas velocidades de enfriamiento de un gas calentado en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío.

Es otro objeto de la presente invención proponer un procedimiento para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de un gas calentado en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío, que se implementa durante el modo de enfriamiento por derivación.

- 10 Es un objeto adicional de la invención proponer un aparato para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de un gas atmosférico en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío.

Compendio de la invención

- Por consiguiente, en un primer aspecto de la invención se proporciona un aparato para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de un gas durante el enfriamiento por derivación en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío, que comprende una unidad de preparación de nanorrefrigerante para preparar un nanofluido y para suministrar el nanofluido a un intercambiador de calor con un caudal, temperatura y presión descritos, preparándose el nanofluido por mezclar agua de calidad industrial con nanopartículas que incluyen dispersantes, mediante la adaptación de una mezcla por cizalladura a alta velocidad. Un horno de recocido discontinuo aloja las bobinas de acero laminado en frío sobre una base y calienta las bobinas colocando una campana de horno encima, teniendo el horno una campana de enfriamiento, una entrada para gas y una salida para gas.

- Se deja que el hidrógeno gaseoso del intercambiador de calor entre al horno a través de la entrada para gas y que el hidrógeno enfriado salga del intercambiador de calor a través de la salida para gas. Un intercambiador de calor recibe el nanofluido desde un depósito con un caudal deseado, siendo suministrado el nanofluido al depósito desde la unidad de preparación, el nanofluido intercambia calor con el hidrógeno a una velocidad superior, y sale a través de una salida dispuesta en el intercambiador de calor.

- Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para conseguir una mayor velocidad de enfriamiento de hidrógeno durante el enfriamiento por derivación en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío, en donde el método comprende los pasos de llenar la unidad de preparación con agua de calidad industrial mantenida en condiciones ambientales. En un primer dispositivo de medición y control se miden las nanopartículas, que incluyen los dispersantes, en un tamaño de lote determinado en función del tipo de bobinas de acero a enfriar. El primer dispositivo controla los caudales, la presión y la temperatura del nanofluido producible que se va a suministrar al intercambiador de calor. En la unidad de preparación se mezclan las nanopartículas, que incluyen dispersantes, con el agua de calidad industrial en una relación volumétrica preferible de 0,1%. Mediante el uso de una bomba se suministran al depósito, desde la unidad de preparación, los nanofluidos preparados. Se aporta el hidrógeno gaseoso al intercambiador de calor a una temperatura de 400 a 600°C, y desde el depósito se aporta al intercambiador de calor el nanofluido a un caudal, temperatura y presión predeterminados. Se suministra hidrógeno gaseoso desde el intercambiador de calor al horno para enfriar las bobinas de acero calentadas, y se devuelve el hidrógeno al intercambiador de calor desde el horno. Se aportan los nanofluidos al intercambiador de calor que intercambia el calor con el hidrógeno; y el nanofluido sale del intercambiador de calor a través de una primera salida. El hidrógeno enfriado sale del intercambiador de calor a través de una segunda salida, habiéndose enfriado el hidrógeno a una velocidad de 1 a 2°C/min.

Breve descripción de los dibujos adjuntos

Figura 1: es una vista esquemática que muestra el principio de funcionamiento de la invención.

- 45 Figura 2: muestra un diseño detallado de un proceso de recocido discontinuo de la Figura 1.

Figura 3: muestra una vista detallada del intercambiador de calor de la Figura 1.

Figura 4: muestra una vista detallada de una unidad de preparación de nanorrefrigerante de la Figura 1.

Descripción detallada de la invención

La presente descripción abarca los siguientes aspectos principales de la invención:

- 50 (a) proceso de preparación de nanorrefrigerante
(b) proceso en horno de recocido discontinuo

(C) circuito propuesto para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de hidrógeno.

Proceso de preparación de nanorrefrigerante

5 Los nanorrefrigerantes son soluciones de base acuosa que tienen volúmenes controlados de dispersiones estables de partículas de óxido de tamaño nanométrico. Son partículas de tamaño nanométrico comúnmente utilizadas óxidos de aluminio, de cobre y de titanio que presentan mayores capacidades de transferencia de calor en comparación con los óxidos a granel de aluminio, de cobre y de titanio.

Las partículas de tamaño nanométrico de las especies de óxidos de aluminio, de cobre y de titanio se preparan utilizando una mezcladora de alta velocidad como se describe en la solicitud de patente n.º EP-A-2396125, del mismo solicitante que la presente, de fecha 16.02.2009.

10 Proceso de recocido discontinuo

Es preciso recocer las bobinas de acero laminado en frío para conseguir las propiedades metalúrgicas deseadas en términos de resistencia y niveles de ductilidad. Para lograrlo, se apilan unas sobre otras estas bobinas de acero laminado en frío y se colocan en una cámara de calentamiento. El proceso de calentamiento calienta las bobinas a una temperatura de 400~500°C. Al proceso de calentamiento le sigue un ciclo de enfriamiento. El ciclo de enfriamiento utiliza hidrógeno para extraer indirectamente el calor mediante el enfriamiento de una campana (3) de enfriamiento. La Figura 2 muestra la disposición esquemática.

Durante el proceso de enfriamiento, entra hidrógeno en la campana (3) a través de una entrada (4) para gas ambiente, absorbe el calor por convección desde la superficie de las bobinas (2) y sale de la campana (3) a través de una salida (5) para gas caliente.

20 Para asegurar la eficacia del proceso de enfriamiento, es esencial enfriar el hidrógeno de manera que entre en la campana (3) a una temperatura cercana a la ambiente. Para ello se emplea un intercambiador (B) de calor para gas-líquido comercialmente disponible. La Figura 1 muestra una vista general esquemática que expone el principio de la presente invención. En un horno (c) de recocido discontinuo, se apilan bobinas (2) de acero laminado en frío y se calientan hasta una temperatura de 400 a 500°C.

25 Al proceso de calentamiento le sigue un ciclo de enfriamiento en un intercambiador (B) de calor que utiliza hidrógeno gaseoso. El horno (A) de recocido discontinuo, como se muestra en la Figura 2, comprende una base (1) para cargar las bobinas (2) de acero laminado en frío, una campana (4) de enfriamiento para permitir, a través de una entrada (4) para gas ambiente, la entrada del hidrógeno gaseoso, que absorbe el calor por convección desde la superficie de las bobinas (2) y sale del horno (A) a través de una salida (5) para gas caliente.

30 La Figura 3 muestra un detalle del intercambiador (B) de calor de la Figura 1. El intercambiador (B) de calor tiene una entrada (6) para que el nanofluido entre en el intercambiador (B) de calor desde una unidad (C) de preparación de nanofluido. Después del intercambio de calor, se permite que el nanofluido salga a través de una salida (7) para nanorrefrigerante.

35 La Figura 4 muestra con detalle la unidad (C) de preparación de nanofluido de la Figura 1. La unidad (C) comprende un dispositivo mezclador (8) en el cual se mezcla, en condiciones ambientes, agua de calidad industrial y nanopartículas, que incluyen dispersantes, en una relación volumétrica de 0,1%. Se utiliza una bomba para suministrar el nanofluido desde el dispositivo mezclador (8) a un depósito (10). Desde el depósito (10) se bombea el nanofluido al intercambiador (B) de calor por medio de una unidad bombearora (9) a través de una salida (7). La unidad (C) de preparación de nanorrefrigerante comprende además un primer dispositivo (M1) de medición y control para medir las nanopartículas antes de mezclarlas con el agua de calidad industrial, y para controlar los caudales, la temperatura y la presión del nanorrefrigerante a suministrar al intercambiador (B) de calor; un segundo dispositivo (M2) de medición y control para medir el nanorrefrigerante que sale del intercambiador (B) de calor, incluyendo sus caudales, temperatura y presión y un tercer dispositivo (M3) de medición y control para medir las ppm y el nivel de pH del nanorrefrigerante en la unidad (C) de preparación.

45 El proceso de funcionamiento es el siguiente:

- (a) Se llena con agua de calidad industrial la mezcladora (8) de nanorrefrigerante hasta una capacidad de 1.000 litros.
- (b) Se mantiene entre 20~30°C, es decir, en condiciones ambientes, la temperatura del agua de calidad industrial. No se realiza pretratamiento del agua de calidad industrial.
- 50 (c) Se miden nanopartículas por medio de una unidad (M1) de medición en tamaños de lote de 250 gramos, junto con dispersantes en tamaños de lote de 250 gramos.
- (d) La cantidad se decide basándose en una norma de trabajo predeterminada, por ejemplo, de 1 gramo en 1 litro de agua de calidad industrial. Esto representa una relación volumétrica de 0,1%.

- (e) Los tamaños de lote de las nanopartículas pueden variar en función del tipo de bobina y del peso de las bobinas (2) de acero que se están enfriando.
- (f) La mezcla se realiza utilizando la mezcladora (8) por cizalladura a alta velocidad para nanorrefrigerante.
- 5 (g) La mezcla se completa en 1 a 2 minutos después de haber añadido al sistema las nanopartículas y dispersantes.
- (h) Se utiliza una bomba (no mostrada) para llenar el depósito (10) de nanorrefrigerante. Este depósito (10) de nanorrefrigerante contiene ahora el nanofluido.
- (i) Entra hidrógeno gaseoso al intercambiador (B) de calor a través de la entrada (4) a una temperatura de 525~425°C con un caudal de 20~40 m³/h.
- 10 (j) Se hace salir nanofluido desde el depósito (10) por bombeo mediante una unidad (9) de bombeo de nanorrefrigerante, y se envía al intercambiador (B) de calor a través de la entrada (6) con un caudal de 20~40 m³/h.
- (k) El nanofluido intercambia calor con el hidrógeno en el intercambiador (B) de calor.
- (l) El hidrógeno enfriado sale del intercambiador (B) de calor a través de la salida (5).
- 15 (m) El nanofluido sale del intercambiador (B) de calor a través de una salida (7).
- (n) El hidrógeno se enfría a una velocidad de 1,2~1,5°C/min., según la presente invención.
- Esto significa que, utilizando el método y aparato de la invención, se pueden conseguir mayores velocidades de enfriamiento de hidrógeno del orden de 1,2~1,5°C/min.
- 20 La eficacia del procedimiento de acuerdo con la presente invención que utiliza el nanorrefrigerante representa una mejora de 5 a 30% en comparación con el uso de agua a temperatura ambiente en el mismo circuito.
- En el método según la presente invención, se prefiere que el nanorrefrigerante sea un nanorrefrigerante estable, determinándose la estabilidad por un período de no sedimentación superior a 240 horas.
- Según el procedimiento, los caudales preferidos del nanorrefrigerante abarcan de 5 m³/h a 100 m³/h.
- 25 En el procedimiento de la presente invención, se prefiere que el nanorrefrigerante se sitúe dentro de un intervalo de pH de 3 a 12. El intervalo de temperatura preferido es de 10 a 60°C.
- Según el método de la presente invención, el hidrógeno gaseoso puede entrar en el intercambiador (B) de calor a una temperatura de 600° a 400°C, preferiblemente de 525° a 425°C. El hidrógeno gaseoso se enfría a una velocidad de 1,0-2,0°C/min., preferiblemente a una velocidad de 1,2-1,5°C/min., utilizando el nanofluido.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para conseguir mayores velocidades de enfriamiento de un gas durante el enfriamiento por derivación en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío, que comprende:
 - 5 - una unidad (C) de preparación de nanorrefrigerante para preparar un nanofluido y para suministrar el nanofluido a un depósito (10), en donde la unidad (C) de preparación de nanorrefrigerante comprende un dispositivo mezclador (8) para mezclar agua de calidad industrial con nanopartículas que incluyen dispersantes,
 - 10 - un horno (A) de recocido discontinuo que aloja las bobinas (2) de acero laminado en frío sobre una base (1), teniendo el horno (A) una campana (3) de enfriamiento, una entrada (4) para gas y una salida (5) para gas, en donde, durante el uso, entra en el horno (B) hidrógeno gaseoso desde el intercambiador (B) de calor a través de la entrada (4) para gas y sale del intercambiador (B) de calor, a través de la salida (5) para gas, hidrógeno enfriado, y
 - un intercambiador (B) de calor que tiene una entrada (6) y una salida (7) en donde, durante el uso, el intercambiador (B) de calor recibe el nanofluido desde el depósito (10) con un caudal, temperatura y presión deseados, y el nanofluido sale del intercambiador (B) de calor a través de la salida (7).
- 15 2. El aparato según la reivindicación 1, que comprende una bomba para suministrar el nanofluido desde la unidad (C) de preparación al depósito (10).
3. El aparato según la reivindicación 1 o 2, que comprende una unidad bombadora (9) para suministrar el nanofluido desde el depósito (10) al intercambiador (B) de calor.
4. Un aparato según la reivindicación 1, en donde la unidad (C) de preparación de nanorrefrigerante comprende una mezcladora (8) por cizalladura a alta velocidad para mezclar el agua de calidad industrial y las nanopartículas.
- 20 5. Un aparato según las reivindicaciones 1 a 4, en donde el intercambiador (B) de calor es un intercambiador de calor para gas-fluido del tipo de tubo y carcasa o de placas.
6. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad (C) de preparación comprende uno o más dispositivos de medición y control.
- 25 7. El aparato según la reivindicación 6, en donde la unidad (C) de preparación comprende un primer dispositivo (M1) de medición y control para medir nanopartículas antes de mezclar con el agua de calidad industrial y para controlar los caudales, la presión y la temperatura del nanofluido suministrado al intercambiador (B) de calor; un segundo dispositivo (M2) de medición y control para medir el nanofluido que sale del intercambiador (B) de calor, incluyendo caudales, temperatura y presión; y un tercer dispositivo (M3) de medición y control para medir las ppm y el nivel de pH del nanofluido en la unidad (C) de preparación.
- 30 8. Un método para conseguir una mayor velocidad de enfriamiento de hidrógeno durante el enfriamiento por derivación en un horno de recocido discontinuo de talleres de laminación en frío, comprendiendo el método los pasos de:
 - llenar la unidad de preparación (C) de preparación con agua de calidad industrial mantenida en condiciones ambientales;
 - 35 - medir en un primer dispositivo (M1) de medición y control las nanopartículas, que incluyen dispersantes, en un tamaño de lote determinado en función del tipo de bobinas (2) de acero a enfriar, en donde el primer dispositivo (M1) controla los caudales, la presión y la temperatura del nanofluido producible que se va a suministrar al intercambiador (B) de calor;
 - 40 - mezclar en la unidad (C) de preparación las nanopartículas, que incluyen los dispersantes, con el agua de calidad industrial en una relación volumétrica preferible de 0,1%;
 - suministrar los nanofluidos preparados desde la unidad (C) de preparación al depósito (10) mediante el uso de una bomba;
 - aportar hidrógeno gaseoso al intercambiador (B) de calor a una temperatura calentada;
 - 45 - aportar el nanofluido con un caudal, temperatura y presión predeterminados desde el depósito (10) al intercambiador (B) de calor;
 - suministrar el hidrógeno gaseoso desde el intercambiador (B) de calor al horno (A) para enfriar las bobinas (2) de acero calentadas, siendo devuelto el hidrógeno al intercambiador (B) de calor desde el horno (A);
 - intercambiar calor, con el hidrógeno, el nanofluido aportado al intercambiador (B) de calor; y
 - 50 - salir, el nanofluido, del intercambiador (B) de calor a través de una primera salida (7), saliendo del intercambiador (B) de calor, el hidrógeno enfriado, a través de una segunda salida (5).

9. Un método según la reivindicación 8, en donde el fluido está basado en agua o en aceite.
10. Un método según las reivindicaciones 8 o 9, en donde el fluido está basado en agua o aceite con un nanorrefrigerante estable con capacidades de extracción de calor superiores.
- 5 11. Un método según la reivindicación 8, en donde el gas calentado es hidrógeno en condiciones normales o a presión.
12. Un método según la reivindicación 8, en donde el nanorrefrigerante contiene nanopartículas en proporciones volumétricas de 0,01% a 5%.
13. Un método según las reivindicaciones 8 u 11, en donde el nanorrefrigerante contiene dióxido de titanio (TiO₂) que tiene nanopartículas de tamaños que varían de 5 a 200 nanómetros.
- 10 14. Un método según las reivindicaciones 8 a 13, en donde el nanorrefrigerante contiene un agente estabilizante, por ejemplo hexametafosfato de sodio en la misma proporción volumétrica.

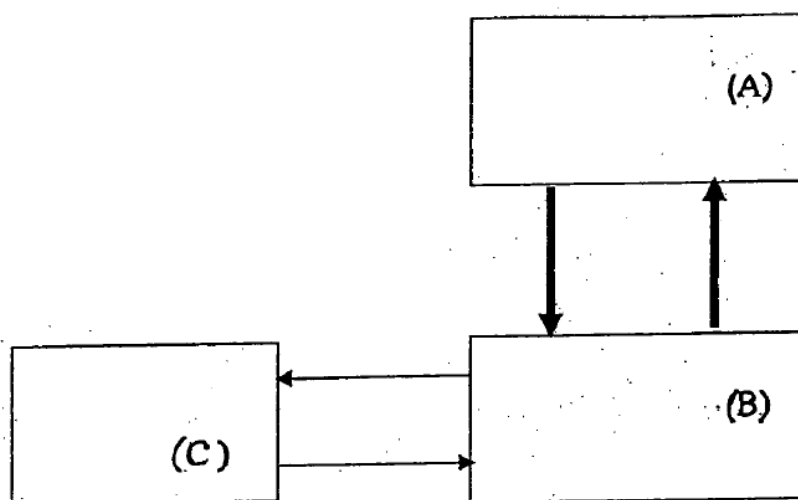


Figura 1

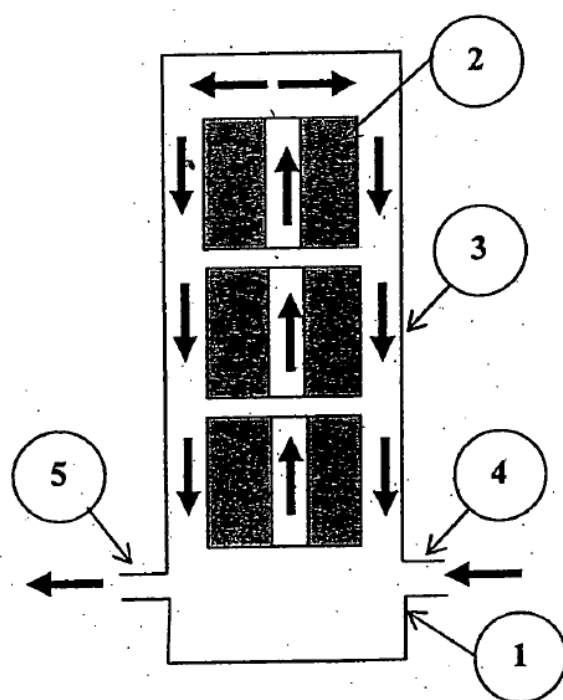


Figura 2

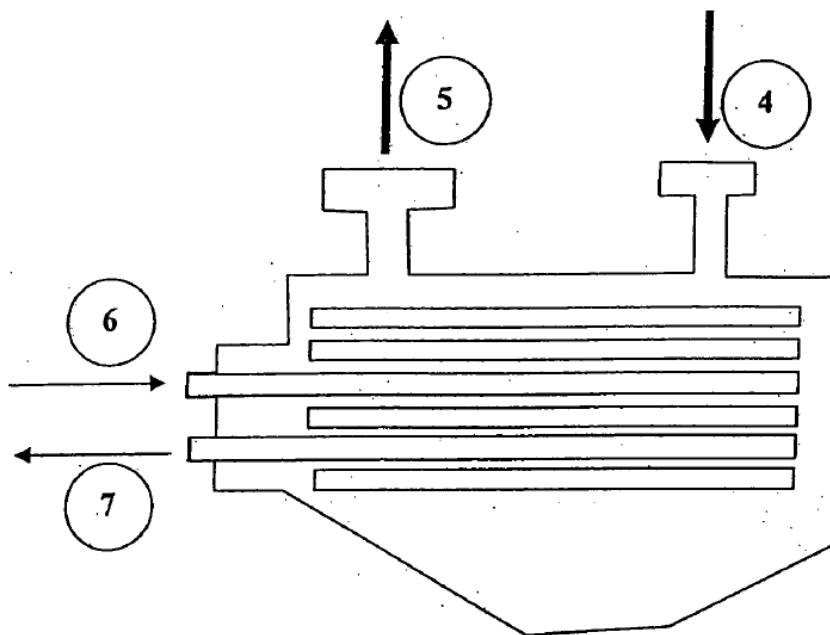


Figura 3

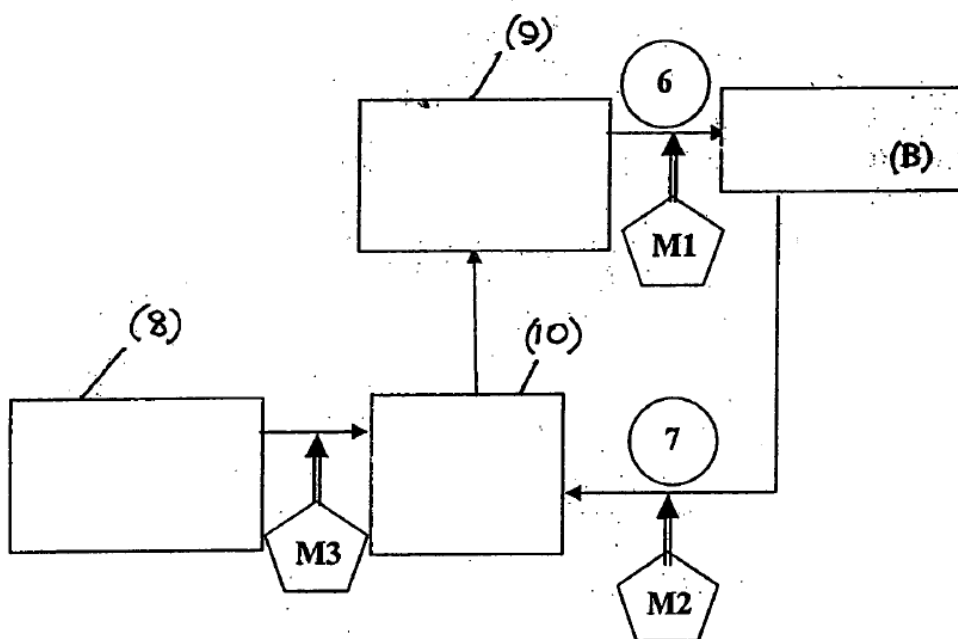


Figura 4